Stichting Studiebegeleiding Leiden
MEER DAN 25 JAAR ERVARING

Scheikunde
VWO

Opgaven
Bijlagen
1999-2023

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Inhoudsopgave

2023 I - Scheikunde
Opgaven 7
Uitwerkbijlage 18
2023 II - Scheikunde
Opgaven 20
Uitwerkbijlage 34
2022 I - Scheikunde
Opgaven 37
Uitwerkbijlage 50
2022 II - Scheikunde
Opgaven 53
Uitwerkbijlage 62
2022 III - Scheikunde
Opgaven 65
Uitwerkbijlage 78
2021 I - Scheikunde
Opgaven 79
Uitwerkbijlage 92
2021 II - Scheikunde
Opgaven 95
Uitwerkbijlage 108
2021 III - Scheikunde
Opgaven 112
Uitwerkbijlage 122
2019 I - Scheikunde
Opgaven 124
Uitwerkbijlage 136
2019 II - Scheikunde
Opgaven 139
Uitwerkbijlage 151
2018 I - Scheikunde
Opgaven 154
Uitwerkbijlage 165
2018 II - Scheikunde
Opgaven 168
Uitwerkbijlage 179
2017 I - Scheikunde
Opgaven 185
Uitwerkbijlage 198
2017 II - Scheikunde
Opgaven 200
Uitwerkbijlage 213
2016 I - Scheikunde
Opgaven 215
Uitwerkbijlage 226
2016 I - Scheikunde (bezem)
Opgaven 229
Uitwerkbijlage 244
2016 II - Scheikunde

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Opgaven 246
Uitwerkbijlage 259
2015 I - Scheikunde
Opgaven 261
Uitwerkbijlage 272
2015 I - Scheikunde (pilot)
Opgaven 273
Uitwerkbijlage 285
2015 II - Scheikunde
Opgaven 286
Bijlage 296
2015 II - Scheikunde (pilot)
Opgaven 299
Bijlage 310
Uitwerkbijlage 313
2014 I - Scheikunde
Opgaven 314
Uitwerkbijlage 326
Erratum opgaven 327
2014 I - Scheikunde (pilot)
Opgaven 328
Uitwerkbijlage 340
Erratum opgaven 341
2014 II - Scheikunde
Opgaven 342
2014 II - Scheikunde (pilot)
Opgaven 352
2013 I - Scheikunde
Opgaven 362
Uitwerkbijlage 374
2013 I - Scheikunde (Pilot)
Opgaven 375
Uitwerkbijlage 386
2013 II - Scheikunde
Opgaven 387
Uitwerkbijlage 399
2013 II - Scheikunde (Pilot)
Opgaven 400
Uitwerkbijlage 410
2012 I - Scheikunde
Opgaven 411
2012 I - Scheikunde (pilot)
Opgaven 422
2012 II - Scheikunde
Opgaven 433
Uitwerkbijlage 443
2012 II - Scheikunde (pilot)
Opgaven 444
Uitwerkbijlage 454
2011 I - Scheikunde
Opgaven 456
Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Uitwerkbijlage 468
2011 I - Scheikunde (Pilot)
Opgaven 470
Uitwerkbijlage 482
2011 II - Scheikunde
Opgaven 483
Uitwerkbijlage 493
2011 II - Scheikunde (Pilot)
Opgaven 495
Uitwerkbijlage 505
2010 I - Scheikunde
Opgaven 506
Uitwerkbijlage 517
2010 I - Scheikunde (Pilot)
Opgaven 518
Uitwerkbijlage 530
2010 I - Scheikunde 1 (bezem)
Opgaven 531
2010 II - Scheikunde
Opgaven 542
2010 II - Scheikunde (Pilot)
Opgaven 554
Uitwerkbijlage 565
2009 I - Scheikunde 1
Opgaven 566
Bijlage informatieboekje 576
Bijlage uitwerkbijlage 579
2009 I - Scheikunde 1,2
Opgaven 580
Bijlage informatieboekje 589
Bijlage uitwerkbijlage 592
2009 II - Scheikunde 1
Opgaven 593
Opgaven aanvulling 603
2009 II - Scheikunde 1,2
Opgaven 604
Uitwerkbijlage 616
2008 I - Scheikunde 1
Opgaven 617
Bijlage 627
Uitwerkbijlage 631
2008 I - Scheikunde 1,2
Opgaven 632
Bijlage 642
Uitwerkbijlage 646
2008 II - Scheikunde 1
Opgaven 648
Uitwerkbijlage 659
2008 II - Scheikunde 1,2
Opgaven 660
Uitwerkbijlage 672
Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

2007 I - Scheikunde 1
Opgaven 673
Bijlage 681
2007 I - Scheikunde 1,2
Opgaven 684
Uitwerkbijlage 696
2007 II - Scheikunde 1
Opgaven 697
Bijlage 708
Uitwerkbijlage 711
2007 II - Scheikunde 1,2
Opgaven 712
Bijlage 721
2006 I - Scheikunde 1
Opgaven 724
Informatieboekje 730
Uitwerkbijlage 734
2006 I - Scheikunde 1,2
Opgaven 735
Informatieboekje 742
2006 II - Scheikunde 1 (Oude 2e fase)
Opgaven 746
Informatieboekje 754
Uitwerkbijlage 757
2006 II - Scheikunde 1,2 (Oude 2e fase)
Opgaven 758
Informatieboekje 766
Uitwerkbijlage 769
2005 I - Scheikunde 1
Opgaven 771
Informatieboekje 779
Uitwerkbijlage 781
2005 I - Scheikunde 1,2
Opgaven 783
Informatieboekje 791
Uitwerkbijlage 793
2005 II - Scheikunde 1
Opgaven 795
2005 II - Scheikunde 1,2
Opgaven 804
2004 I - Scheikunde 1
Opgaven 813
2004 I - Scheikunde 1,2
Opgaven 821
2004 II - Scheikunde 1
Opgaven 829
Informatieboekje 837
2004 II - Scheikunde 1,2
Opgaven 840
Informatieboekje 848
Uitwerkbijlage 852
Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

2003 I - Scheikunde 1
Opgaven 853
Uitwerkbijlage 860
2003 I - Scheikunde 1,2
Opgaven 861
Uitwerkbijlage 871
2003 II - Scheikunde 1
Opgaven 872
Informatieboekje 879
Uitwerkbijlage 882
2003 II - Scheikunde 1,2
Opgaven 883
2002 I - Scheikunde (bezem)
Opgaven 891
Uitwerkbijlage 899
2002 I - Scheikunde 1
Opgaven 900
2002 I - Scheikunde 1,2
Opgaven 908
Bijlage 916
Uitwerkbijlage 918
2002 II - Scheikunde (bezem)
Opgaven 920
Uitwerkbijlage 928
2002 II - Scheikunde 1
Opgaven 929
2002 II - Scheikunde 1,2
Opgaven 936
Informatieboekje 945
Uitwerkbijlage 947
2001 I - Scheikunde (bezem)
Opgaven 948
Uitwerkbijlage 956
2001 I - Scheikunde 1
Opgaven 957
Informatieboekje 965
2001 I - Scheikunde 1,2
Opgaven 967
Uitwerkbijlage 977
2001 II - Scheikunde (bezem)
Opgaven 978
Uitwerkbijlage 986
2001 II - Scheikunde 1
Opgaven 987
2001 II - Scheikunde 1,2
Opgaven 995
Uitwerkbijlage 1004
2000 I - Scheikunde
Opgaven 1005
2000 II - Scheikunde
Opgaven 1015
Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Uitwerkbijlage 1022
1999 I - Scheikunde
Opgaven 1023
1999 II - Scheikunde
Opgaven 1031

Examen VWO

2023

tijdvak 1
dinsdag 23 mei
13.30 - 16.30 uur

scheikunde

Bij dit examen hoort een uitwerkbijlage.

Achter het correctievoorschrift is een aanvulling op het correctievoorschrift opgenomen.

Dit examen bestaat uit 25 vragen.
Voor dit examen zijn maximaal 66 punten te behalen.
Voor elk vraagnummer staat hoeveel punten met een goed antwoord behaald kunnen worden.

Als bij een vraag een verklaring, uitleg, berekening of afleiding gevraagd wordt, worden aan het antwoord meestal geen punten toegekend als deze verklaring, uitleg, berekening of afleiding ontbreekt.

Geef niet meer antwoorden (redenen, voorbeelden e.d.) dan er worden gevraagd.
Als er bijvoorbeeld twee redenen worden gevraagd en je geeft meer dan twee redenen, dan worden alleen de eerste twee in de beoordeling meegeteld.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Tenzij anders vermeld, is er sprake van standaardomstandigheden:
$T = 298$ K en $p = p_0$.

Biodiesel uit algen

In het project Algaeparc van Wageningen University & Research wordt onderzoek gedaan naar de productie van biodiesel uit algenolie.
Algenolie is een mengsel van triglyceriden, dat in een aantal stappen in de algen wordt gevormd:
– Door fotosynthese ontstaat eerst glucose, waarbij tevens zuurstof ontstaat.
– Glucose wordt vervolgens met een **deel** van deze zuurstof volledig omgezet tot pyrodruivenzuur ($C_3H_4O_3$) en water.
– Pyrodruivenzuur wordt ten slotte omgezet tot algenolie.

Uit het onderzoek bleek onder andere dat de algengroei wordt geremd door de ontstane zuurstof. Bij een bepaalde algensoort neemt de vorming van algenolie sterk af als het gehalte zuurstof, dat na de omzettingen is overgebleven in de bioreactor, hoger is dan $44{,}2\ \mathrm{g\ m^{-3}}$.
De algen groeien in een buisvormige bioreactor die afgesloten is van de buitenlucht.

2p **1** Geef de reactievergelijking van de omzetting van glucose tot pyrodruivenzuur.

4p **2** Bereken de massa in gram pyrodruivenzuur die maximaal per liter is ontstaan als het gehalte zuurstof in de bioreactor $44{,}2\ \mathrm{g\ m^{-3}}$ bedraagt.
De molaire massa van pyrodruivenzuur bedraagt $88{,}1\ \mathrm{g\ mol^{-1}}$.

De onverzadigde vetzuren die in de triglyceriden van algenolie zijn gebonden, hebben enkele structuurkenmerken gemeenschappelijk:
– De CH=CH-groepen hebben uitsluitend de *cis*-configuratie.
– In de koolwaterstofrest bevindt zich een herhalende atoomgroep die vereenvoudigd kan worden weergegeven als –(CH=CH–CH_2) –.
Een voorbeeld van een veelvoorkomend vetzuur in algenolie is linolzuur.
Linolzuur kan worden aangeduid met de verkorte notatie 18:2 ω-6.
Deze verkorte notatie geeft informatie over:
– het totaal aantal C-atomen: 18;
– het aantal C=C-bindingen: 2;
– het plaatsnummer van de eerste CH=CH-groep vanaf de CH_3-groep.

Het vetzuur DHA in de algenolie heeft als verkorte notatie 22:6 ω-3.

3p **3** Teken de structuurformule van DHA. Houd hierbij rekening met de stereochemie.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Als er voldoende algen zijn gekweekt, wordt de algenolie uit het mengsel geëxtraheerd. Biodiesel wordt verkregen door de reactie van algenolie met methanol. Deze reactie is hieronder vereenvoudigd weergegeven met de juiste coëfficiënten.

1 triglyceride + 3 methanol → glycerol + 3 vetzuur-methylesters
algenolie biodiesel

Bij een proefproductie werd $500\ \mathrm{g}$ algenolie en voldoende methanol ingevoerd.
De gemiddelde molaire massa van algenolie was $884\ \mathrm{g\ mol^{-1}}$.
Op deze wijze werd $0{,}392\ \mathrm{L}$ biodiesel verkregen.
De dichtheid van de geproduceerde biodiesel is $0{,}874 \cdot 10^{3}\ \mathrm{kg\ m^{-3}}$ met een gemiddelde molaire massa van $296\ \mathrm{g\ mol^{-1}}$.

5p **4** Bereken het rendement van de vorming van biodiesel.
Geef de uitkomst in het juiste aantal significante cijfers.

Op de uitwerkbijlage is het blokschema van de omzetting van algenolie tot biodiesel onvolledig weergegeven.
Aan een reactor (R1) met daarin het enzym lipase worden de algenolie en een ondermaat methanol toegevoegd.
In een scheidingsruimte (S1) wordt de ontstane glycerol gescheiden van de overige stoffen.
De omzetting van de algenolie is na één reactor niet volledig. Door om en om meerdere reactoren en scheidingsruimtes te plaatsen, wordt een zo hoog mogelijke omzetting bereikt. De ondermaat methanol is zo gekozen dat de hoeveelheid methanol na elke reactor te verwaarlozen is.

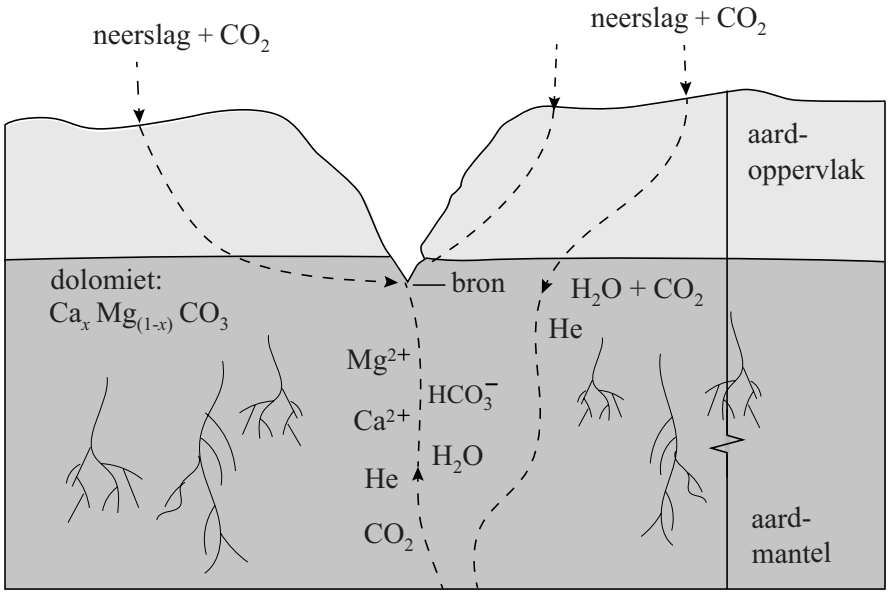
In het uiteindelijke proces werden 10 reactoren en scheidingsruimtes gebruikt.
In het blokschema is met één blok de herhaling van reactoren R2 t/m R9 en scheidingsruimtes S2 t/m S9 aangegeven.
In R10 wordt een overmaat methanol toegevoegd zodat de algenolie volledig wordt omgezet tot biodiesel. In S10 wordt ten slotte biodiesel afgescheiden van het mengsel afkomstig uit R10.

3p **5** Maak op de uitwerkbijlage het blokschema compleet.
- Teken R10 en S10.
- Teken de ontbrekende pijlen.
- Geef bij alle pijlen de ontbrekende stofstromen aan met de volgende nummers:
  1 algenolie
  2 biodiesel
  3 glycerol
  4 methanol

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Gerolsteiner® is een Duits merk koolzuurhoudend mineraalwater uit Gerolstein, een kleine stad in de Eifel. In de ondergrond van Gerolstein bevindt zich het gesteente dolomiet. Dolomiet reageert met opgelost koolstofdioxide dat afkomstig is uit neerslag of uit dieper gelegen aardlagen.
In figuur 1 is schematisch weergegeven hoe koolzuurhoudende neerslag in contact komt met dolomiet, waardoor Gerolsteiner® mineraalwater wordt gevormd.

figuur 1



De waarde van x in de verhoudingsformule van dolomiet ligt tussen nul en een.

3p **6** Geef met behulp van figuur 1 de vergelijking van de reactie van dolomiet met opgelost koolstofdioxide.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

In het mineraalwater is ook een beetje helium opgelost. Het helium blijkt zowel uit ^{3}He als uit ^{4}He te bestaan. De verhouding tussen de heliumisotopen hangt af van de herkomst van het helium.
Dit gegeven hebben onderzoekers gebruikt om te bepalen of het opgeloste CO_2 in Gerolsteiner® mineraalwater uitsluitend afkomstig is uit neerslag of ook uit dieper gelegen aardlagen.
^{4}He ontstaat door het radioactief verval van ^{238}U. Bij dit radioactief verval ontstaat nog één ander deeltje.

2p **7** Geef het symbool en het aantal neutronen van dit deeltje.
Noteer je antwoord als volgt:
symbool: ...
aantal neutronen: ...

Na afscheiding van het helium van de overige gassen kan de verhouding $\frac{^{3}He}{^{4}He}$ worden bepaald met behulp van een analysetechniek.

1p **8** Geef de analysetechniek die geschikt is voor het bepalen van de verhouding $\frac{^{3}He}{^{4}He}$.

In neerslag komt de verhouding $\frac{^{3}He}{^{4}He}$ overeen met het voorkomen in de natuur.

In de dieper gelegen aardlagen is die verhouding hoger.
De onderzoekers hebben vastgesteld dat de concentratie ^{4}He in Gerolsteiner® overeenkomt met $4 \cdot 10^{-6}$ M.
De concentratie ^{3}He in Gerolsteiner® is $3 \cdot 10^{-11}$ M.

2p **9** Leg uit met behulp van een berekening of de gevonden concentraties erop wijzen dat de opgeloste gassen in Gerolsteiner® uitsluitend afkomstig zijn uit neerslag of ook uit dieper gelegen aardlagen.
Gebruik Binas-tabel 25A of ScienceData-tabel 1.11.

De oplosbaarheid van CO_2 in water is $2{,}3\ g\ L^{-1}$ ($T = 283$ K, $p = p_0$).
CO_2 is daarmee ruim 30 keer beter oplosbaar dan O_2 onder dezelfde omstandigheden. Dit wordt onder andere veroorzaakt door elektrostatische interacties. Deze interacties treden op tussen moleculen CO_2 en H_2O maar niet tussen moleculen O_2 en H_2O.

3p **10** Voer de volgende opdrachten uit:
- Teken de lewisstructuren van CO_2 en H_2O. Geef hierbij de juiste bindingshoeken weer.
- Geef partiële ladingen aan.
- Geef in de tekening met een stippellijn een elektrostatische interactie aan tussen beide moleculen.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

De koolzuurhoudende variant van Gerolsteiner® mineraalwater heet Gerolsteiner® Sprudel en is vergelijkbaar met SPA® Intense (ook wel bekend als SPA® Rood).
In de tabel zijn enkele gegevens van Gerolsteiner® Sprudel en SPA® Intense gegeven.

tabel

	gehalte in Gerolsteiner® Sprudel ($mg\ L^{-1}$)	**gehalte in SPA® Intense ($mg\ L^{-1}$)**
HCO_3^-	1816	18
H_2CO_3	8,3	8,2

In koolzuurhoudend water stelt zich onder andere evenwicht 1 in.

$$H_2CO_3\ (aq) + H_2O\ (l) \rightleftharpoons H_3O^+(aq) + HCO_3^-\ (aq) \qquad \text{(evenwicht 1)}$$

De pH van Gerolsteiner® Sprudel is 5,95. De pH van SPA® Intense is 3,95.

3p **11** Verklaar met behulp van de tabel dat de pH van Gerolsteiner® Sprudel hoger is dan de pH van SPA® Intense. Gebruik hierbij de K_z van H_2CO_3.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

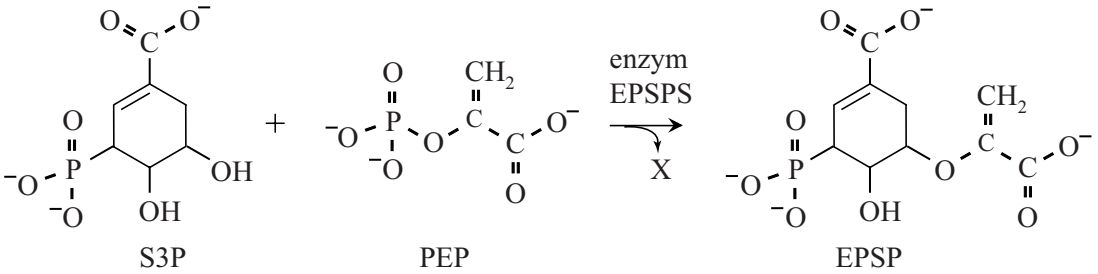
Glyfosaat

Glyfosaat (H_2Glyf) wordt wereldwijd op grote schaal gebruikt als onkruidverdelgingsmiddel. In water komt glyfosaat vooral voor in de vorm van $Glyf^{2-}$ en $HGlyf^{-}$.
De K_z van $HGlyf^{-}$ bedraagt $2{,}5 \cdot 10^{-6}$.

4p **12** Bereken hoeveel procent van glyfosaat aanwezig is als $HGlyf^{-}$ bij $pH = 7{,}00$. Neem aan dat alleen $HGlyf^{-}$ en $Glyf^{2-}$ aanwezig zijn.

Het $Glyf^{2-}$ blokkeert het enzym EPSPS in planten. Dit enzym speelt een belangrijke rol bij de aanmaak van aromatische aminozuren. EPSPS katalyseert de omzetting die is weergegeven in figuur 1.

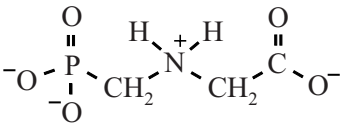
figuur 1



Bij deze omzetting ontstaat ook het deeltje X.

1p **13** Geef de formule van het deeltje X.

In het mechanisme van de omzetting uit figuur 1 neemt een koolstofatoom in het deeltje PEP eerst een H^+-ion op. Het gevormde deeltje PEP-H^+ heeft sterke overeenkomsten met het deeltje $Glyf^{2-}$ wat betreft ladingsverdeling. De structuurformule van $Glyf^{2-}$ is hiernaast weergegeven.
In de structuur van het deeltje PEP-H^+ heeft één C-atoom geen volledig oktet.



$Glyf^{2-}$

2p **14** Teken een mogelijke structuurformule van PEP-H^+.

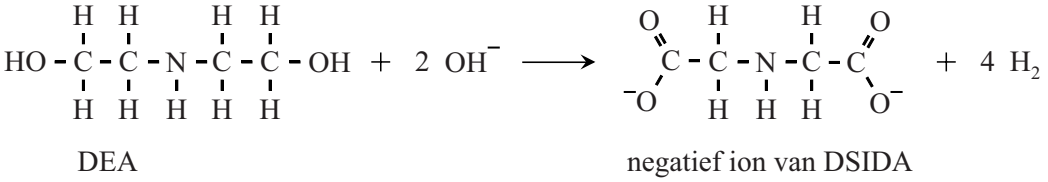
Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

De binding van glyfosaat aan EPSPS is onomkeerbaar, waardoor de aanmaak van aromatische aminozuren geheel tot stilstand komt.
Onderzoekers hebben een bacterie ontdekt die glyfosaat-resistent is.
De resistentie wordt veroorzaakt door een mutatie in de genetische code voor het enzym EPSPS. Het werkzame enzym dat in de bacterie aanwezig is, wordt aangeduid als CP4. In CP4 is op positie 100 een alanine-eenheid aanwezig, waar in EPSPS een glycine-eenheid aanwezig is.

2p **15** Geef op de uitwerkbijlage de symbolen van het basenpaar waarin de genetische code voor CP4 verschilt van EPSPS.
Gebruik Binas-tabel 71G of ScienceData-tabel 16.9.

Om de wereldvoedselopbrengst te verhogen zijn veel gewassen tegenwoordig genetisch gemodificeerd, zodat met glyfosaat uitsluitend het onkruid wordt bestreden. Per jaar wordt ruim 650.000 ton glyfosaat geproduceerd.
Het DEA-proces staat bekend als het meest ‘groene’ van de verschillende productiemethoden.
Dit proces start met de omzetting van DEA met natronloog tot DSIDA.
Deze reactie is weergegeven in figuur 2. DSIDA is een zout dat bestaat uit Na^+-ionen en $C_4H_5NO_4^{2-}$-ionen.

figuur 2



2p **16** Leg uit, aan de hand van formules uit figuur 2, of de omzetting van DEA tot DSIDA een zuur-basereactie is of een redoxreactie.

In een fabriek wordt glyfosaat geproduceerd in batches. Per batch wordt $8{,}3 \cdot 10^3$ kg DSIDA gevormd uit DEA.
De omzetting van DEA tot DSIDA heeft een rendement van 86,4%.

4p **17** Bereken de massa in kilogram natriumhydroxide die moet worden gebruikt per batch.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

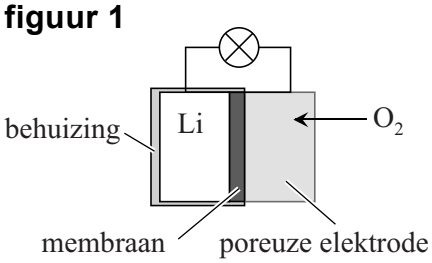
Lithium-luchtbatterij

Om in een batterij zoveel mogelijk lading op te slaan in zo weinig mogelijk massa, worden batterijen ontworpen waarin zuurstof uit de lucht als oxidator optreedt. In zo'n batterij is dan alleen de reductor opgeslagen. De eigenschappen van de reductor bepalen dan in hoge mate de ladingsdichtheid. Ladingsdichtheid is gedefinieerd als de hoeveelheid lading per massa-eenheid. De aluminium-luchtbatterij is bijvoorbeeld al verkrijgbaar en veel onderzoek wordt verricht aan de lithium-luchtbatterij.

2p **18** Leid met behulp van een berekening af welke van deze twee batterijen de hoogste ladingsdichtheid heeft.

In figuur 1 is een lithium-luchtbatterij schematisch weergegeven.
In deze opgave worden eerst de elektroden en dan het membraan besproken.

figuur 1



I de elektroden

Op het grensvlak van het lithium en het membraan verloopt bij stroomlevering halfreactie 1.

$$Li \rightarrow Li^+ + e^-$$ (halfreactie 1)

2p **19** Leg uit of de lithiumelektrode bij stroomlevering de positieve of de negatieve elektrode is.

Een onderzoeksgroep heeft voor de poreuze elektrode een elektrode-materiaal ontwikkeld op basis van een polymeer. In het materiaal zijn katalysatordeeltjes aanwezig, die de omzetting van zuurstof katalyseren.
Bij deze omzetting wordt onder andere het O_2^--ion gevormd.
Dit ion is erg reactief en tast organische oplosmiddelen en membranen aan.
Een van beide atomen in het O_2^--ion voldoet niet aan de oktetregel.

2p **20** Voer de volgende opdrachten uit:
- Teken een grensstructuur van het O_2^--ion. Geef hierbij (de) formele lading(en) aan.
- Leg uit waarom het O_2^--ion zo reactief is.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

De katalysator die door de onderzoeksgroep werd gebruikt, is erg duur en door de vele bijreacties raakte het elektrodemateriaal snel beschadigd.
Een andere onderzoeksgroep heeft een elektrodemateriaal ontwikkeld op basis van een eiwit. Dit materiaal bleek de genoemde nadelen minder te vertonen.
De eerste stappen in de productie van dit materiaal waren globaal als volgt:

– Het DNA van een virus wordt gemodificeerd.
– Het virus produceert een eiwit.
– Aan een oplossing van dit eiwit wordt in licht basisch milieu een oplossing met daarin Mn^{2+}-ionen toegevoegd.

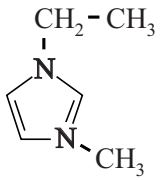
De Mn^{2+}-ionen binden aan de peptideketens door middel van ion-bindingen.
De onderzoekers hebben de genetische code voor het eiwit veranderd met als doel dat de peptideketens meer Mn^{2+}-ionen konden binden.
Hieronder zijn met behulp van de 1-lettersymbolen van aminozuren de volgordes weergegeven van de aminozuureenheden in een deel van het oorspronkelijke eiwit en in een deel van het genetisch gemodificeerde eiwit.

peptideketen A ~ADVYESALPDPAKAAFN~
peptideketen B ~ADVYESALPDPAEAAFE~

3p **21** Leg uit welke peptideketen bij hogere pH het meest Mn^{2+}-ionen kan binden: peptideketen A of peptideketen B.

II het membraan

Het membraan in de lithium-luchtbatterij is een composiet die bestaat uit een polymeer en een zogeheten ionische vloeistof. Een ionische vloeistof is een zout dat bij kamertemperatuur vloeibaar is. Hiernaast is een van de aanwezige ionen van het gebruikte zout weergegeven. De lading van het ion is hierbij weggelaten.



2p **22** Leid af wat de lading is van dit ion.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Als polymeer voor het membraan gebruikten de onderzoekers het copolymeer PVDF-HFP. Dit copolymeer is door polyadditie ontstaan uit 1,1-difluoretheen en hexafluorpropeen.

3p **23** Teken de structuurformule van een gedeelte van een molecuul PVDF-HFP. Dit gedeelte moet komen uit het midden van het molecuul en moet bestaan uit één eenheid van beide monomeren.

Het lithium in de batterij mag niet in contact komen met lucht of water. Het membraan moet daarom heel precies in vorm worden gebracht. Een materiaal kan op twee manieren in vorm worden gebracht:
1 door het te smelten, waarna het in een mal kan worden gespoten;
2 door bewerkingen, zoals snijden en slijpen.

2p **24** Leg uit of het copolymeer PVDF-HFP in de juiste vorm kan worden gebracht door het materiaal te smelten, waarna het in een mal kan worden gespoten.

De totaalvergelijking van de omzettingen die verlopen in de lithium-luchtbatterij is hieronder weergegeven.

$$2\ Li + O_2 \rightarrow Li_2O_2$$

Omdat de lithium-luchtbatterij oplaadbaar is, kan deze batterij worden gebruikt in bijvoorbeeld een auto. Het nuttig rendement bij de omzetting van chemische energie naar bewegingsenergie is hierbij 70%. De rest van de energie gaat verloren aan warmteontwikkeling en wrijving. De onderzoekers hebben een lithium-luchtbatterij gemaakt die $45\ g$ lithium bevatte. De vormingswarmte van Li_2O_2 is $-6{,}43 \cdot 10^5\ J\ mol^{-1}$.

4p **25** Bereken de maximale nuttige energie in joule die door deze lithium-luchtbatterij kan worden geleverd.
Geef de uitkomst in het juiste aantal significante cijfers.

Bronvermelding

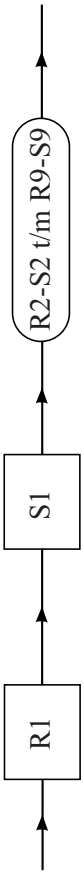
Een opsomming van de in dit examen gebruikte bronnen, zoals teksten en afbeeldingen, is te vinden in het bij dit examen behorende correctievoorschrift.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

uitwerkbijlage

Naam kandidaat _____ Kandidaatnummer _____

5



Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

15

	CP4	EPSPS
base op de coderende streng	.	.
base op de matrijsstreng	.	.

VERGEET NIET DEZE UITWERKBIJLAGE IN TE LEVEREN

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Examen VWO

2023

tijdvak 2
tijsduur: 3 uur

scheikunde

Bij dit examen hoort een uitwerkbijlage.

Maak zo nodig gebruik van Binas of ScienceData.

Achter het correctievoorschrift is een aanvulling op het correctievoorschrift opgenomen.

Dit examen bestaat uit 25 vragen.
Voor dit examen zijn maximaal 64 punten te behalen.
Voor elk vraagnummer staat hoeveel punten met een goed antwoord behaald kunnen worden.

Als bij een vraag een verklaring, uitleg, berekening of afleiding gevraagd wordt, worden aan het antwoord meestal geen punten toegekend als deze verklaring, uitleg, berekening of afleiding ontbreekt.

Geef niet meer antwoorden (redenen, voorbeelden e.d.) dan er worden gevraagd. Als er bijvoorbeeld twee redenen worden gevraagd en je geeft meer dan twee redenen, dan worden alleen de eerste twee in de beoordeling meegeteld.

VW-1028-a-23-2-o

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.ssllleiden.nl.

Ga verder op de volgende pagina.

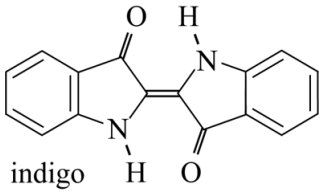
Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Tenzij anders vermeld, is er sprake van standaardomstandigheden:
$T = 298$ K en $p = p_0$.

Indigo

Jaarlijks worden drie miljoen spijkerbroeken geproduceerd, die zijn gekleurd met het blauwe pigment indigo (zie figuur 1).
Indigo wordt door extractie gewonnen uit de indigoplant. Indigo is slecht oplosbaar in water, met een maximale oplosbaarheid van $1{,}0\ \mathrm{mg\ L^{-1}}$.

figuur 1



2p **1** Bereken de oplosbaarheid van indigo in water in $\mathrm{mol\ L^{-1}}$.

Een molecuul indigo is vlak. Dit kan alleen worden verklaard als alle mogelijke grensstructuren worden meegenomen in de redenering.
Op basis van figuur 1 zou de conclusie moeten zijn dat een indigo-molecuul niet vlak is.

2p **2** Leg uit dat de structuur uit figuur 1 niet vlak is. Gebruik hierbij de VSEPR-theorie.

Van indigo zijn veel grensstructuren mogelijk. De O-atomen hebben hierbij telkens een negatieve formele lading. De positieve formele ladingen kunnen daarbij op elk atoom in de beide vijfringen terechtkomen.
Op de uitwerkbijlage is de lewisstructuur van zo'n grensstructuur onvolledig weergegeven. In deze lewisstructuur zijn de formele ladingen geplaatst, maar ontbreekt een aantal elektronenparen.

3p **3** Maak op de uitwerkbijlage de lewisstructuur compleet met de ontbrekende bindende en niet-bindende elektronenparen.

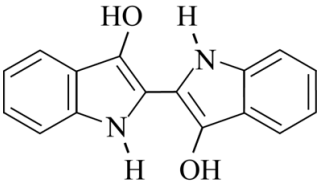
De slechte oplosbaarheid van indigo kan worden verklaard vanuit de structuur van het molecuul. Er spelen hierbij twee factoren een rol:
1 Er bestaan onderlinge interacties tussen atomen/atoomgroepen binnen een molecuul indigo, waardoor deze atomen/atoomgroepen minder goed interacties met watermoleculen kunnen aangaan.
2 Delen van het molecuul kunnen alleen zwakke interacties aangaan met watermoleculen.

2p **4** Geef aan welke atomen/atoomgroepen onderlinge interacties aangaan, zoals bedoeld bij factor 1.
Noteer je antwoord als volgt:
– atomen/atoomgroepen: …
– interactie: …

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Indigo wordt na extractie uit de indigoplant eerst met een reductor omgezet tot het oplosbare indigowit (zie figuur 2). Opgelost indigowit wordt tijdens het verven van katoen opgezogen door de katoenvezels.

figuur 2



indigowit

2p **5** Leid de halfreactie van de omzetting van indigo tot indigowit af.
Gebruik hierbij molecuulformules.

Tijdens het drogen komen de vezels in contact met zuurstof uit de lucht en wordt indigowit weer omgezet tot indigo. Op deze manier wordt indigo bij het drogen wasbestendig ‘opgesloten’ in de vezels.

Omdat plantaardig indigo duur is en te weinig beschikbaar, bestaan vele industriële manieren om indigo te produceren uit niet-hernieuwbare grondstoffen. Deze productiemethodes zijn vaak sterk vervuilend.
Het wetenschappelijk team van John Dueber heeft onderzocht hoe textiel kan worden gekleurd met indigo door gebruik te maken van genetisch gemodificeerde *E. coli*-bacteriën. Het doel was hierbij om in de bacteriën de vorming van indigo net zo te laten verlopen als in de plant.

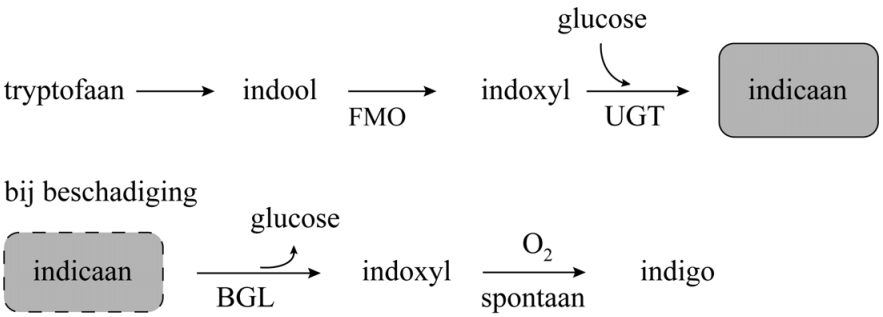
Als eerste werd het actieve centrum van één van de betrokken enzymen (het enzym UGT) in de plant onderzocht.
De onderzoekers vermoedden dat een histidine-eenheid in het enzym UGT een rol speelt bij de koppeling van glucose aan indoxyl.
Om dit te onderzoeken vervingen de onderzoekers, door genetische modificatie van het DNA, deze histidine-eenheid door een alanine-eenheid. Deze vervanging maakte het enzym UGT inderdaad inactief.

2p **6** Geef aan welke twee nucleïnebasen in de coderende streng van het DNA zijn vervangen voor deze aanpassing in het enzym UGT.
Noteer je antwoord als volgt:
1. Nucleïnebase ... is vervangen door ...
2. Nucleïnebase ... is vervangen door ...

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

In figuur 3 is de vorming van indigo in de plant schematisch weergegeven. Drie betrokken enzymen zijn met de afkortingen FMO, UGT en BGL aangegeven.

figuur 3



In het blad van de indigoplant wordt indool door het enzym FMO omgezet tot indoxyl. In aanwezigheid van het enzym UGT wordt indoxyl vervolgens geheel omgezet tot indicaan. Het gevormde indicaan wordt opgeslagen. Bij beschadiging van de bladeren komt het enzym BGL vrij dat indicaan omzet tot indoxyl, waaruit vervolgens indigo ontstaat.
Het enzym UGT bevindt zich op een andere plaats in de cel, waardoor UGT het gevormde indoxyl in deze situatie niet kan omzetten.

De onderzoekers kweekten enkele stammen van *E. coli*. In deze stammen waren wel of niet genen van de indigoplant overgebracht.
In de tabel op de uitwerkbijlage is te zien welke experimenten zijn uitgevoerd. Bij elk experiment bevatte de voeding glucose en tryptofaan.
Tryptofaan wordt door *E. coli* van nature omgezet tot indool.
De bacteriën hebben geen genen voor de aanmaak van het enzym BGL.
Om toch blauwkleuring mogelijk te maken, werd aan sommige bacteriekweken het enzym BGL toegevoegd.
Niet in alle experimenten werd blauwkleuring door de vorming van indigo waargenomen.

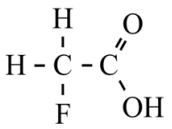
2p **7** Geef in de tabel op de uitwerkbijlage voor elk experiment aan of blauwkleuring door de vorming van indigo optreedt.
Gebruik onder andere informatie uit figuur 3.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Gifblaar

In Zuid-Afrika groeit de gifblaar, een plant die giftig is voor veel dieren. In 1944 slaagde de Zuid-Afrikaanse onderzoeker Marais erin de gifstof uit deze plant te isoleren: fluorethaanzuur (zie figuur 1).
Om de molecuulformule van de gifstof te bepalen, gebruikte Marais onder andere een element-analyse.
Bij een van de proeven werd hiervoor het fluorethaanzuur met behulp van een calciumhydroxide-oplossing omgezet tot de geconjugeerde base fluorethanoaat. Bij indampen ontstond hieruit calciumfluorethanoaat.

figuur 1



fluorethaanzuur

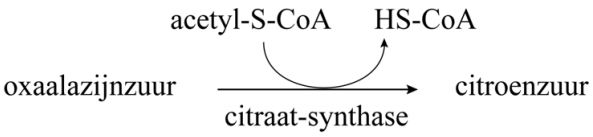
1p **8** Geef de verhoudingsformule van het gevormde calciumfluorethanoaat.

Marais bepaalde ook de LD_{50}-waarde van fluorethaanzuur bij konijnen door ze gedroogde bladeren van de gifblaar te voeren.
De LD_{50}-waarde is de dosis waarbij 50% van de dieren die eraan zijn blootgesteld, sterft. Deze dosis bedroeg $0{,}40$ mg fluorethaanzuur per kg lichaamsgewicht. Het blad van de gifblaar bevat gemiddeld 90 µg F per g gedroogd blad. Dit fluor is uitsluitend aanwezig in fluorethaanzuur.

4p **9** Bereken bij hoeveel gram vers blad van de gifblaar de LD_{50}-waarde voor een konijn wordt overschreden.
Geef de uitkomst in het juiste aantal significante cijfers.
Gebruik hierbij de volgende gegevens:
- Een konijn weegt gemiddeld $2{,}0$ kg.
- Een vers blad van de gifblaar bevat 85 massaprocent water.
  Bij het drogen is uitsluitend water uit het blad verdampt.

De Engelse onderzoeker R.A. Peters heeft rond 1950 baanbrekend onderzoek gedaan naar de biochemische werking van fluorethaanzuur. Hij ontdekte dat de citroenzuurcyclus niet meer functioneert in cellen waaraan fluorethaanzuur is toegevoegd. In figuur 2 is een gedeelte van de gewone citroenzuurcyclus schematisch weergegeven.

figuur 2



Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Acetyl–S–CoA is ontstaan door een condensatiereactie van co-enzym A (HS–CoA) met ethaanzuur. Een SH-groep van co-enzym A wordt hierbij omgezet tot een zogeheten thio-estergroep. Een thio-estergroep is vergelijkbaar met een gewone estergroep, waarin het enkelgebonden O-atoom is vervangen door een S-atoom.
Peters ontdekte dat fluorethaanzuur de plaats inneemt van ethaanzuur in de citroenzuurcyclus, waardoor fluoracetyl–S–CoA wordt gevormd.
In de volgende stap van de citroenzuurcyclus wordt fluoracetyl–S–CoA door het enzym citraat-synthase met oxaalazijnzuur omgezet tot fluorcitroenzuur ($C_6H_7FO_7$).

2p **10** Voer de volgende opdrachten uit:
- Geef de structuurformule van fluoracetyl–S–CoA. Gebruik hierbij de aanduiding –S–CoA.
- Geef de structuurformule van fluorcitroenzuur.

Gebruik hierbij Binas-tabel 68C of ScienceData-tabel 13.9.e.

Na de vorming van fluorcitroenzuur treden in het actieve centrum van het enzym aconitase de volgende processen na elkaar op:
stap 1: Een molecuul fluorcitroenzuur wordt omgezet tot een molecuul water en een molecuul fluor-*cis*-aconietzuur.
stap 2: Vervolgens roteert het molecuul fluor-*cis*-aconietzuur 180° in het actieve centrum.
stap 3: Daarna wordt het molecuul fluor-*cis*-aconietzuur met een molecuul water omgezet tot een molecuul *trans*-hydroxyaconietzuur.

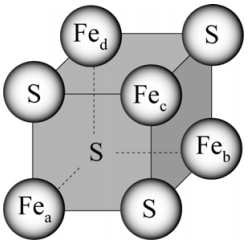
Het *trans*-hydroxyaconietzuur kan niet meer loskomen uit het actieve centrum, waardoor de stofwisseling van een dier dat de plant eet, wordt ontregeld.
In een molecuul *trans*-hydroxyaconietzuur staan de COOH-groepen in een *trans*-configuratie ten opzichte van elkaar.
Op de uitwerkbijlage is de omzetting van fluor-*cis*-aconietzuur volgens stap 3 onvolledig weergegeven.

2p **11** Voer de volgende opdrachten uit:
- Geef in het omkaderde deel met pijlen weer hoe elektronenparen worden verplaatst.
- Teken de ontbrekende atomen/atoomgroepen in *trans*-hydroxyaconietzuur.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

In het actieve centrum van aconitase is een kubusvormig cluster met de formule $Fe_4S_4^{2+}$ gebonden aan de peptideketen.
In figuur 3 is dit cluster schematisch weergegeven, waarbij ladingen zijn weggelaten.

figuur 3



Het cluster $Fe_4S_4^{2+}$ is opgebouwd uit ijzerionen en sulfide-ionen.
De ladingen van de aanwezige ijzerionen en de sulfide-ionen wijken niet af van de gebruikelijke ladingen.

2p **12** Geef voor elke ionsoort die in het cluster aanwezig is de lading en het aantal deeltjes.

De ijzerionen Fe_c en Fe_d zijn gebonden aan de peptideketen van aconitase via cysteïne-eenheden. Hierbij is de S–H-binding vervangen door een S–Fe-binding.
De cysteïne-eenheden die binden aan Fe_c en Fe_d maken deel uit van het peptidefragment ~Cys–Gly–Pro–Cys~.

4p **13** Teken dit peptidefragment. Gebruik hierbij structuurformules.
- Het cluster hoef je niet te tekenen.
- Geef de bindingen die het peptidefragment heeft met de ijzerionen Fe_c en Fe_d weer als –S–Fe.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Ga verder op de volgende pagina.

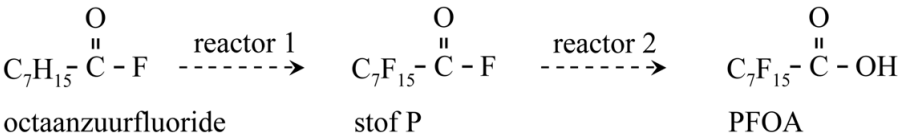
Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Teflon™ wordt onder andere gebruikt voor anti-aanbakpannen. Het is een polymeer van tetrafluoretheen.

2p **14** Geef de vergelijking voor de vorming van polytetrafluoretheen uit tetrafluoretheen. Gebruik hierbij structuurformules.

Bij de productie van Teflon™ wordt perfluoroctaanzuur (PFOA) gebruikt als hulpstof. PFOA ($C_7F_{15}COOH$) behoort tot de zogenoemde poly- en perfluoralkylstoffen (PFAS). Deze groep stoffen wordt toegepast in allerlei industriële processen en producten. PFOA wordt geproduceerd uit octaanzuurfluoride in twee reactoren. De omzettingen in deze reactoren zijn vereenvoudigd weergegeven in figuur 1.

figuur 1



Reactor 1 is een elektrochemische cel. Aan de positieve elektrode treedt halfreactie 1 op, waarbij telkens een waterstofatoom van octaanzuurfluoride wordt vervangen door een fluoratoom.

$\sim C{-}H + HF \rightarrow \sim C{-}F + 2\,H^+ + 2\,e^-$ (halfreactie 1)

4p **15** Bereken de ladingsoverdracht in coulomb wanneer $3{,}0 \cdot 10^2$ g octaanzuurfluoride wordt omgezet tot stof P.
Geef de uitkomst in het juiste aantal significante cijfers.
Gebruik hierbij onder andere de volgende gegevens:
- De molaire massa van octaanzuurfluoride is $146\ g\ mol^{-1}$.
- $1{,}00$ mol elektronen heeft een lading van $9{,}65 \cdot 10^4$ C.

De omzetting van octaanzuurfluoride tot PFOA is vereenvoudigd en onvolledig met een blokschema weergegeven op de uitwerkbijlage.
- In reactor 1 (R1) reageren octaanzuurfluoride en HF. Aan de positieve elektrode wordt stof P gevormd en aan de negatieve elektrode wordt waterstof gevormd uit H^+-ionen.
- Waterstof verlaat R1 samen met een lage concentratie HF.
  De waterstof wordt in scheidingsruimte 1 (S1) gescheiden van HF met behulp van water.
- Als alle octaanzuurfluoride heeft gereageerd, wordt stof P doorgevoerd naar reactor 2 (R2). Hier reageren stof P en water volledig tot PFOA en HF, die als afzonderlijke stofstromen de reactor verlaten.

De instroom in R1 is op de uitwerkbijlage al volledig gegeven.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

2p **16** Leg uit welke scheidingsmethode wordt gebruikt in S1.

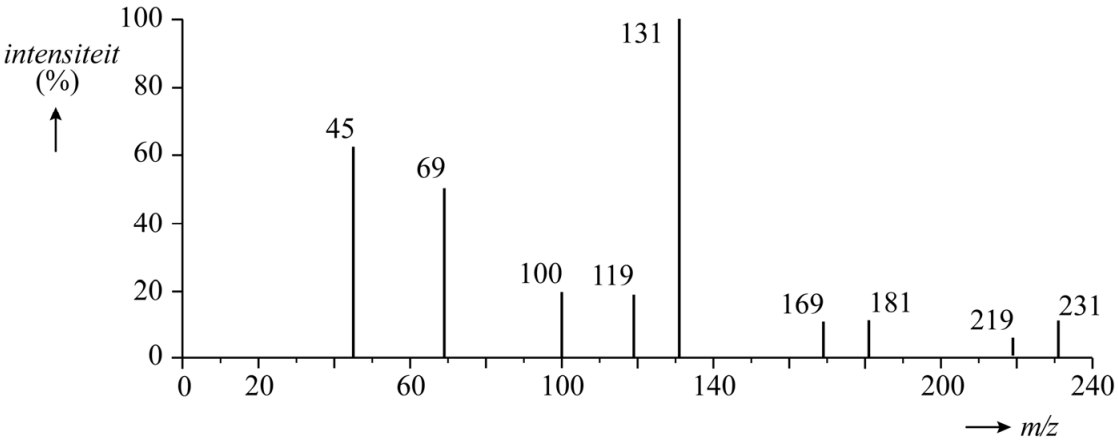
4p **17** Maak het blokschema op de uitwerkbijlage compleet.
- Teken R2.
- Teken ontbrekende pijlen en noteer ontbrekende stoffen bij alle pijlen. Je hoeft hierbij geen rekening te houden met hergebruik van stoffen.

PFOA is een zwak zuur met een K_z-waarde van $3{,}2 \cdot 10^{-3}$. PFOA is daarom in water vooral aanwezig in de vorm van de geconjugeerde base $C_7F_{15}COO^-$. Dit PFOA$^-$ is goed oplosbaar in water.

4p **18** Bereken hoeveel procent van PFOA aanwezig is als $C_7F_{15}COOH$ in water met $pH = 7{,}00$.

Wetenschappelijk onderzoek heeft aangetoond dat PFOA een risico vormt voor de gezondheid en het milieu. Het gebruik van PFOA is in Nederland sinds 2020 verboden voor consumentenproducten. Omdat PFOA slecht afbreekbaar is, is deze stof nog wel aanwezig in ons milieu.
Voor de bepaling van de hoeveelheid PFOA in water of grond wordt onder andere gebruikgemaakt van massaspectrometrie. Een deel van het massaspectrum van PFOA ($414\ g\ mol^{-1}$) is in figuur 2 weergegeven.

figuur 2



Bij de gebruikte techniek neemt een molecuul PFOA een elektron op.
Het gevormde $[C_7F_{15}COOH]^-$ fragmenteert vervolgens.
Uit het massaspectrum kan worden opgemaakt dat bij de fragmentatie van PFOA onder andere enkele malen hetzelfde neutrale fragment Y wordt afgesplitst. Zo is het fragment behorend bij de piek van $m/z = 181$ ontstaan uit het fragment behorend bij de piek van $m/z = 231$.

2p **19** Leid de molecuulformule van het neutrale fragment Y af.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Vonkremmers

Bij hoogspanningsschakelaars en windturbines ontstaan er soms grote vonken als de stroom wordt in- en uitgeschakeld. Deze vonken geven storingen op het elektriciteitsnet en kunnen apparatuur beschadigen. Daarom zitten de contactpunten van dergelijke schakelaars in een behuizing die gevuld is met een vonkremmend gas.
Een vonkremmend gas heeft een hoge doorslagspanning, dat is de spanning waarbij geleiding optreedt (bij bepaalde druk).
De geleiding treedt op omdat bij hoge spanning gasmoleculen (X) bij de contactpunten geïoniseerd raken volgens $X\ (g) + e^- \rightarrow X^+\ (g) + 2\ e^-$.
Bij lage druk is de doorslagspanning groot.

2p **20** Leg uit dat bij lage druk de doorslagspanning groot is. Gebruik hierbij begrippen uit het botsende-deeltjes-model.

Een veel toegepast vonkremmend gas is zwavelhexafluoride (SF_6). Dit gas wordt industrieel geproduceerd uit de elementen zwavel en fluor (proces 1).
Fluor (F_2) is een giftig en agressief gas. Onderzoekers hebben daarom een andere syntheseroute ontwikkeld (proces 2). De reacties van proces 2 verlopen bij aanzienlijk lagere temperatuur dan bij proces 1.

In proces 2 treden drie reacties op:

$4\ KF + S + 2\ Br_2 \rightarrow SF_4 + 4\ KBr$ (reactie 1)
$SF_4 + 2\ CoF_3 \rightarrow SF_6 + 2\ CoF_2$ (reactie 2)
$2\ CoF_2 + F_2 \rightarrow 2\ CoF_3$ (reactie 3)

In proces 2 wordt netto geen CoF_3 verbruikt.
De vormingswarmte van SF_6 is $-12{,}25 \cdot 10^5\ J\ mol^{-1}$.

4p **21** Voer de volgende opdrachten uit:
- Geef de totaalvergelijking van proces 2.
- Bereken de reactiewarmte van proces 2 per mol SF_6.

In een brochure staat: “Dit alternatieve proces voldoet beter aan de uitgangspunten van groene chemie dan het standaard industriële proces.”

2p **22** Geef één argument vóór en twee argumenten tégen deze stelling.
Noteer je antwoord als volgt:
Voor: …
Tegen: …
Tegen: …

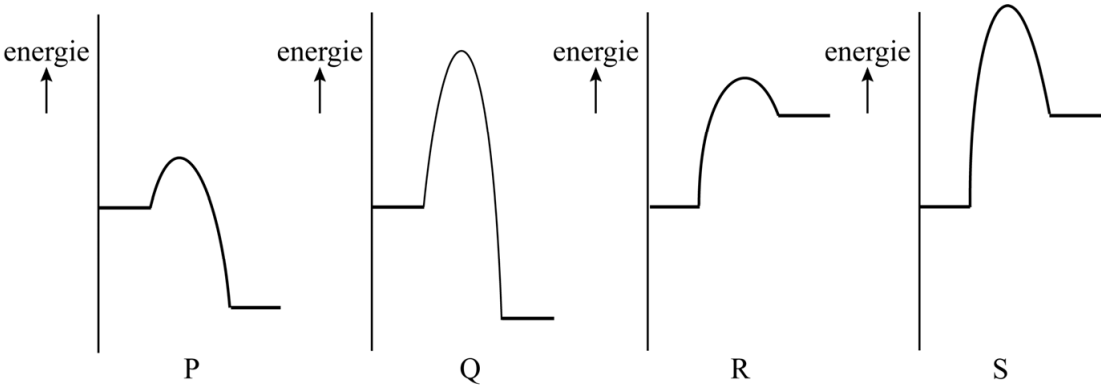
Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Zwavelhexafluoride is niet giftig, maar het is wel een sterk broeikasgas. Het is mogelijk om zwavelhexafluoride in hoogspanningsschakelaars te vervangen door andere stoffen, zoals Novec™ 4710 (C_4F_7N).
Deze stof wordt in enkele stappen gemaakt. In het totale proces zijn de beginstoffen hierbij methylpropaanzuur, HF en NH_3.
De andere stoffen die worden gevormd, zijn waterstof en water.
Bij de omzettingen blijft het koolstofskelet gelijk, maar wordt de $COOH$-groep omgezet tot een CN-groep.

4p **23** Geef de vergelijking voor deze vorming van Novec™ 4710.
Gebruik hierbij structuurformules voor de koolstofverbindingen.

In experimenten met zuiver Novec™ 4710 werd de spanning op de contactpunten zo hoog opgevoerd, dat er toch een elektrische ontlading plaatsvond in de schakelaar.
Het bleek dat hierbij ontleding van Novec™ 4710 tot de elementen optreedt. Deze reactie treedt pas op bij zeer hoge waardes van de toegevoerde energie.
De vormingswarmte van Novec™ 4710 is $-33 \cdot 10^5$ J mol^{-1}.
In de figuur zie je enkele mogelijke energiediagrammen van deze omzetting.

figuur



2p **24** Leg uit welk energiediagram het best past bij de ontleding van Novec™ 4710 tot de elementen.

Let op: de laatste vraag van dit examen staat op de volgende pagina.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Een standaard schakelaar bevat $60\ \mathrm{kg}$ zuiver SF_6. In een praktijkproef konden vergelijkbare vonkremmende resultaten worden bereikt door een gasmengsel van stikstof en Novec™ 4710 te gebruiken met daarin $20{,}8\ \mathrm{kg}$ Novec™ 4710.

De mate waarin een stof bijdraagt aan het versterkt broeikaseffect wordt uitgedrukt in de GWP (global warming potential). De GWP van een stof is gedefinieerd als het opwarmingsvermogen van $1{,}0\ \mathrm{kg}$ van de stof in vergelijking met $1{,}0\ \mathrm{kg}\ CO_2$, berekend over een periode van 100 jaar.

Om te berekenen welke winst er wordt gehaald met het oog op het broeikaseffect, gaat men uit van een situatie waarbij alle gas uit de schakelaar ontsnapt. Hierbij wordt de bijdrage aan het broeikaseffect omgerekend naar overeenkomende massa CO_2-uitstoot.
De GWP-waarde van SF_6 is $22\,800$ terwijl Novec™ 4710 een GWP-waarde van slechts 2100 heeft.

2p **25** Bereken met hoeveel procent de bijdrage aan het broeikaseffect daalt in de praktijkproef.

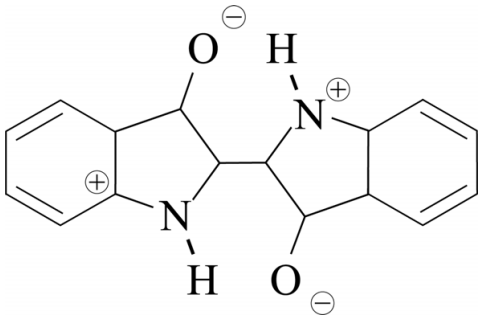
Bronvermelding
Een opsomming van de in dit examen gebruikte bronnen, zoals teksten en afbeeldingen, is te vinden in het bij dit examen behorende correctievoorschrift.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

uitwerkbijlage

Naam kandidaat _____ Kandidaatnummer _____

3

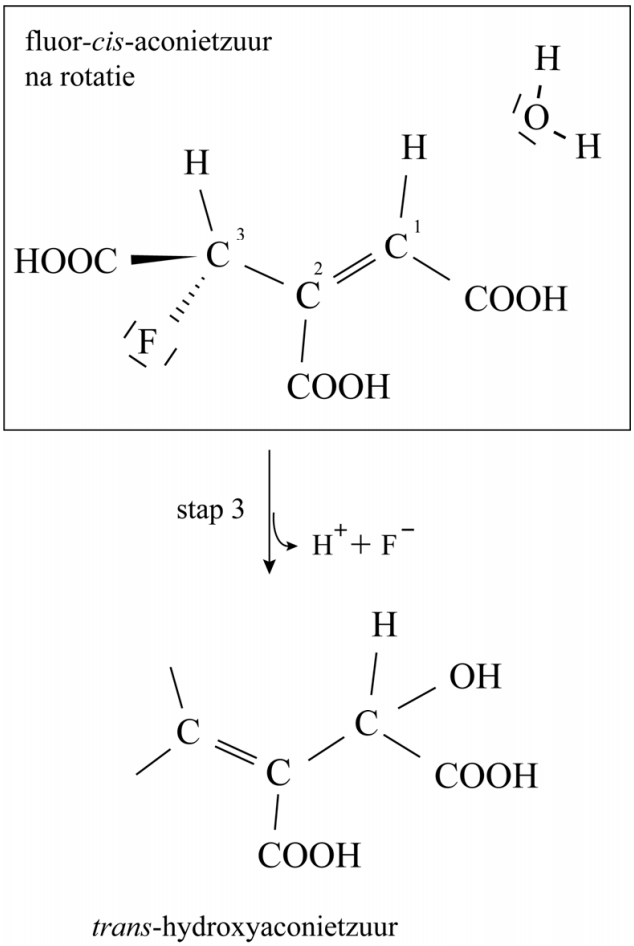


7

experiment	1	2	3	4
stam bevat het gen voor FMO	nee	ja	ja	ja
stam bevat het gen voor UGT	nee	nee	ja	ja
enzym BGL toegevoegd	nee	nee	nee	ja
blauwkleuring	wel/niet	wel/niet	wel/niet	wel/niet

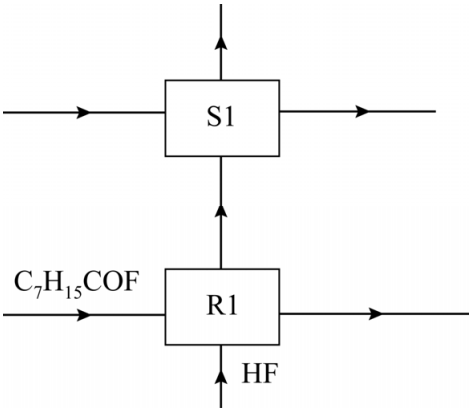
Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

11



Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

17



VERGEET NIET DEZE UITWERKBIJLAGE IN TE LEVEREN

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Examen VWO

2022

tijdvak 1
maandag 16 mei
13.30 - 16.30 uur

scheikunde

Bij dit examen hoort een uitwerkbijlage.

Achter het correctievoorschrift zijn twee aanvullingen op het correctievoorschrift opgenomen.

Dit examen bestaat uit 24 vragen.
Voor dit examen zijn maximaal 64 punten te behalen.
Voor elk vraagnummer staat hoeveel punten met een goed antwoord behaald kunnen worden.

Als bij een vraag een verklaring, uitleg, berekening of afleiding gevraagd wordt, worden aan het antwoord meestal geen punten toegekend als deze verklaring, uitleg, berekening of afleiding ontbreekt.

Geef niet meer antwoorden (redenen, voorbeelden e.d.) dan er worden gevraagd. Als er bijvoorbeeld twee redenen worden gevraagd en je geeft meer dan twee redenen, dan worden alleen de eerste twee in de beoordeling meegeteld.

VW-1028-a-22-1-o

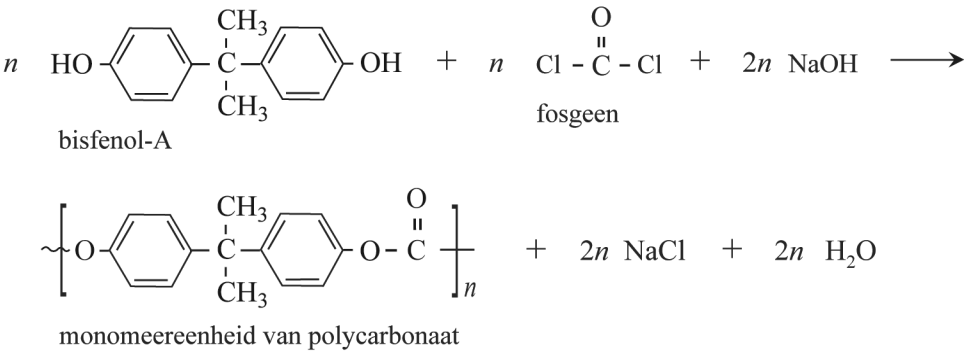
Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Tenzij anders vermeld, is er sprake van standaardomstandigheden:
$T = 298$ K en $p = p_0$.

Groene chemie met dimethylcarbonaat

Polycarbonaat is een veelgebruikte kunststof die wordt verwerkt in de omhulsels van elektronische apparatuur en in auto's. Begin deze eeuw werd het grootste deel van alle polycarbonaat nog geproduceerd door middel van de condensatie-polymerisatie van bisfenol-A en fosgeen. De totaalvergelijking van alle reacties in dit productieproces van polycarbonaat is in figuur 1 vereenvoudigd weergegeven.

figuur 1



Bij dit productieproces worden de beginstoffen gemengd volgens de molverhoudingen in figuur 1. De molaire massa's van de stoffen uit figuur 1 zijn in de tabel gegeven.

tabel

stof	molaire massa (g mol^{-1})
bisfenol-A	228
fosgeen	98,9
NaOH	40,0
monomeereenheid polycarbonaat	254
NaCl	58,4
H_2O	18,0

Dit productieproces heeft een rendement van 92%.

2p **1** Bereken de E-factor van dit productieproces van polycarbonaat.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Bij dit proces komt een grote hoeveelheid afval vrij. In een studie is een nieuw productieproces onderzocht dat minder afval veroorzaakt. In het onderzochte proces wordt eerst dimethylcarbonaat (DMC) uit methanol gevormd.
Op de uitwerkbijlage bij vraag 7 is het blokschema van het nieuwe proces onvolledig weergegeven. In figuur 2 is reactie 1 gegeven, dit is de reactie die in reactor 1 (R1) verloopt.

figuur 2

$$2\ CH_3OH\ (g) + CO_2\ (g) \underset{\text{in R1}}{\overset{\text{reactie 1}}{\rightleftharpoons}} \underset{\text{DMC}}{H_3C-O-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-O-CH_3}\ (g) + H_2O\ (g)$$

De reactiewarmte van de reactie naar rechts is $+0{,}67 \cdot 10^5$ J per mol DMC.
De vormingswarmte van CH_3OH (g) bedraagt $-2{,}02 \cdot 10^5$ J mol^{-1}.

3p **2** Bereken de vormingswarmte van DMC.

Om een zo hoog mogelijke omzettingssnelheid te bereiken, is in het onderzoek gebruikgemaakt van een katalysator voor reactie 1.
Op de uitwerkbijlage is in diagram 1 het energiediagram van de vorming van DMC zonder katalysator onvolledig weergegeven.
Daarnaast is in diagram 2 het energiediagram van de vorming van DMC mét katalysator onvolledig weergegeven. In beide diagrammen ontbreken de energieniveaus van de geactiveerde toestand en die van de reactieproducten. Beide diagrammen zijn op dezelfde schaal weergegeven.

3p **3** Laat zien welke invloed de katalysator heeft op reactie 1, door op de uitwerkbijlage in beide energiediagrammen de ontbrekende energieniveaus met bijbehorende bijschriften te tekenen.

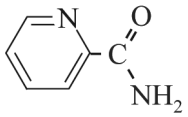
2p **4** Geef de evenwichtsvoorwaarde voor reactie 1. Gebruik DMC als aanduiding voor dimethylcarbonaat.

In R1 wordt ook continu de stof cyanopyridine toegevoegd. Deze stof reageert met het in reactie 1 gevormde water. De toevoer van cyanopyridine is zo afgesteld dat geen water R1 verlaat.

2p **5** Leg uit dat het toevoegen van de stof cyanopyridine het rendement van de vorming van dimethylcarbonaat verhoogt.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

In R1 reageert 1 mol cyanopyridine met 1 mol water, waarbij uitsluitend 1 mol picolinamide wordt gevormd. De structuurformule van picolinamide is hiernaast weergegeven.



picolinamide

In scheidingsruimte 1 (S1) wordt het reactiemengsel gescheiden door middel van destillatie. De overmaat CO_2 en methanol wordt als twee aparte stofstromen gerecirculeerd naar R1. De overige stoffen worden gescheiden in afzonderlijke stromen, te weten DMC, cyanopyridine en picolinamide. In R1 ontstaan ook NH_3 en andere bijproducten, die de fabriek verlaten als afval.
De cyanopyridine en picolinamide hebben de hoogste kookpunten van de aanwezige stoffen. Het picolinamide verlaat S1 aan de onderzijde omdat het een hoger kookpunt heeft dan cyanopyridine.

4p **6** Voer de volgende opdrachten uit:
- Teken de structuurformule van cyanopyridine.
- Verklaar dat het kookpunt van picolinamide hoger is dan dat van cyanopyridine. Gebruik hierbij begrippen op microniveau.

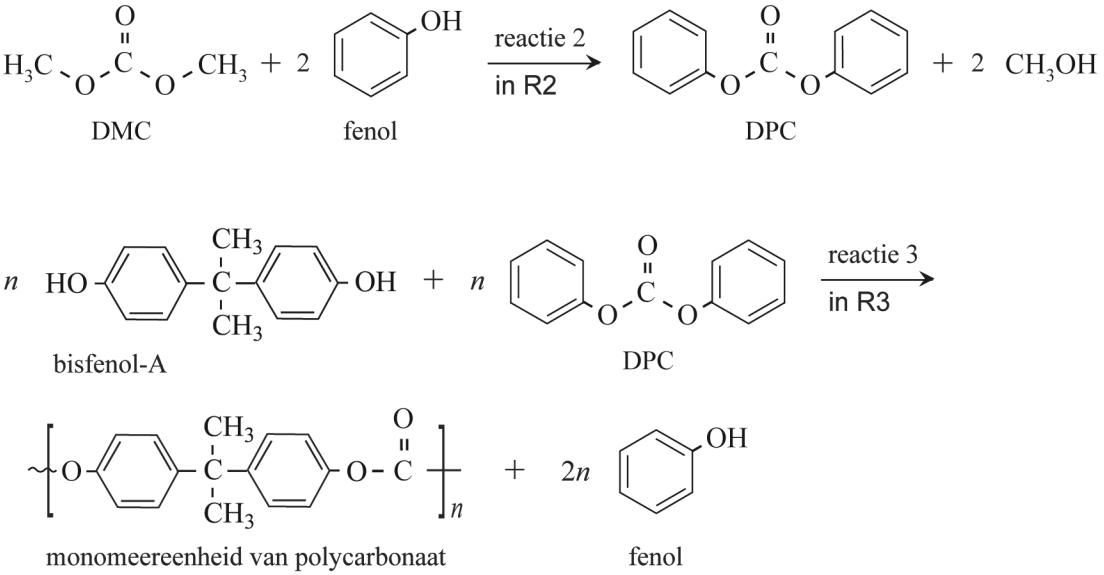
Het in R1 ontstane picolinamide wordt in reactor 4 volledig omgezet tot water en cyanopyridine. De cyanopyridine wordt hergebruikt, terwijl het water als afvalstroom de fabriek verlaat.
In R4 zijn de omstandigheden zo gekozen dat de reactieproducten als gescheiden stofstromen vrijkomen.
In het blokschema op de uitwerkbijlage ontbreken R4 en de stofstromen van cyanopyridine, picolinamide en water.

3p **7** Maak het blokschema op de uitwerkbijlage compleet.
- Teken R4.
- Teken de ontbrekende stofstromen van cyanopyridine, picolinamide en water. Houd daarbij rekening met hergebruik van stoffen.
- Je hoeft niets aan te geven tussen R1 en S1.
- Geef de stoffen in het schema weer met de volgende cijfers:
  1 cyanopyridine
  2 picolinamide
  3 water

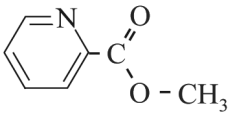
Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

De stroom van DMC uit S1 wordt doorgevoerd naar reactor 2 (R2).
In R2 verloopt reactie 2, waarbij het tussenproduct DPC wordt gevormd.
In reactor 3 (R3) wordt uiteindelijk via reactie 3 het polycarbonaat gevormd. In figuur 3 zijn beide reacties weergegeven.

figuur 3



Reactie 2 en reactie 3 verlopen met een rendement van 100%.
In het proces bevinden zich de scheidingsruimten S2 en S3.
In S2 wordt het methanol gescheiden van het DPC en in S3 wordt het fenol gescheiden van het polycarbonaat.
Het methanol afkomstig uit S1 en S2 wordt gerecirculeerd naar R1. In een van de nevenreacties in R1 ontstaan ammoniak en stof Z.
De structuurformule van stof Z is hiernaast weergegeven.



De stofstromen van methanol naar R1 zijn in het blokschema bij vraag 7 onvolledig weergegeven. Bij scheidingsprocessen treedt geen verlies van methanol op.

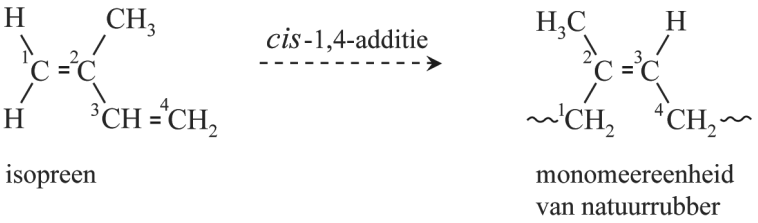
3p **8** Leid af met behulp van de reacties die optreden in R1 en R2 of de recirculatie van methanol van S1 en S2 naar R1 een gesloten systeem is, of dat er in het proces netto methanol wordt verbruikt.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Autobanden

Het rubber van een autoband bestaat uit een mengsel van verschillende polymeren, waaronder natuurrubber. Natuurrubber kan worden opgevat als een polymeer van isopreen (2-methylbuta-1,3-dieen). De vorming van natuurrubber uit isopreen is in figuur 1 schematisch weergegeven. De polymeerketens in natuurrubber ontstaan door *cis*-1,4-additie van isopreen. De isopreen-eenheden worden dan aan elkaar gebonden via de koolstofatomen C1 en C4 van isopreen. De koolstofatomen C1 en C4 rondom de dubbele bindingen in natuurrubber staan uitsluitend in de *cis*-configuratie.

figuur 1

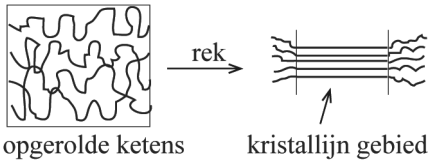


In autobanden wordt ook synthetisch poly-isopreen verwerkt.
Bij de productie van synthetisch poly-isopreen worden polymeerketens gevormd waarbij de monomeer-eenheden op vier verschillende manieren in de keten zijn opgenomen. Behalve de *cis*-1,4-additie verlopen er namelijk ook andere additiereacties.

3p **9** Teken de structuurformules van de drie andere monomeereenheden die voorkomen in synthetisch poly-isopreen. Neem aan dat er geen crosslinks worden gevormd.

In figuur 2 is weergegeven dat de polymeerketens in natuurrubber in opgerolde vorm voorkomen. Ook is weergegeven dat wanneer natuurrubber wordt opgerekt, de ketens zich gedeeltelijk strekken. Hierdoor worden zogeheten kristallijne gebieden gevormd. Bij synthetisch poly-isopreen is het aandeel kristallijne gebieden dat bij het oprekken wordt gevormd kleiner.

figuur 2



2p **10** Voer de volgende opdrachten uit:
- Verklaar dat kristallijne gebieden zich kunnen vormen bij het oprekken van natuurrubber.
- Verklaar dat bij synthetisch poly-isopreen het aandeel kristallijne gebieden bij het oprekken kleiner is.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Doordat de kristallijne gebieden ontstaan in het rubber, zijn de delen van de autoband waarin natuurrubber is verwerkt beter bestand tegen vervorming. Dit kan worden verklaard met behulp van de interacties tussen de polymeerketens. In de ongeordende gebieden en in de kristallijne gebieden zijn de sterktes van deze interacties verschillend.

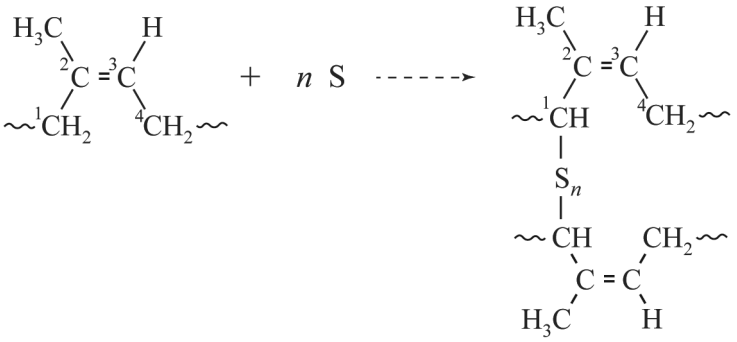
2p **11** Leg uit dat de aanwezigheid van kristallijne gebieden een autoband beter bestand tegen vervorming maakt. Gebruik hierbij begrippen op microniveau.

Behalve natuurrubber bevat een autoband ook SBR. SBR is een copolymeer van styreen (fenyletheen, C_8H_8) en buta-1,3-dieen (C_4H_6) in de massaverhouding $25 : 75$.

3p **12** Bereken het aantal monomeereenheden buta-1,3-dieen per monomeereenheid styreen in SBR.

In de volgende stap van de fabricage van autobanden worden crosslinks gevormd tussen de copolymeerketens door toevoeging van zwavel.
De zwavel wordt in een mal gemengd met natuurrubber en SBR.
Vervolgens wordt het mengsel enige tijd op een hoge temperatuur gehouden, waarbij de crosslinks worden gevormd. Alleen onverzadigde polymeren kunnen met zwavel crosslinks vormen.
De vorming van crosslinks is in figuur 3 schematisch weergegeven.

figuur 3



In de eerste stap van het reactiemechanisme van de vorming van crosslinks wordt een C–H-binding op C1 verbroken. Hierbij wordt een H• radicaal afgesplitst zodat op C1 een ongepaard elektron overblijft.
Van het in het polymeer gevormde radicaal bestaan twee grensstructuren.
Beide grensstructuren zijn op de uitwerkbijlage onvolledig weergegeven.

2p **13** Maak op de uitwerkbijlage de beide grensstructuren van het in het polymeer gevormde radicaal compleet.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

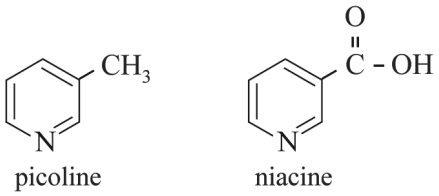
Ga verder op de volgende pagina.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Niacine

Niacine (vitamine B3) is een vitamine die van belang is voor het functioneren van een groot deel van de enzymsystemen in het lichaam. Er bestaan productieprocessen om niacine uit goedkope fossiele grondstoffen te produceren. In de eerste stap van zo'n proces wordt picoline gevormd. In de tweede stap wordt picoline omgezet tot niacine. De structuurformules van picoline en niacine zijn in figuur 1 weergegeven.

figuur 1



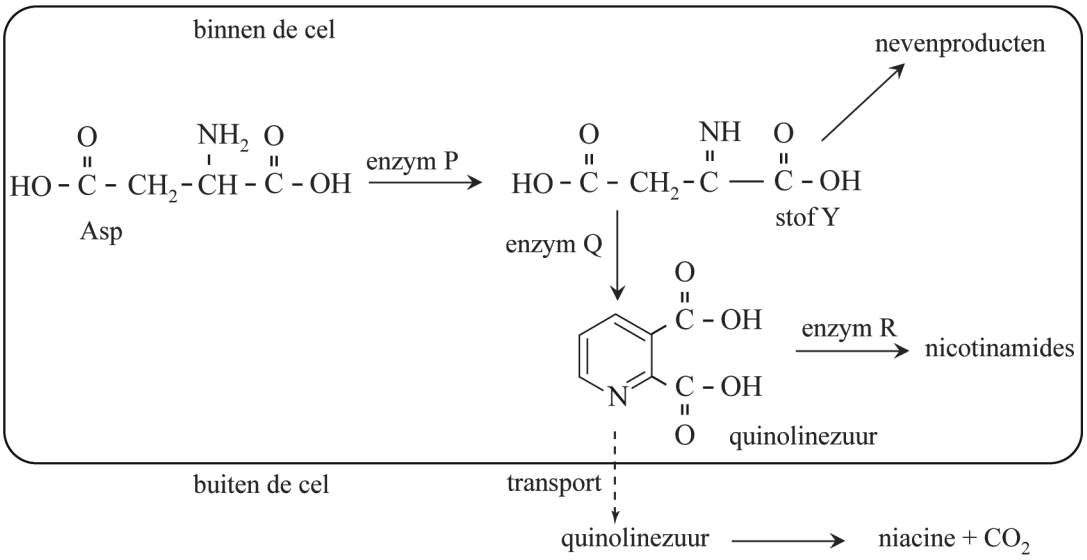
In de eerste stap wordt picoline gemaakt uit propanal, prop-2-enal en ammoniak. Prop-2-enal is een aldehyde met molecuulformule C_3H_4O. In deze reactie worden behalve picoline ook water en nog één andere stof gevormd.

4p **14** Geef de vergelijking van deze vorming van picoline. Gebruik structuurformules voor de organische deeltjes.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Niacine kan ook worden gemaakt op basis van de stof quinolinezuur waarbij wordt gebruikgemaakt van micro-organismen.
Om de productie van quinolinezuur in het micro-organisme zo hoog mogelijk te maken, hebben onderzoekers genetisch gemodificeerde micro-organismen gekweekt. Als gevolg van de modificatie scheiden deze micro-organismen meer quinolinezuur uit.
In figuur 2 is deze biosynthese schematisch weergegeven. Binnen de cel zijn drie enzymen (P, Q en R) betrokken bij de vorming van quinolinezuur.

figuur 2



Stof Y wordt door enzym Q omgezet tot quinolinezuur. Stof Y reageert echter ook snel en zonder hulp van enzymen tot allerlei nevenproducten.
De snelheid van iedere enzymatische omzetting in dit proces wordt bepaald door de concentratie van het betrokken enzym.
In de genetisch gemodificeerde micro-organismen waren de concentraties van de enzymen P, Q en R afwijkend.
Hierbij waren er twee doelstellingen:
1 zo min mogelijk andere stoffen dan quinolinezuur produceren;
2 zo veel mogelijk quinolinezuur per tijdseenheid produceren.

Bij een presentatie van het onderzoek gebruikten de onderzoekers een tabel waaruit blijkt hoe de concentratie van elk enzym moest veranderen om beide doelstellingen te realiseren. Op de uitwerkbijlage is deze tabel onvolledig weergegeven.

2p **15** Zet in de tabel op de uitwerkbijlage achter elk enzym een kruisje in de juiste kolom. Elke kolom moet hierbij één kruisje bevatten.

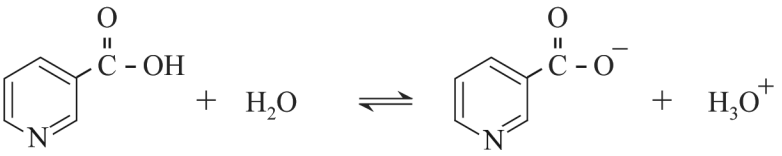
Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Alle stoffen in figuur 2 reageren in de molverhouding 1:1. In figuur 2 is ook aangegeven dat een deel van het gevormde quinolinezuur de cel verlaat. Bij een van de proeven werd zo een oplossing met daarin 5,5 g quinolinezuur verkregen. Het quinolinezuur werd vervolgens door de onderzoekers omgezet tot niacine. Hierbij werd 3,8 g niacine gevormd.

3p **16** Bereken het rendement van deze omzetting.

Halverwege de twintigste eeuw is ontdekt dat niacine ook kan worden toegepast als geneesmiddel. Uit onderzoek naar de werking van niacine bleek dat het zuurrest-ion van niacine aan een receptoreiwit bindt. Niacine is een zwak zuur. In water treedt het evenwicht uit figuur 3 op.

figuur 3



De pH in de vloeistof rondom het receptoreiwit is zodanig, dat **meer** dan 90% van alle niacine-deeltjes voorkomt als zuurrest-ion. De waarde van de K_z van niacine bij de heersende omstandigheden is $1{,}3 \cdot 10^{-5}$.

4p **17** Bereken de pH waarbij 90% van alle niacine-deeltjes voorkomt als zuurrest-ion. **Geef de uitkomst in het juiste aantal significante cijfers.**

2p **18** Leg uit of de pH van de vloeistof rondom het receptoreiwit hoger of lager is dan de berekende waarde.

In figuur 4 is een gedeelte van de coderende streng van het menselijk DNA weergegeven, beginnend bij de base met nummer 1072.
De code voor het receptoreiwit begint bij de base met nummer 1. In het weergegeven gedeelte bevindt zich het stopcodon voor het receptoreiwit.

figuur 4

↓ 1072
CTGGGCCCAACCTCTCCTTAAATAACCATGCCA...

2p **19** Bepaal met behulp van figuur 4 het aantal aminozuureenheden in de eiwitketen van het receptoreiwit.

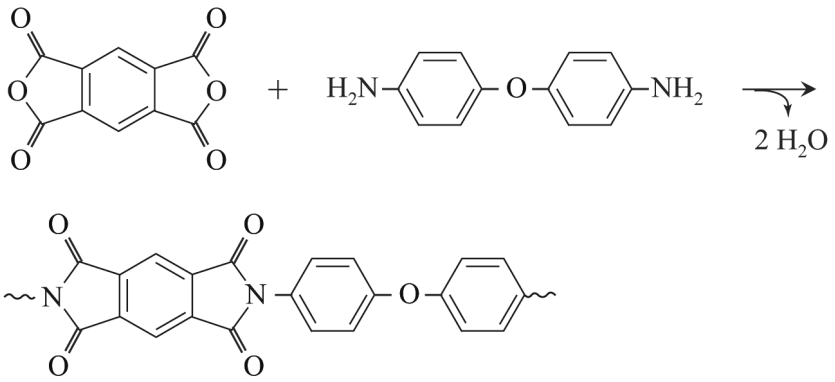
4p **20** Teken met behulp van figuur 4 de structuurformule van het uiteinde van de eiwitketen van het receptoreiwit. Dit gedeelte moet bestaan uit de laatste twee aminozuureenheden.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Een pleister voor stroom

Onderzoekers hebben een pleister ontwikkeld die stroom kan opwekken als hij op de huid is geplakt. Op de pleister is een brandstofcel aangebracht. Met de geleverde energie kunnen bijvoorbeeld medische sensoren worden gevoed.
De elektrodes van de brandstofcel zijn aangebracht op een onderlaag van een niet-geleidend polymeer. De vorming van dit polymeer uit de monomeren is in figuur 1 vereenvoudigd weergegeven.

figuur 1

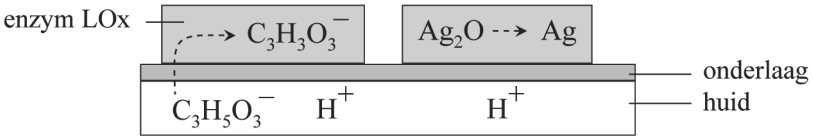


Op de uitwerkbijlage is het mechanisme van een van de stappen in de vorming van het polymeer onvolledig weergegeven.

2p **21** Maak op de uitwerkbijlage het mechanisme compleet.
- Teken in het omkaderde deel de niet-bindende elektronenparen.
- Geef in het omkaderde deel met pijlen weer hoe elektronenparen worden verplaatst tijdens de reactie.

Op de onderlaag zijn poreuze elektrodes aangebracht. Op de negatieve elektrodes is het enzym lactaat-oxidase (LOx) aanwezig. Op de positieve elektrodes is Ag_2O aangebracht.
In figuur 2 is schematisch weergegeven welke reacties in de elektrodes verlopen.

figuur 2



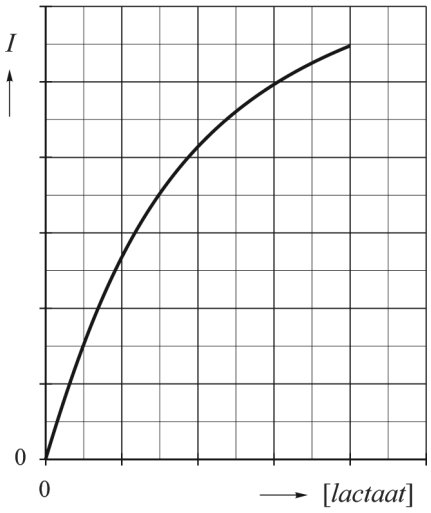
Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Tijdens lichamelijke inspanning ontstaat in de spieren melkzuur (2-hydroxypropaanzuur, $C_3H_6O_3$). Een deel van het melkzuur wordt met het zweet uitgescheiden. In zweet bevinden zich hierdoor H^+-ionen en lactaat-ionen (de zuurrest-ionen van melkzuur).
Het enzym (LOx) maakt de omzetting van de lactaat-ionen naar $C_3H_3O_3^-$-ionen mogelijk.

2p **22** Geef met behulp van figuur 2 de vergelijkingen van beide halfreacties. Gebruik molecuulformules voor organische deeltjes.

De onderzoekers hebben onderzocht hoe de stroomsterkte I afhangt van de concentratie lactaat. In figuur 3 zijn de resultaten van hun metingen vereenvoudigd weergegeven.

figuur 3



Figuur 3 kan ook worden gelezen als een diagram waarin de reactiesnelheid van de omzetting van lactaat is uitgezet tegen de concentratie lactaat. Men zorgde ervoor dat tijdens het experiment de hoeveelheid Ag_2O en enzym niet veranderde.

1p **23** Verklaar dat bij hogere concentraties lactaat de reactiesnelheid minder toeneemt dan bij lagere concentraties.

In een praktijkproef werd een pleister op de arm van een sporter bevestigd. Tijdens lichamelijke inspanning werd gedurende 10 minuten gemiddeld een lading van $1{,}2 \cdot 10^{-3}$ C per seconde getransporteerd.
Een mol elektronen heeft een lading van $9{,}65 \cdot 10^4$ C.

4p **24** Bereken de massa in gram lactaat ($C_3H_5O_3^-$) die in die tijd is omgezet.
Neem aan dat in de brandstofcel geen andere reacties optreden.
Geef de uitkomst in het juiste aantal significante cijfers.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

uitwerkbijlage

Naam kandidaat _____ Kandidaatnummer _____

3

diagram 1

zonder katalysator

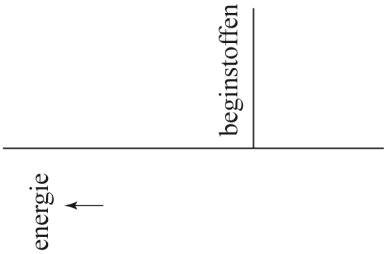
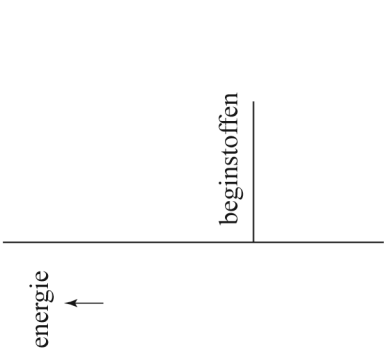


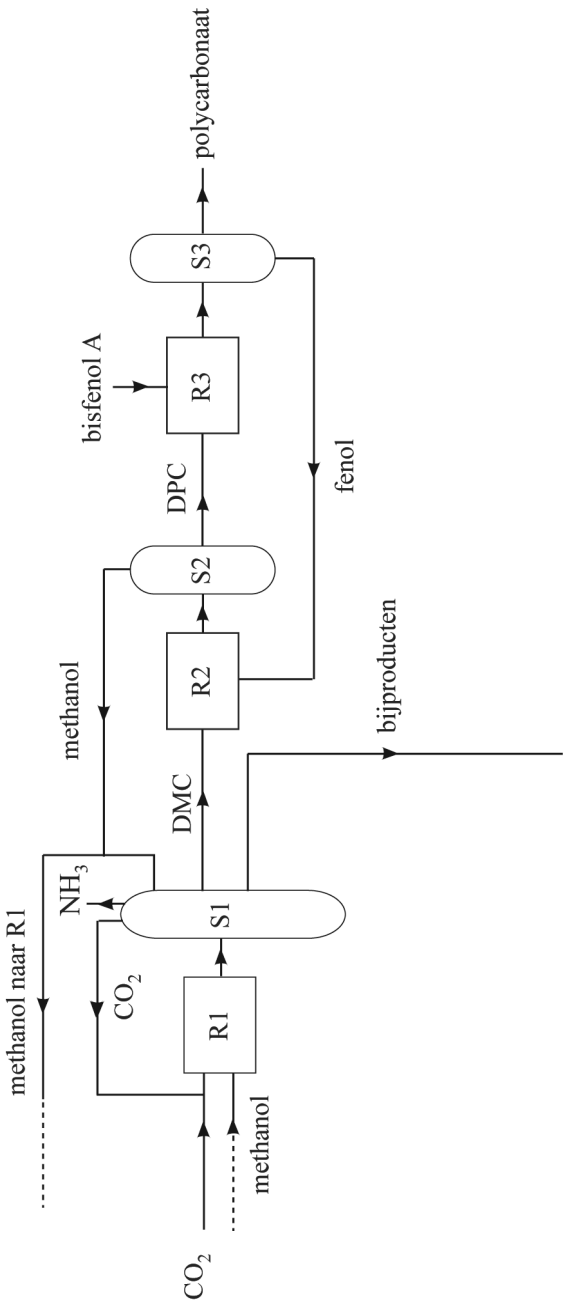
diagram 2

met katalysator



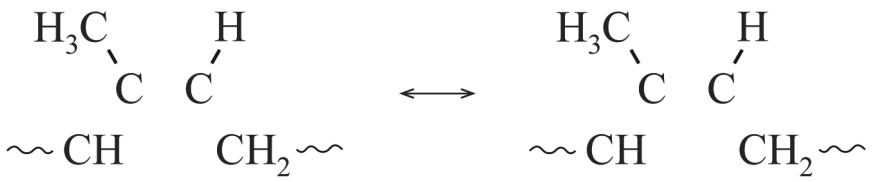
Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

7



Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

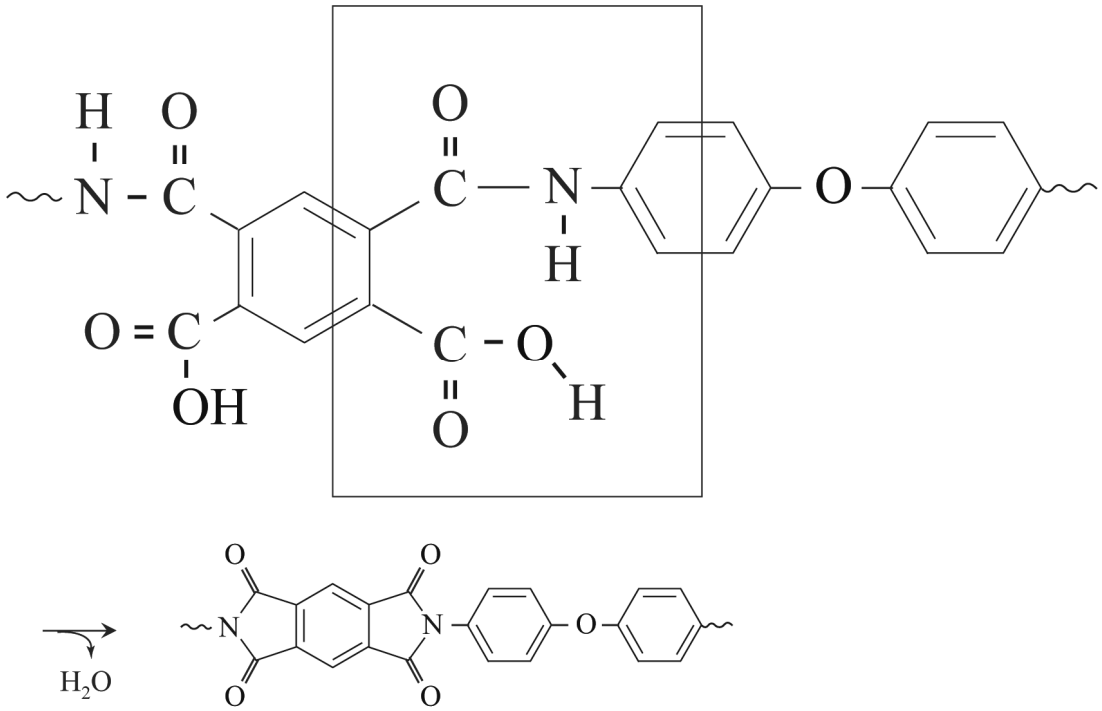
13



15

	concentratie lager dan normaal	concentratie hoger dan normaal	concentratie veel hoger dan normaal
P			
Q			
R			

21



VERGEET NIET DEZE UITWERKBIJLAGE IN TE LEVEREN

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Examen VWO

2022

tijdvak 2
tijdsduur: 3 uur

scheikunde

Bij dit examen hoort een uitwerkbijlage.

Achter het correctievoorschrift is een aanvulling op het correctievoorschrift opgenomen.

Dit examen bestaat uit 25 vragen.
Voor dit examen zijn maximaal 63 punten te behalen.
Voor elk vraagnummer staat hoeveel punten met een goed antwoord behaald kunnen worden.

Als bij een vraag een verklaring, uitleg, berekening of afleiding gevraagd wordt, worden aan het antwoord meestal geen punten toegekend als deze verklaring, uitleg, berekening of afleiding ontbreekt.

Geef niet meer antwoorden (redenen, voorbeelden e.d.) dan er worden gevraagd.
Als er bijvoorbeeld twee redenen worden gevraagd en je geeft meer dan twee redenen, dan worden alleen de eerste twee in de beoordeling meegeteld.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Tenzij anders vermeld, is er sprake van standaardomstandigheden:
T = 298 K en p = p_0.

Cadmiumgeel

In de negentiende en begin twintigste eeuw werden door de chemische industrie veel nieuwe pigmenten ontwikkeld, zoals cadmiumgeel (cadmiumsulfide, CdS). Cadmiumgeel werd onder andere gemaakt door de reactie van cadmiumcarbonaat met zwavel (S). Bij deze reactie ontstaan behalve cadmiumsulfide ook zwaveldioxide en koolstofdioxide.

2p **1** Geef de vergelijking van deze vorming van cadmiumsulfide uit zwavel en cadmiumcarbonaat.

3p **2** Bereken de massa in gram zwavel die minimaal nodig is om $1{,}0\ kg$ cadmiumcarbonaat volledig om te zetten tot cadmiumsulfide.
Geef de uitkomst in het juiste aantal significante cijfers.

Bij deze productie werd zwavel in overmaat toegevoegd. De overgebleven zwavel kon na afloop van de reactie gemakkelijk worden gescheiden van de gevormde cadmiumsulfide door het verkregen mengsel te verwarmen. Hierbij verdampt de zwavel maar de cadmiumsulfide niet.

2p **3** Leg uit dat zwavel bij een lagere temperatuur verdampt dan cadmiumsulfide. Neem hier aan dat zwavel bestaat uit deeltjes S_8.
– Gebruik hierbij begrippen op microniveau.
– Benoem de bindingstypes in beide stoffen.

Helaas bleek cadmiumgeel op de lange termijn niet chemisch stabiel. Op verschillende schilderijen zijn drie opeenvolgende aantastingen van cadmiumgeel waargenomen:
– verbleking door de vorming van cadmiumsulfaat.
– de vorming van kleine witte vlekken waarin vooral cadmiumsulfaat-monohydraat aanwezig is.
– verkleuring door onder andere de vorming van lood(II)sulfaat $PbSO_4$. Deze verkleuring trad alleen op nadat vernis was aangebracht op een al aangetast schilderij.

De omzetting van cadmiumgeel met zuurstof tot cadmiumsulfaat-monohydraat treedt alleen op in vochtige lucht.

2p **4** Geef de vergelijking van de omzetting van cadmiumgeel tot cadmiumsulfaatmonohydraat.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Behalve cadmiumsulfaatmonohydraat ontdekte men in de witte vlekken een ander zout. In dit zout zijn cadmiumionen en sulfaationen in de molverhouding $2 : 3$ aanwezig. Behalve deze ionen is er nog één andere ionsoort aanwezig. Op grond van de gevonden samenstelling van het zout vermoedden de onderzoekers dat een van de schilderijen ooit met een oplossing van ammoniak is schoongemaakt.

2p **5** Geef een mogelijke verhoudingsformule van het gevonden zout.

Tijdens periodes met hoge luchtvochtigheid lossen de zouten die in een verflaag aanwezig zijn enigszins op. Dit wordt veroorzaakt doordat zich dan bijvoorbeeld het evenwicht $CdSO_4 \rightleftharpoons Cd^{2+} + SO_4^{2-}$ kan instellen in de verflaag. De gehydrateerde ionen kunnen vervolgens door verf- en vernislagen heen bewegen.
Voor het evenwicht $CdSO_4 \rightleftharpoons Cd^{2+} + SO_4^{2-}$ geldt $K_s = [Cd^{2+}][SO_4^{2-}]$.
K_s is het zogenoemde oplosbaarheidsproduct. De waardes van K_s van enkele stoffen zijn in de tabel gegeven.

tabel

stof	**formule**	**K_s = …**	**waarde van K_s**
cadmiumsulfaat	$CdSO_4$	$[Cd^{2+}][SO_4^{2-}]$	$5{,}3 \cdot 10^{-1}$
lood(II)sulfaat	$PbSO_4$	$[Pb^{2+}][SO_4^{2-}]$	$1{,}7 \cdot 10^{-8}$
lood(II)ethanoaat	$Pb(CH_3COO)_2$	$[Pb^{2+}][CH_3COO^-]^2$	$2 \cdot 10^{1}$

Op een schilderij waar het cadmiumgeel al deels was omgezet tot cadmiumsulfaat is in het verleden een laag vernis aangebracht.
De gebruikte vernis bevatte als enige loodverbinding lood(II)ethanoaat ($Pb(CH_3COO)_2$). Zowel in de verflaag als in de vernislaag is door de onderzoekers vast lood(II)sulfaat ($PbSO_4$) aangetroffen.

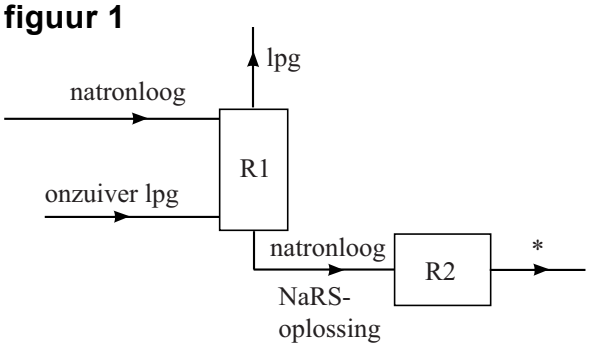
3p **6** Leg uit, onder andere met behulp van evenwichtsbeschouwingen, dat lood(II)sulfaat aanwezig is in de vernislaag als gevolg van periodes met hoge luchtvochtigheid.
Neem aan dat de waardes in de tabel ook gelden onder de omstandigheden in een verflaag tijdens periodes van hoge luchtvochtigheid.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Merox

Het Merox-proces is een industrieel proces om zwavelhoudende verbindingen te verwijderen uit aardolieproducten zoals lpg. Lpg is een mengsel van koolwaterstoffen met een laag kookpunt.
De zwavelhoudende verbindingen kunnen worden aangeduid met R–SH, waarbij de groep R staat voor een koolwaterstofketen. In figuur 1 is het blokschema van het Merox-proces onvolledig weergegeven.

figuur 1



Het is niet mogelijk om lpg en R–SH te scheiden met behulp van water. Daarom wordt het gasvormige, nog onzuivere lpg in reactor 1 (R1) in contact gebracht met een overmaat natronloog. In R1 reageren de zwavelhoudende verbindingen volgens reactie 1.

$$R\text{–}SH\ (g) + OH^-\ (aq) \rightarrow R\text{–}S^-\ (aq) + H_2O\ (l) \qquad \text{(reactie 1)}$$

In een basische oplossing kunnen de zwavelhoudende verbindingen wel van het lpg worden afgescheiden. Dit wordt veroorzaakt door de vorming van bindingen tussen watermoleculen en deeltjes die in R1 zijn ontstaan.

1p **7** Geef de naam van de scheidingsmethode die wordt toegepast in R1.

3p **8** Voer de volgende opdrachten uit:
- Leg uit dat het niet mogelijk is om lpg en R–SH te scheiden met behulp van water.
- Leg uit dat de scheiding in R1 wel mogelijk is in een basische oplossing. Benoem hierbij het bindingstype / de bindingtypes die een rol speelt/spelen bij de scheiding.

Het reactiemengsel wordt onderin R1 afgetapt en doorgevoerd naar reactor 2 (R2). In R2 wordt een overmaat lucht door de oplossing afkomstig van R1 geleid, waarbij disulfides (R–S–S–R) worden gevormd. De totaalvergelijking van de reacties die in R1 en R2 verlopen, is hieronder weergegeven.

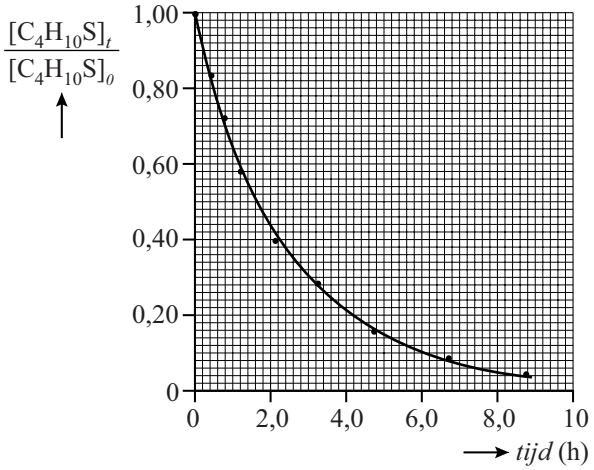
$$4\ R\text{–}SH + O_2 \rightarrow 2\ R\text{–}S\text{–}S\text{–}R + 2\ H_2O \qquad \text{(totaalreactie)}$$

2p **9** Geef de vergelijking van de reactie die verloopt in R2.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

In een onderzoek is de omzettingssnelheid van R–SH tot R–S–S–R nader onderzocht. Men onderzocht de omzetting van butaanthiol ($C_4H_{10}S$) in natronloog. Hierbij werd op verschillende tijdstippen de fractie $\frac{[C_4H_{10}S]_t}{[C_4H_{10}S]_0}$ bepaald. In figuur 2 zijn de resultaten van een meting weergegeven.

figuur 2



Op $t = 0$ bevatte het mengsel 372 massa-ppm butaanthiol.
De molaire massa van butaanthiol is $90{,}2\ g\ mol^{-1}$. De dichtheid van het reactiemengsel was $0{,}75\ kg\ L^{-1}$.

5p **10** Bereken met behulp van figuur 2 de gemiddelde omzettingssnelheid van butaanthiol in $mol\ L^{-1}\ s^{-1}$ tussen $t = 0$ en $t = 2{,}0\ h$.
Geef de uitkomst in het juiste aantal significante cijfers.

In scheidingsruimte 1 (S1) wordt het vloeibare mengsel afkomstig uit R2 gescheiden. De laag met daarin de vloeibare disulfides (R–S–S–R) wordt als afval afgevoerd. De laag met natronloog bevat geen organische stoffen, zodat het natronloog kan worden hergebruikt in het proces.
Om de reactie in R1 steeds onder gelijke omstandigheden te laten verlopen, moet het natronloog een bewerking ondergaan voordat het kan worden teruggevoerd.

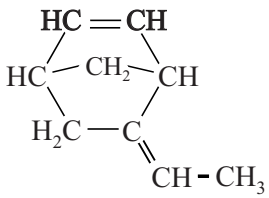
2p **11** Leg uit welke bewerking het natronloog moet ondergaan voordat het kan worden teruggevoerd.

3p **12** Maak het blokschema op de uitwerkbijlage compleet.
- Teken de ontbrekende scheidingsruimte(n).
- Teken ontbrekende stofstromen. Houd hierbij rekening met hergebruik van stoffen.
- Waar in het blokschema een * voorkomt, hoef je niets aan te geven.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

EPDM-rubber

EPDM-rubber is een synthetische rubbersoort, die veel wordt gebruikt in de auto-industrie voor bijvoorbeeld afdichtingsstrips en raamrubbers.
Bij de productie van EPDM-rubber wordt eerst thermoplastisch EPDM (t-EPDM) gemaakt.
Hierbij ondergaat een mengsel van etheen, propeen en een zogeheten dieen een additie-polymerisatie.
Een veelgebruikt dieen hierbij is ethylideen-norborneen (ENB). De structuurformule van ENB is hiernaast weergegeven. Bij de vorming van t-EPDM reageert alleen de C=C-binding die zich in de ring bevindt.



ENB

3p **13** Teken de structuurformule van een gedeelte van een molecuul t-EPDM.
Dit gedeelte moet komen uit het midden van een molecuul en moet bestaan uit één eenheid van etheen, propeen en ENB.

De polymerisatie tot t-EPDM verloopt onder invloed van een katalysator. Er zijn twee types katalysator beschikbaar:
– Type 1: hiermee wordt de vorming van een willekeurig (random) copolymeer bevorderd;
– Type 2: hiermee wordt de vorming van een blok-copolymeer bevorderd.

Het blijkt dat de keuze van het type katalysator een sterke invloed heeft op de vorming van kristallijne gebieden in het t-EPDM. In een kristallijn gebied vertonen de polymeerketens een grote mate van ordening.
In t-EPDM zijn geen crosslinks aanwezig tussen de polymeerketens.

2p **14** Leg uit of toepassing van een katalysator type 2 bij de polymerisatie leidt tot een groter of kleiner percentage kristallijne gebieden.
Gebruik hierbij Binas-tabel 66F of ScienceData-tabel 11.1.3.

De vervormbaarheid van t-EPDM wordt minder naarmate het materiaal meer kristallijne gebieden bevat.

2p **15** Leg uit dat t-EPDM met een groot percentage kristallijne gebieden een kleinere vervormbaarheid heeft dan t-EPDM met een klein percentage kristallijne gebieden. Gebruik hierbij begrippen op microniveau.

Het t-EPDM wordt vervolgens omgezet tot het eindproduct EPDM-rubber.
Tot voor kort werd EPDM-rubber geproduceerd op basis van fossiele grondstoffen. In Brazilië gebruikt men nu bio-ethanol uit suikerriet in plaats van aardolie als grondstof voor het benodigde etheen. De omzetting van ethanol tot etheen is hieronder weergegeven.

$$C_2H_6O\ (l) \rightarrow C_2H_4\ (g) + H_2O\ (l) \qquad \text{(reactie 1)}$$

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Het etheen afkomstig uit reactie 1 wordt vervolgens gebruikt om EPDM-rubber te produceren onder de merknaam Keltan®-Eco.
Biogebaseerde producten worden gecontroleerd om misbruik van belastingvoordelen te voorkomen. Hiertoe wordt het gehalte ^{14}C-atomen in het product bepaald. ^{14}C-atomen worden in de atmosfeer door kosmische straling gevormd uit ^{14}N-atomen. Uit de ^{14}C-atomen wordt in de atmosfeer snel $^{14}CO_2$ gevormd. Het gehalte ^{14}C in de atmosfeer is constant. Het gehalte ^{14}C in biomassa bedraagt hierdoor gemiddeld $1{,}5 \cdot 10^{-6}$ ppm van alle C-atomen.
De ^{14}C-atomen worden in de loop van de tijd door radioactief verval omgezet tot ^{14}N-atomen.

2p **16** Leg uit of het gehalte ^{14}C in Keltan®-Eco hoger of lager is dan in EPDM-rubber dat is geproduceerd op basis van fossiele grondstoffen.

Reactie 1 is endotherm. De benodigde warmte wordt in het proces geleverd door verbranding van de resten van het suikerriet.

4p **17** Bereken de massa in kilogram suikerriet-resten die nodig is om de energie te leveren voor de omzetting van 1,0 ton ethanol tot etheen.
– Gebruik Binas-tabel 28B en 57 of ScienceData-tabel 8.7b en 9.2.
– Neem aan dat de suikerriet-resten volledig bestaan uit hout.
– Een ton is 10^3 kg.

De omzetting van ethanol tot etheen vindt plaats aan het oppervlak van een aluminiumoxide-katalysator. Op de uitwerkbijlage is een deel van het oppervlak weergegeven. Uit onderzoek is gebleken dat de OH-groepen en de O^--groepen aan het oppervlak een belangrijke rol spelen in de katalytische werking. Men vermoedt dat hierbij waterstofbruggen worden gevormd tussen moleculen ethanol en de aanwezige groepen op het oppervlak.

2p **18** Teken op de uitwerkbijlage hoe een molecuul ethanol met twee waterstofbruggen gebonden is aan het oppervlak. Geef elke waterstofbrug weer met een stippellijn.

Per mol monomeereenheden van Keltan®-Eco is gemiddeld 0,55 mol etheen, 0,40 mol propeen (C_3H_6) en 0,050 mol ENB aanwezig.

4p **19** Bereken het volume in liter propeen dat minimaal nodig is om 1,0 kg Keltan®-Eco te produceren. Gebruik hierbij onder andere de volgende gegevens:
– De dichtheid van propeen is 1,75 kg m^{-3}.
– De gemiddelde molaire massa van een monomeereenheid van Keltan®-Eco is 38,3 g mol^{-1}.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

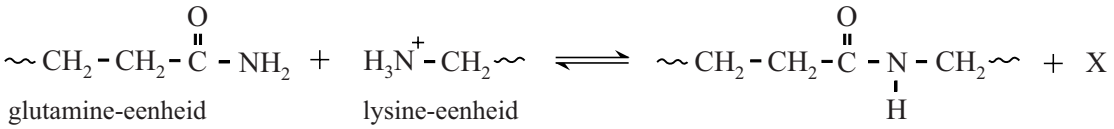
Voedsellijm

In de voedselindustrie wordt soms het enzym transglutaminase (TG) gebruikt om reststukjes vlees aan elkaar te lijmen tot grotere stukken.
Het enzym katalyseert de koppeling van de restgroepen van de aminozuureenheden glutamine en lysine die aanwezig zijn in peptideketens.

2p **20** Leg uit, aan de hand van deze gegevens, of door deze omzetting de primaire structuur van de peptideketens in de eiwitten verloren gaat.

In figuur 1 is de koppeling van de restgroepen van een glutamine-eenheid en een lysine-eenheid in verschillende peptideketens schematisch en onvolledig weergegeven.

figuur 1



1p **21** Geef de formule van het deeltje X.

Wanneer geen lysine-restgroepen of ongebonden aminozuren beschikbaar zijn, katalyseert TG ook de reactie tussen de restgroep van glutamine-eenheden en water. Hierbij wordt een andere aminozuur-eenheid gevormd en ontstaat ammoniak. Deze omzetting is op de uitwerkbijlage onvolledig weergegeven.

2p **22** Maak de vergelijking op de uitwerkbijlage compleet en geef de naam van de aminozuureenheid die hierbij wordt gevormd.

De koppeling die in de figuur is weergegeven, verloopt in een breed pH-gebied. De reactie verloopt alleen als de restgroep van de lysine-eenheid positief geladen is. Bij de gemiddelde pH van bloed zijn de aminogroepen in de restgroepen van lysine-eenheden grotendeels omgezet tot $\sim NH_3^+$-groepen. De waarde van de K_z van de NH_3^+-groep is $6{,}3 \cdot 10^{-11}$.

4p **23** Laat met een berekening zien dat bij $pH = 7{,}40$ het percentage aminogroepen van lysine-eenheden dat aanwezig is als $\sim NH_2$ kleiner is dan $2{,}0\%$.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

De NH_2-groep in de restgroep van glutamine is een veel zwakkere base dan de NH_2-groep in de restgroep van lysine. Dit kan worden verklaard met behulp van een grensstructuur van de restgroep van glutamine. In deze grensstructuur komen formele ladingen voor. Op de uitwerkbijlage is deze grensstructuur onvolledig weergegeven.

2p **24** Maak op de uitwerkbijlage deze grensstructuur compleet. De atomen in de grensstructuur moeten voldoen aan de octetregel.
– Teken ontbrekende elektronenparen.
– Geef formele ladingen aan.

In het reactiemechanisme van de koppeling van glutamine en lysine door TG spelen twee aminozuureenheden in het actieve centrum van TG een rol: His373 en Cys314. Op de uitwerkbijlage is een stap uit dit mechanisme onvolledig weergegeven.
In deze stap wordt een eenheid Lys gekoppeld aan een eenheid Gln die al aan aminozuureenheid Cys314 van TG was gekoppeld.

3p **25** Maak op de uitwerkbijlage het reactiemechanisme compleet.
– Teken links van de pijl de niet-bindende elektronenparen.
– Geef links van de pijl met pijlen weer hoe elektronenparen worden verplaatst tijdens deze reactie.

Bronvermelding

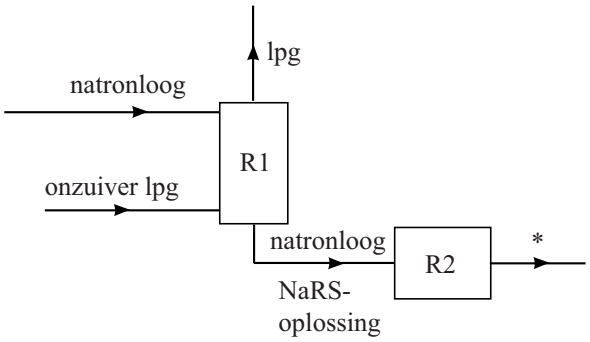
Een opsomming van de in dit examen gebruikte bronnen, zoals teksten en afbeeldingen, is te vinden in het bij dit examen behorende correctievoorschrift, dat na afloop van het examen wordt gepubliceerd.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

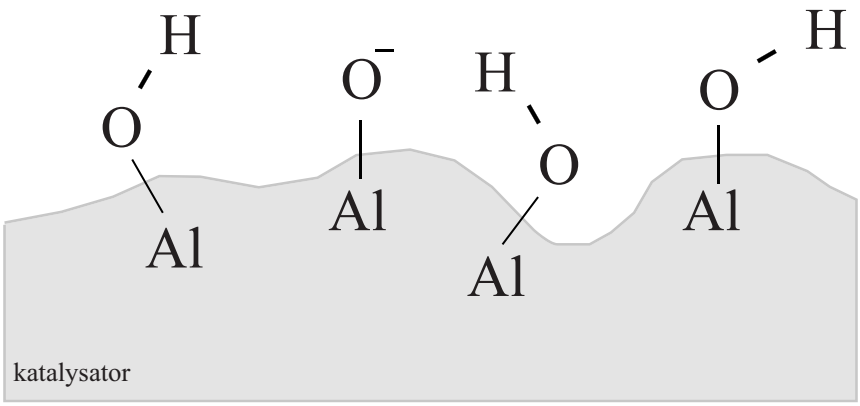
uitwerkbijlage

Naam kandidaat _____ Kandidaatnummer _____

12

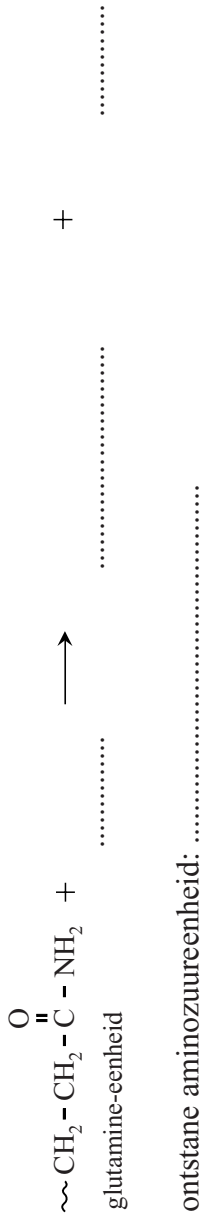


18

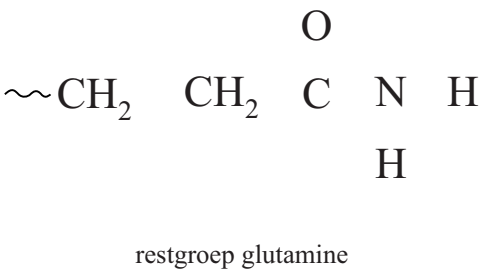


Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

22

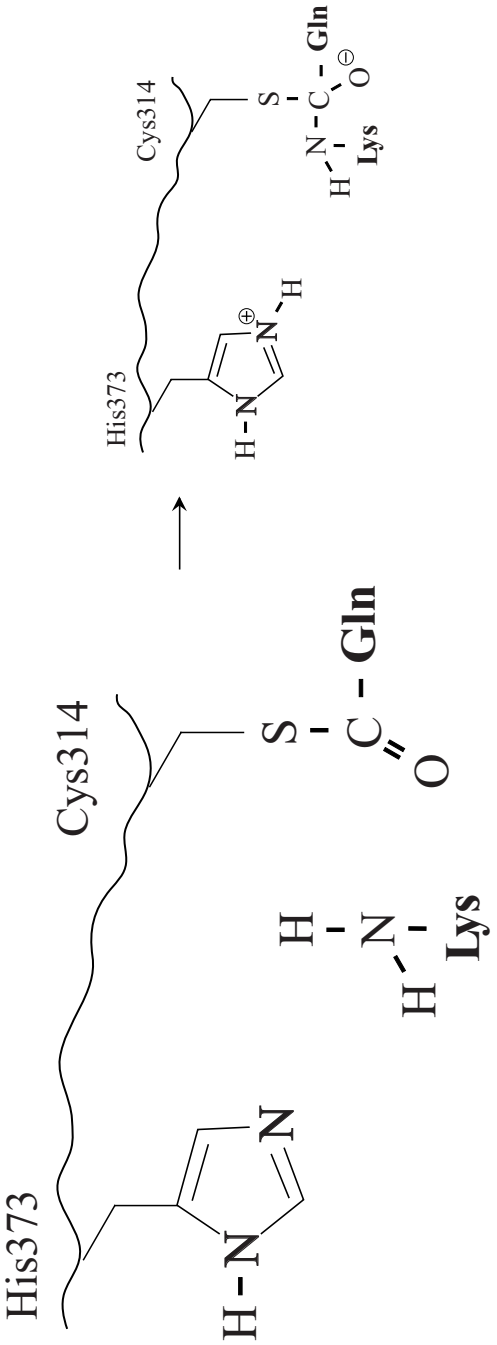


24



Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

25



VERGEET NIET DEZE UITWERKBIJLAGE IN TE LEVEREN

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Examen VWO

2022

tijdvak 3
dinsdag 5 juli
13.30 - 16.30 uur

scheikunde

Bij dit examen hoort een uitwerkbijlage.

Dit examen bestaat uit 24 vragen.
Voor dit examen zijn maximaal 66 punten te behalen.
Voor elk vraagnummer staat hoeveel punten met een goed antwoord behaald kunnen worden.

Als bij een vraag een verklaring, uitleg, berekening of afleiding gevraagd wordt, worden aan het antwoord meestal geen punten toegekend als deze verklaring, uitleg, berekening of afleiding ontbreekt.

Geef niet meer antwoorden (redenen, voorbeelden e.d.) dan er worden gevraagd. Als er bijvoorbeeld twee redenen worden gevraagd en je geeft meer dan twee redenen, dan worden alleen de eerste twee in de beoordeling meegeteld

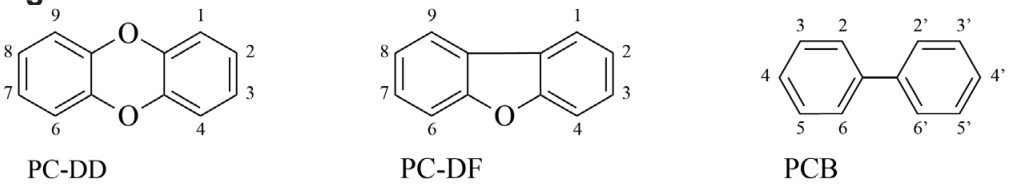
Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl

Tenzij anders vermeld, is er sprake van standaardomstandigheden:
$T = 298$ K en $p = p_0$.

Dioxines en PCB's

Dioxines en PCB's zijn zeer giftige chloorbevattende stoffen die zich gemakkelijk ophopen in vetweefsel. Onder de term dioxines vallen twee groepen stoffen: PC-DD's en PC-DF's. In figuur 1 is de basisstructuur van de PC-DD's, PC-DF's en PCB's weergegeven.

figuur 1

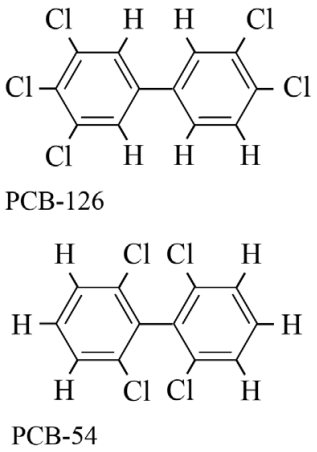


In elke weergegeven structuur kunnen een of meer waterstofatomen zijn vervangen door chlooratomen. In de afkortingen wordt daarom PC (polychloor) gebruikt.

3p **1** Geef het aantal mogelijke structuurisomeren voor elke groep stoffen in figuur 1, wanneer in de structuurformules één chlooratoom aanwezig is.
Noteer je antwoord als volgt:
PC-DD: … isomeren
PC-DF: … isomeren
PCB: … isomeren

In 1976 kwam in Seveso in Italië door een fout in de productie van 2,4,5-trichloorfenol een grote hoeveelheid 2,3,7,8-tetrachloor-DD vrij.
Deze stof is de giftigste dioxine. Men heeft ontdekt dat de toxische werking hiervan mede wordt veroorzaakt door de platte vorm van de moleculen.
In figuur 2 zijn de structuurformules van twee PCB's weergegeven. Een molecuul PCB-126 kan ook een platte vorm aannemen, wat mede verklaart waarom deze stof een vergelijkbare toxische werking heeft als 2,3,7,8-tetrachloor-DD. PCB-54 heeft deze toxische werking niet.

figuur 2

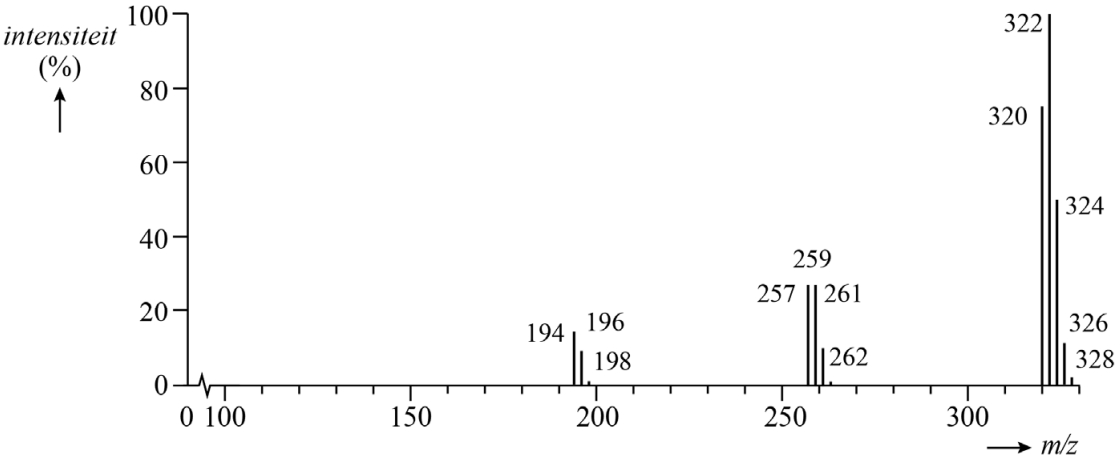


2p **2** Leg uit dat PCB-126 wel een platte vorm kan aannemen en PCB-54 niet. Gebruik hierbij begrippen op microniveau.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Dioxines ontstaan bij verbrandingsreacties, zowel in verbrandingsovens als bij natuurlijke branden. Eenmaal in het milieu terechtgekomen, hopen dioxines zich op in het vetweefsel van onder andere paling. Omdat paling wordt geconsumeerd, wordt regelmatig onderzocht of in paling dioxines aanwezig zijn. Hiertoe worden monsters van palingen genomen, waarna met massaspectrometrie wordt bepaald welke stoffen in de monsters aanwezig zijn. In figuur 3 is het massaspectrum van zuiver 2,3,7,8-tetrachloor-DD vereenvoudigd weergegeven.

figuur 3



De bundel van vijf pieken vanaf m/z = 320 is afkomstig van het molecuulion. De formule van het molecuulion is $C_{12}H_4O_2Cl_4^+$.

2p **3** Geef de isotopensamenstelling van het molecuulion met m/z = 322.
- Neem aan dat van alle isotopen van C, H en O alleen de meest voorkomende isotopen in het ion aanwezig zijn.
- Noteer van elke atoomsoort de isotoop en het aantal atomen.
- Gebruik hierbij Binas-tabel 25 of ScienceData-tabel 1.11.

In het massaspectrum zijn drie samenhangende piekenbundels te zien. Vanaf m/z = 320 zijn er vijf pieken van het molecuulion, vanaf m/z = 257 vier pieken van één fragmention en vanaf m/z = 194 drie pieken van één volgend fragmention. De piekenbundels ontstaan doordat telkens een fragment COCl afsplitst.

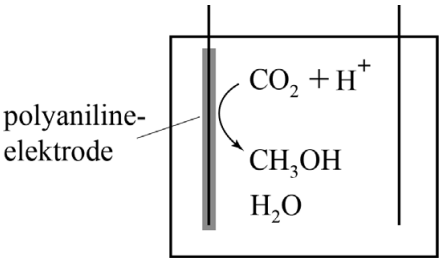
2p **4** Leg uit dat de piekenbundel bij m/z = 257 vier pieken bevat.
Neem aan dat van alle isotopen van C, H en O alleen de meest voorkomende isotopen in het ion aanwezig zijn.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Alcoholen uit CO_2

De stijging van het CO_2-gehalte in de atmosfeer heeft geleid tot onderzoek naar het gebruik van CO_2 als grondstof voor brandstoffen. Zo is bijvoorbeeld de elektrochemische omzetting van CO_2 tot methanol onderzocht. Hierbij is gebruikgemaakt van een elektrochemische cel zoals is weergegeven in figuur 1.

figuur 1



3p **5** Geef met behulp van figuur 1 de vergelijking van de halfreactie waarbij CO_2 wordt omgezet tot methanol.

De totaalvergelijking van de reactie in de elektrochemische cel is hieronder weergegeven.

$$2\ CO_2\ (g) + 4\ H_2O\ (l) \rightarrow 2\ CH_3OH\ (l) + 3\ O_2\ (g) \qquad \text{(totaalreactie)}$$

3p **6** Bereken de reactiewarmte van de totaalreactie per mol methanol.

De elektrode die in het onderzoek is gebruikt, was bedekt met een laagje polyaniline. Hiervoor is gekozen omdat door de polyaniline niet alleen elektrische energie maar ook lichtenergie kan worden overgedragen bij elektrochemische reacties. Het rendement van de omzetting van CO_2 tot methanol nam inderdaad sterk toe wanneer de elektrode werd belicht met een felle lamp. Men heeft de stroomsterkte tijdens de omzetting onderzocht, waarbij de volgende omstandigheden werden gekozen:
- De oplossing bevatte geen CO_2 (blanco) of was juist verzadigd met CO_2.
- De cel werd verlicht of verduisterd.

3p **7** Bereken de pH van een verzadigde oplossing van CO_2 in water.
- Ga er hierbij van uit dat CO_2 zich gedraagt als een eenwaardig zuur.
- De maximale oplosbaarheid van CO_2 bedraagt $5{,}31 \cdot 10^{-2}$ mol L^{-1}.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Voorafgaand aan de experimenten werd met een buffer de waarde van de pH ingesteld op 4 ofwel op 7.
De resultaten van de metingen zijn in de tabel weergegeven. De waardes in de tabel zijn de gemeten stroomsterktes in μA.

tabel

	blanco		**verzadigd met CO_2**	
	donker	**licht**	**donker**	**licht**
pH = 4	7	34	12	67
pH = 7	2	6	8	15

Uit de blanco metingen blijkt dat er ook stroom loopt als er geen CO_2 aanwezig is. De stoffen uit de gebruikte buffer kunnen niet als oxidator optreden, en verklaren dus ook niet de stroom die er loopt.
Op grond van de resultaten formuleerden de onderzoekers twee conclusies:

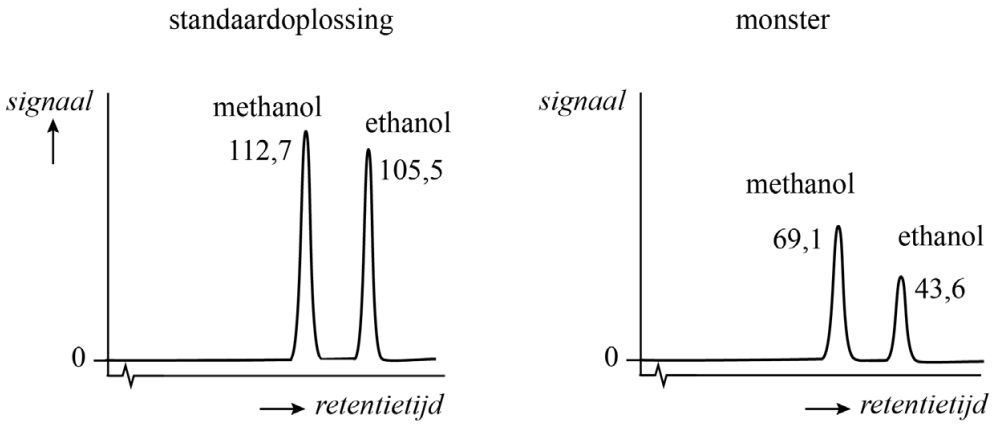
1 Aan de polyaniline elektrode verloopt ook de halfreactie $2\ H^+ + 2\ e^- \rightarrow H_2$.
2 De halfreactie $2\ H^+ + 2\ e^- \rightarrow H_2$ wordt ook versneld door de polyaniline elektrode.

3p **8** Geef met behulp van de tabel een onderbouwend argument voor elk van beide conclusies.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Uit onderzoek met gaschromatografie bleek dat er behalve methanol ook een aanzienlijke hoeveelheid ethanol aan de polyaniline elektrode wordt gevormd. In het onderzoek werd de ontstane molverhouding tussen ethanol en methanol bepaald.
Aangezien de detector een verschillende gevoeligheid kent voor ethanol en methanol werd eerst een chromatogram gemaakt met een standaardoplossing. Deze standaardoplossing bevatte ethanol en methanol in de molverhouding $1:1$.
In figuur 2 zijn het chromatogram van de standaardoplossing en dat van een monster weergegeven. Naast elke piek is het relatieve piekoppervlak genoteerd.

figuur 2



3p **9** Leg uit met behulp van figuur 2 of in deze bepalingen de stationaire fase meer of minder polair was dan de mobiele fase.

2p **10** Bereken met behulp van figuur 2 de molverhouding tussen methanol en ethanol in het monster.
Geef de verhouding weer als: methanol : ethanol = … : $1{,}0$.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Biodiesel uit sheaboter

De oliën en vetten uit sheanoten worden toegepast in onder andere cosmetica en margarine. De meest voorkomende vetzuren in deze triglyceriden in sheaboter zijn gegeven in tabel 1.

tabel 1

vetzuur	afkorting
linolzuur	L
oliezuur	O
palmitinezuur	P
stearinezuur	S

Onderzocht wordt of sheaboter ook geschikt is als grondstof voor biodiesel. Biodiesel wordt verkregen door de reactie van methanol met de triglyceriden. In deze reactie worden de vetzuren volledig omgezet tot methylesters.
Het meest voorkomende triglyceride in sheaboter wordt aangeduid met de afkorting SOS.

3p **11** Geef de vergelijking van de reactie van het triglyceride SOS met methanol. Gebruik hierbij voor de koolwaterstofrest van de vetzuren de notatie C_xH_y met de juiste getalwaarden voor x en y.

Behalve SOS komen nog andere triglyceriden in sheaboter voor.
In tabel 2 is de samenstelling van een monster sheaboter gegeven.

tabel 2

triglyceride	massapercentage (%)	molaire massa (g mol^{-1})
SOS	41,0	889
SOO	37,5	887
OOO	11,0	885
SLO	10,5	885

4p **12** Bereken het totale gehalte C=C-bindingen in mol per gram sheaboter.
Geef de uitkomst in het juiste aantal significante cijfers.

In een proefopstelling werd een monster van de gevormde biodiesel verbrand. Het bleek dat onder de gebruikte omstandigheden 10% van de koolstofatomen werd omgezet tot koolstofmono-oxide en de rest tot koolstofdioxide.

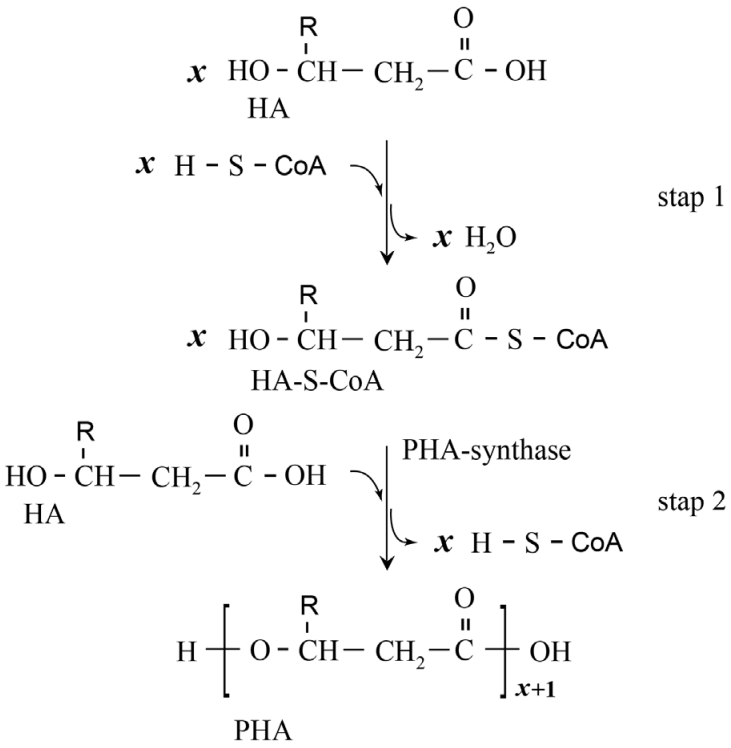
3p **13** Geef de vergelijking van de verbranding van deze biodiesel.
De gemiddelde molecuulformule van de biodiesel is $C_{18}H_{36}O_2$.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Bacteriële polymeren

PHA is de verzamelnaam van polyesters die door bacteriën worden gevormd. Deze polyesters worden door de bacterie gebruikt als reservestof. In de bacterie worden eerst allerlei voedingsstoffen omgezet tot een groep stoffen, hier aangeduid met HA. In de eerste stap van de productie van PHA wordt een molecuul van een HA gekoppeld aan het S-atoom van de biologische hulpstof ‘co-enzym-A’ (H-S-CoA).
Het gevormde HA-S-CoA wordt vervolgens onder invloed van het enzym PHA-synthase omgezet tot een polyester. Beide stappen van dit proces zijn in figuur 1 weergegeven.

figuur 1



In de structuur van een molecuul van een HA kan onder andere de groep R variëren. Hierdoor kunnen vele soorten PHA worden gevormd. De systematische naam van een polyester zoals PHA wordt gevormd door ‘poly-’ gevolgd door de systematische naam van het monomeer.

3p **14** Geef de systematische naam van het polymeer waarin R = C_2H_5.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Bij de vorming van PHA door PHA-syntase wordt telkens een nieuwe eenheid HA gekoppeld aan het zich vormende polymeer.
Het blijkt dat hierbij een molecuul HA-S-CoA op een specifieke manier georiënteerd is in het enzym. Dit is op de uitwerkbijlage bij vraag 16 weergegeven.
Deze oriëntatie wordt onder andere mogelijk doordat een atoomgroep van het HA-S-CoA een elektrostatische interactie heeft met de negatief geladen restgroep van een cysteïne-eenheid ~Cys⁻ in de peptideketen van PHA-synthase.

2p **15** Leg uit welke interactie/binding aanwezig is tussen een atoomgroep van HA-S-CoA en ~Cys⁻.

De weergegeven oriëntatie is voorwaarde voor de nucleofiele aanval van ~Cys⁻ op het molecuul HA-S-CoA. Hierbij wordt een eenheid HA gekoppeld aan de eiwitketen en komt een deeltje [S-CoA]⁻ vrij.

4p **16** Maak op de uitwerkbijlage het mechanisme compleet.
- Teken in de twee omkaderde delen de ontbrekende delen van de aminozuureenheden Phe en Cys⁻.
- Teken alleen bij de reeds getekende atomen de niet-bindende elektronenparen.
- Geef met pijlen weer hoe elektronenparen worden verplaatst tijdens deze reactie.

De bacteriën zetten voedingsstoffen via meerdere routes om in HA-S-CoA. Bij sommige routes blijven (delen van) de moleculen van de voedingsstof intact. Daardoor is het mogelijk om de R-groep in het PHA te wijzigen door de voeding van de bacteriën te wijzigen.
Een onderzoeksgroep is er in geslaagd om de bacteriën copolymeren te laten maken. Het bleek mogelijk om zowel willekeurige (random)-copolymeren als blok-copolymeren te verkrijgen. Om dit voor elkaar te krijgen, gaf men twee soorten voeding aan de bacteriën.
In experiment 1 werden de twee voedingsstoffen tegelijkertijd aangeboden, in experiment 2 werden de twee voedingsstoffen afwisselend aangeboden.

2p **17** Leg uit in welk experiment men een blok-copolymeer heeft verkregen. Gebruik hierbij Binas-tabel 66F of ScienceData-tabel 11.1.3.

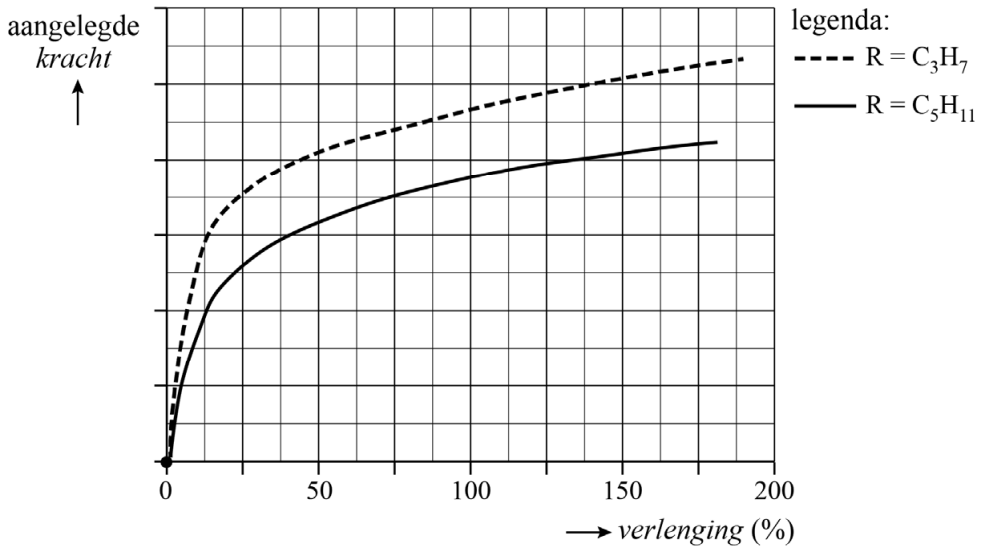
Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

De bacteriën produceren PHA als korrels. De onderzoekers hebben platte stroken van gelijk formaat gemaakt van verschillende monsters PHA-korrels.

2p **18** Leg uit of deze PHA's tot de thermoplasten of tot de thermoharders behoren.

Deze stroken zijn vervolgens onderworpen aan een trekproef. Hierbij wordt gemeten hoeveel langer een strook PHA wordt afhankelijk van de aangelegde kracht. In figuur 2 zijn de meetresultaten opgenomen van twee soorten PHA met verschillende R-groepen.

figuur 2



2p **19** Verklaar het verschil in meetresultaat tussen beide polymeren.
- Gebruik hierbij begrippen op microniveau.
- Neem aan dat de gemiddelde ketenlengte van beide polymeren gelijk is.

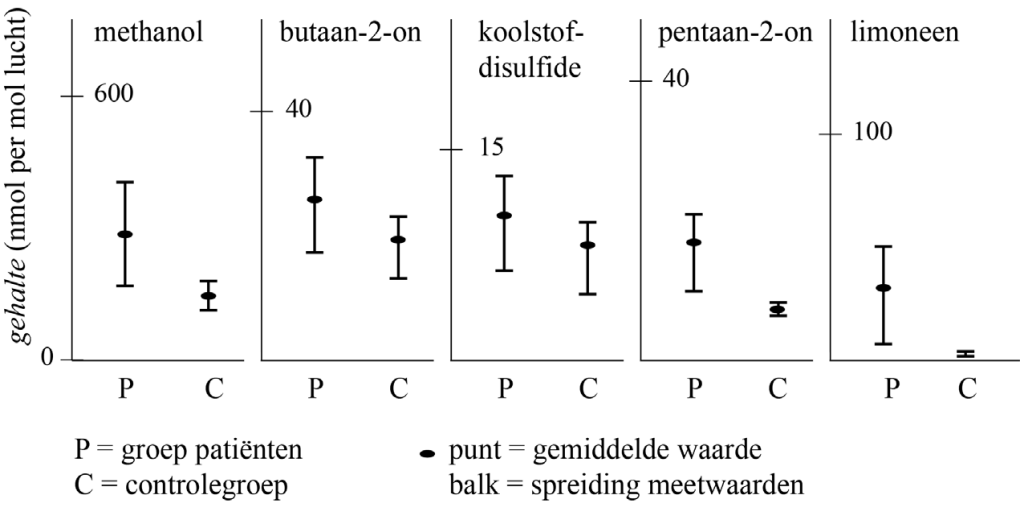
Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Ademtest voor leverziekte

Een leverziekte kan soms lang onopgemerkt blijven. Een goed functionerende lever breekt afvalstoffen uit bloed af, zodat de afvalstoffen kunnen worden uitgescheiden. Wanneer een lever slecht functioneert, worden sommige afvalstoffen niet meer goed afgebroken. Hierdoor kan de concentratie van deze afvalstoffen in de uitgeademde lucht van leverpatiënten hoger worden.
Een groep onderzoekers doet onderzoek naar een ademtest waarmee vroegtijdig een leverziekte kan worden opgespoord.
Van vijf stoffen is de concentratie gemeten in de uitgeademde lucht van twee groepen personen:
- een groep leverpatiënten die op de wachtlijst staan voor een levertransplantatie;
- een controlegroep van gezonde vrijwilligers.

De resultaten van de metingen zijn in de figuur weergegeven.

figuur



Op basis van deze gegevens concludeerden de onderzoekers dat een concentratiebepaling van limoneen kan worden gebruikt voor deze ademtest.

2p **20** Leg uit met behulp van de figuur welke twee onderzochte stoffen het **minst** geschikt zijn voor deze ademtest.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Bij de metingen werd onder andere gebruikgemaakt van ‘proton transfer massaspectrometrie’. Bij deze techniek treedt de ionisatie in de gasfase op door botsingen van H_3O^+-ionen met moleculen R van vluchtige organische verbindingen. De ionisatie kan als volgt worden voorgesteld:

$$H_3O^+ (g) + R (g) \rightarrow H_2O (g) + RH^+ (g)$$

Als in een molecuul R een zuurstofatoom voorkomt, bindt in deze reactie het waterstofion aan het zuurstofatoom.
Wanneer pentaan-2-on een waterstofion bindt, is mesomerie mogelijk in het gevormde molecuulion. Bij een van de grensstructuren van [pentaan-2-on–H]$^+$ voldoet een atoom niet aan de octetregel.

3p **21** Voer de volgende opdrachten uit:
- Teken de twee grensstructuren van [pentaan-2-on–H]$^+$.
- Geef formele ladingen aan.

Bij geprotoneerd limoneen ($C_{10}H_{17}^+$, $m/z = 137$) treden fragmentaties op, waarbij telkens een neutraal deeltje en een geladen deeltje worden gevormd.
De geladen fragmenten die ontstaan, geven respectievelijk pieken bij $m/z = 67$ en $m/z = 81$ en $m/z = 95$.
De neutrale fragmenten die hierbij worden afgesplitst, behoren tot een klasse van koolwaterstoffen.

3p **22** Leg uit met behulp van een berekening tot welke klasse van koolwaterstoffen de neutrale fragmenten behoren.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Limoneen is aanwezig in vetweefsel, in bloed en in de adem.
De onderzoekers wilden op basis van de gemeten concentratie limoneen in de adem een schatting maken van de hoeveelheid limoneen die is opgehoopt in het vet van een leverpatiënt. Hiertoe hebben ze experimenten uitgevoerd waarin de verdeling van limoneen tussen olijfolie en bloed en tussen bloed en lucht is bepaald. Ze namen hierbij aan dat olijfolie en vetweefsel vergelijkbare oplosmiddelen zijn voor limoneen.
De verdeling van limoneen over deze drie fases is hieronder voorgesteld met twee evenwichten.

limoneen (vet) $\rightleftharpoons$ limoneen (bloed) $\qquad K_1 = 7{,}1 \cdot 10^{-3}$

limoneen (bloed) $\rightleftharpoons$ limoneen (lucht) $\qquad K_2 = 2{,}8 \cdot 10^{-2}$

De concentratie limoneen wordt bij de berekening van K uitgedrukt in mol L^{-1}. Bij een patiënt bedroeg de concentratie limoneen in de uitgeademde lucht $0{,}10$ volume-ppm.
Aan de hand van bovenstaande gegevens en aannames kan worden berekend dat de concentratie limoneen in het vetweefsel van deze patiënt $2{,}1 \cdot 10^{-5}\ \text{mol L}^{-1}$ bedraagt.

3p **23** Toon dit aan door middel van een berekening.
Het molair volume van een gas is $2{,}45 \cdot 10^{-2}\ \text{m}^3\ \text{mol}^{-1}$.

De patiënt had een massa van 85 kg en een vetpercentage van 35 massa%.
De gemiddelde dichtheid van lichaamsvet is $0{,}90\ \text{kg L}^{-1}$.

4p **24** Bereken de massa in gram limoneen die in het vetweefsel van de patiënt is opgeslagen.
Geef de uitkomst in het juiste aantal significante cijfers.

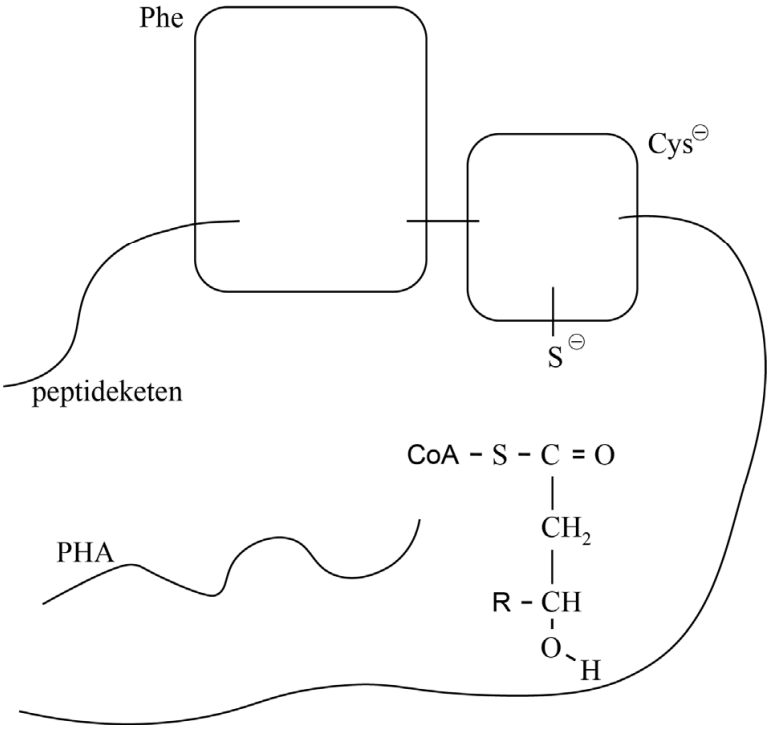
Bronvermelding
Een opsomming van de in dit examen gebruikte bronnen, zoals teksten en afbeeldingen, is te vinden in het bij dit examen behorende correctievoorschrift, dat na afloop van het examen wordt gepubliceerd.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

uitwerkbijlage

Naam kandidaat _____ Kandidaatnummer _____

16



VERGEET NIET DEZE UITWERKBIJLAGE IN TE LEVEREN

einde ■

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Examen VWO

2021

tijdvak 1
woensdag 26 mei
13.30 - 16.30 uur

scheikunde

Bij dit examen hoort een uitwerkbijlage.

Maak zo nodig gebruik van Binas of ScienceData.

Dit examen bestaat uit 23 vragen.
Voor dit examen zijn maximaal 63 punten te behalen.
Voor elk vraagnummer staat hoeveel punten met een goed antwoord behaald kunnen worden.

Als bij een vraag een verklaring, uitleg, berekening of afleiding gevraagd wordt, worden aan het antwoord meestal geen punten toegekend als deze verklaring, uitleg, berekening of afleiding ontbreekt.

Geef niet meer antwoorden (redenen, voorbeelden e.d.) dan er worden gevraagd. Als er bijvoorbeeld twee redenen worden gevraagd en je geeft meer dan twee redenen, dan worden alleen de eerste twee in de beoordeling meegeteld.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Tenzij anders vermeld, is er sprake van standaardomstandigheden:
$T = 298$ K en $p = p_0$.

‘Groene’ verf?

Om textiel te verven, worden pigmenten gebruikt die slecht in water oplossen. Deze pigmenten zijn apolaire vaste stoffen die zich tijdens het verven hechten aan het oppervlak van de textielvezels. Met een vezel wordt in deze opgave een bundel polymeerketens bedoeld.
Omdat het verven plaatsvindt in water, worden emulgatoren gebruikt om de pigmenten te mengen met het water. Na afloop van het verven komen deze milieubelastende emulgatoren in het afvalwater terecht.
Het Nederlandse bedrijf DyeCoo heeft een verftechniek ontwikkeld waarbij geen afvalwater vrijkomt. In het proces wordt superkritisch CO_2 gebruikt als oplosmiddel. Superkritisch CO_2 is CO_2 dat bij $T = 120$ °C is samengeperst tot $p = 300$ bar. In deze opgave mag je aannemen dat het CO_2 zich dan als een vloeistof gedraagt.
Het superkritisch CO_2 is ook apolair, zodat de pigmenten in superkritisch CO_2 oplossen zonder gebruik van emulgatoren.

2p **1** Geef de structuurformule van CO_2 en leg daarmee uit dat CO_2 een apolaire stof is.

De verftechniek van DyeCoo is vooral geschikt voor het verven van polyester kledingmateriaal. Als het CO_2 in contact komt met polyester, zwellen de vezels op. Dit komt doordat de CO_2-moleculen tussen de apolaire polymeerketens dringen.
Een gevolg van het opzwellen is dat een sterkere kleuring van polyester kan worden verkregen dan met de op water gebaseerde verfmethode.

1p **2** Geef aan waarom het opzwellen van de polyestervezels tot gevolg heeft dat een sterkere kleuring van het polyester kan worden verkregen.

Wanneer het polyester enige tijd is behandeld met de pigment-oplossing, wordt het polyester gescheiden van de pigment-oplossing.
Het mengsel van superkritisch CO_2 en het overgebleven pigment wordt gescheiden, zodat het pigment kan worden hergebruikt.

2p **3** Leg uit hoe men het superkritisch CO_2 van het overgebleven pigment kan scheiden.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Het proces van DyeCoo is met een aantal aanpassingen ook te gebruiken voor katoen. Het katoen wordt dan voorbehandeld met een oplossing van methanol in superkritisch CO_2. Hierdoor zwelt het katoen op. Daarna wordt een stroom superkritisch CO_2 met een zogeheten reactief pigment doorgeleid.
Een reactief pigment wordt gevormd door een geschikt pigment te laten reageren met dichloortriazine. Het gevormde reactieve pigment reageert vervolgens met het katoen. Deze reactie is op de uitwerkbijlage schematisch en onvolledig weergegeven.
De reactie van het reactieve pigment met katoen is een substitutiereactie. Het O-atoom van een OH-groep van katoen valt als nucleofiel aan op één van de twee C-atomen waaraan een Cl-atoom is gebonden.

2p **4** Maak de reactievergelijking op de uitwerkbijlage compleet.
Gebruik schematische structuurformules zoals op de uitwerkbijlage.

Het reactieve pigment wordt in ondermaat toegevoegd ten opzichte van de OH-groepen in het katoen. Wanneer methanol ook tijdens het verven wordt bijgemengd, blijkt dat het percentage pigmentmoleculen dat aan het katoen is gebonden, terugloopt.

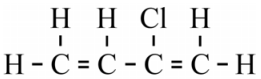
2p **5** Leg uit dat het percentage gebonden pigmentmoleculen lager is wanneer methanol ook tijdens het verven aanwezig is in het mengsel.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Ga verder op de volgende pagina.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

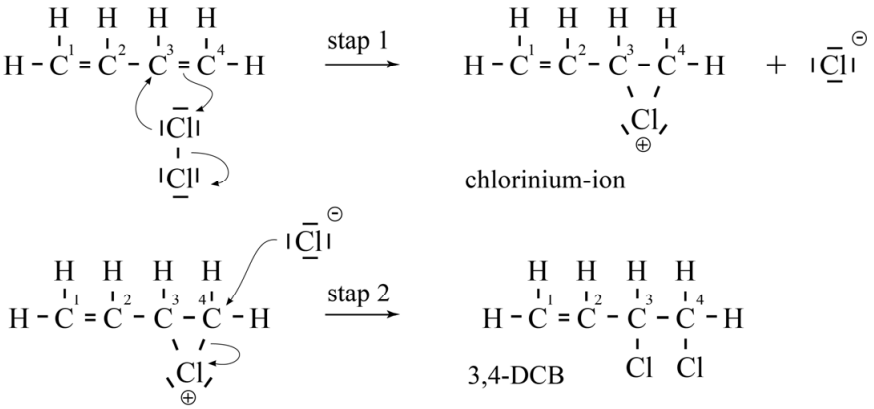
Chloropreen is de beginstof voor de productie van neopreen. Neopreen is een synthetisch rubber. De structuurformule van chloropreen is hiernaast weergegeven.



chloropreen

Chloropreen wordt in een aantal stappen gemaakt.
De eerste stap is de additie-reactie van buta-1,3-dieen met chloor. Daarbij ontstaat onder andere 3,4-dichloorbut-1-een (3,4-DCB). Het mechanisme voor de vorming van 3,4-DCB is weergegeven in mechanisme 1.

mechanisme 1



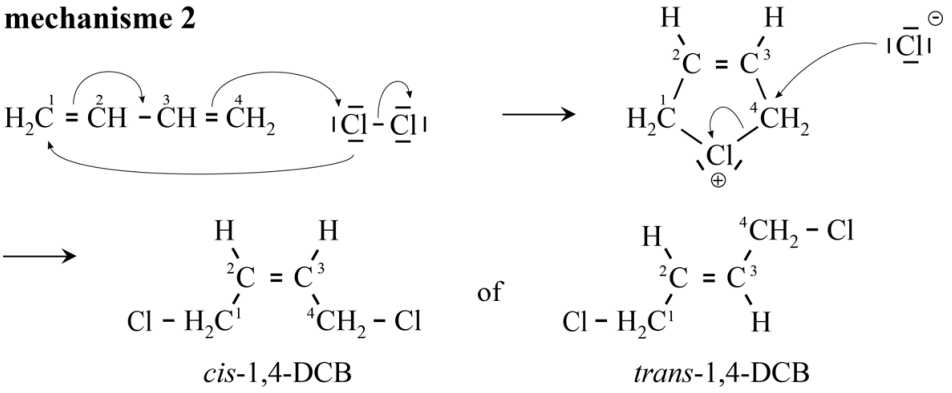
In stap 1 van mechanisme 1 wordt een cyclisch chlorinium-ion gevormd. Van dit ion kunnen ook twee niet-cyclische structuurisomeren worden gevormd. Op de uitwerkbijlage is de Lewisstructuur van een niet-cyclische structuurisomeer weergegeven, dit is structuurisomeer 1.
De andere niet-cyclische structuurisomeer is structuurisomeer 2. Van dit deeltje kunnen twee grensstructuren worden gegeven. Deze grensstructuren zijn op de uitwerkbijlage onvolledig weergegeven. In beide grensstructuren heeft telkens één C-atoom geen volledig oktet.
Met behulp van de grensstructuren van structuurisomeer 2 kan worden verklaard dat in stap 2 behalve 3,4-DCB ook 1,4-DCB (1,4-dichloorbut-2-een) wordt gevormd.

2p **6** Maak op de uitwerkbijlage beide grensstructuren van structuurisomeer 2 compleet.
- Geef het Cl-atoom en de ontbrekende elektronenparen weer.
- Geef de formele lading(en) weer.

Van het gevormde 1,4-DCB bestaan twee stereo-isomeren, namelijk *cis*-1,4-DCB en *trans*-1,4-DCB. Een leerling doet een voorstel voor het mechanisme voor het ontstaan van 1,4-DCB. Dit voorstel is in mechanisme 2 weergegeven.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

mechanisme 2



Het blijkt dat het gevormde 1,4-DCB voor 19% uit de *cis*-vorm en voor 81% uit de *trans*-vorm bestaat.

2p **7** Leg uit dat mechanisme 2 geen verklaring biedt voor de waargenomen verhouding van de stereo-isomeren bij de vorming van 1,4-DCB uit chloor en buta-1,3-dieen.

Op de uitwerkbijlage bij vraag 10 is het onvolledige blokschema van de productie van chloropreen weergegeven. In reactor 1 (R1) reageert buta-1,3-dieen met chloor. Het mengsel van 1,4-DCB en 3,4-DCB wordt na een scheidingsstap (S1) als vloeistofmengsel naar reactor 2 (R2) gevoerd. In R2 treedt evenwicht 1 op.

1,4-DCB $\rightleftharpoons$ 3,4-DCB (evenwicht 1)

De temperatuur in R2 ligt tussen 125 °C en 150 °C. De temperatuur is zo gekozen dat eenvoudig een zo hoog mogelijke opbrengst aan 3,4-DCB kan worden bereikt.
Bij de druk in R2 is het kookpunt van 3,4-DCB 119 °C. De kookpunten van *cis*-1,4-DCB en *trans*-1,4-DCB liggen boven 152 °C.

2p **8** Voer de volgende opdrachten uit:
- Geef de evenwichtsvoorwaarde voor evenwicht 1. Houd hierbij rekening met de omstandigheden die heersen in R2.
- Leg uit dat onder deze omstandigheden een zo hoog mogelijke opbrengst aan 3,4-DCB kan worden bereikt.

In reactor 3 (R3) reageert ten slotte 3,4-DCB met natronloog tot chloropreen en een oplossing van natriumchloride. Op de uitwerkbijlage is het mechanisme van deze reactie onvolledig weergegeven.

3p **9** Voer op de uitwerkbijlage de volgende opdrachten uit:
- Maak de reactievergelijking compleet.
- Geef de niet-bindende elektronenparen en formele lading(en) weer.
- Geef met pijlen weer hoe elektronenparen worden verplaatst tijdens de reactie.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Het gehele productieproces is hieronder samengevat.

- Chloor en buta-1,3-dieen worden als gas in R1 geleid, waar 3,4-DCB en 1,4-DCB en nevenproducten worden gevormd. De omzetting van chloor en buta-1,3-dieen in R1 is niet volledig.
- Het mengsel afkomstig uit R1 is vloeibaar en wordt naar scheidingsruimte 1 (S1) geleid. In S1 wordt stikstof door het mengsel geblazen waardoor het ongereageerde chloor en buta-1,3-dieen uit de vloeistofstroom worden verwijderd. Het gasmengsel van stikstof, chloor en buta-1,3-dieen wordt boven uit S1 teruggeleid naar R1. Om ophoping van stikstof in het systeem te voorkomen wordt een deel van deze recycle-stroom afgetapt.
  De vloeistofstroom uit S1 wordt naar R2 geleid.
- In R2 wordt 1,4-DCB onvolledig omgezet tot 3,4-DCB. Uit R2 komen twee stofstromen. De ene stroom, met uitsluitend 3,4-DCB, wordt doorgevoerd naar R3.
- De andere stroom uit R2 bevat 1,4-DCB en de nevenproducten. Deze stroom wordt doorgevoerd naar een destilleerkolom (S2) waar het 1,4-DCB wordt afgescheiden en teruggeleid naar R2.
  De nevenproducten worden als vloeistofstroom afgevoerd.
- In R3 reageert ten slotte 3,4-DCB met een overmaat natronloog tot chloropreen en een oplossing van natriumchloride. Het chloropreen verlaat R3 als gasstroom.

4p **10** Maak het blokschema op de uitwerkbijlage compleet.

- Teken S2.
- Teken de ontbrekende pijlen en noteer de ontbrekende stoffen bij de pijlen.
- Geef de stofstromen in het schema weer met de volgende cijfers:

1	buta-1,3-dieen	6	natriumchloride-oplossing
2	chloor	7	natronloog
3	chloropreen	8	nevenproducten
4	3,4-DCB	9	stikstof
5	1,4-DCB		

- Cijfers voor de verschillende stofstromen kunnen meerdere malen voorkomen.

Het rendement van de omzetting van buta-1,3-dieen tot 3,4-DCB in R1 en R2 bedraagt in totaal 70%. Het rendement van de omzetting van 3,4-DCB tot chloropreen in R3 bedraagt 93%.
Het molair volume van een gas onder de heersende omstandigheden is $2{,}45 \cdot 10^{-2}$ m^3 mol^{-1}.

5p **11** Bereken hoeveel m^3 chloor minimaal nodig is voor de productie van 1,0 ton chloropreen. Een ton is 10^3 kg.
Geef de uitkomst in het juiste aantal significante cijfers.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

IJzerstapeling

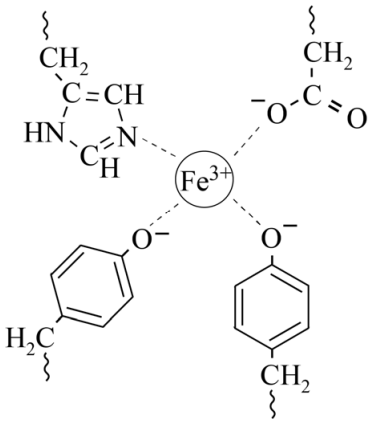
Hemochromatose of ijzerstapeling is een erfelijke ziekte waarbij te veel ijzerionen uit de darminhoud worden opgenomen terwijl het lichaam niet in staat is de overmaat aan ijzerionen uit te scheiden. Deze ziekte wordt vaak veroorzaakt door een mutatie in het gen dat codeert voor het eiwit HFE. HFE speelt een rol bij de opname van ijzerionen.
Bij de synthese van HFE wordt in eerste instantie mRNA gevormd dat bestaat uit 2727 basen. De eerste 221 basen spelen echter geen rol bij de synthese van HFE. Het startcodon begint pas bij base nummer 222. Dit is tevens het codon voor het aminozuur met nummer 1.
Hieronder is een deel van de mRNA-volgorde bij mensen zonder en mensen met hemochromatose weergegeven. De mutatie treedt op bij base nummer 1066.

	↓ 1066
mensen zonder hemochromatose	UACGUGCCAG
mensen met hemochromatose	UACGUACCAG

Met behulp van de 1-lettersymbolen van aminozuren kan men dit soort mutaties vereenvoudigd weergeven. Zo kan een mutatie waarbij op plaats 86 van een eiwit een glutaminezuur-eenheid is ingebouwd in plaats van een glutamine-eenheid, worden weergeven als Q86E.

4p **12** Leid met behulp van het gegeven voorbeeld af wat de notatie is van de hierboven beschreven mutatie die hemochromatose veroorzaakt.

De uit de darminhoud opgenomen ijzerionen komen in het bloed terecht. Daar worden deze ionen gebonden door het eiwit transferrine en worden zo getransporteerd naar de lever en naar de plaatsen waar de productie van rode bloedlichaampjes plaatsvindt. Het binden en afstaan van de ijzerionen door transferrine is afhankelijk van de pH. Daarbij zijn de restgroepen van de aminozuren Tyr, Asp en His betrokken. Hiernaast is schematisch weergegeven hoe een Fe^{3+}-ion in een molecuul transferrine is gebonden.

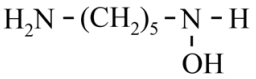


Bij de pH van bloed (7,4) zijn Fe^{3+}-ionen sterk gebonden aan transferrine. Op de plaatsen in het lichaam waar transferrine de gebonden Fe^{3+}-ionen moet afstaan, is de pH aanzienlijk lager. De Fe^{3+}-ionen komen dan vrij uit de moleculen transferrine.

2p **13** Leg uit dat bij lage pH Fe^{3+}-ionen vrijkomen uit de moleculen transferrine.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Patiënten met hemochromatose kunnen worden behandeld met desferrioxamine, een stof die in opgeloste vorm met behulp van een infuus wordt toegediend. Desferrioxamine bindt Fe^{3+}. Via de nieren wordt de ontstane verbinding uitgescheiden.
Een molecuul desferrioxamine ontstaat uit één molecuul ethaanzuur (E), twee moleculen butaandizuur (B) en drie moleculen van een stof A.
De structuurformule van stof A is hieronder weergegeven.



stof A

Deze zes moleculen worden in de volgorde A – B – A – B – A – E gekoppeld. Daarbij worden alleen C–N-bindingen gevormd. Per ontstane C–N-binding wordt één molecuul water afgesplitst.

3p **14** Geef de structuurformule van het fragment ~ B – A – E van een molecuul desferrioxamine.

Om te onderzoeken of iemand hemochromatose heeft, wordt bloedonderzoek gedaan. Voor het onderzoek is een bufferoplossing bereid. Deze oplossing is bereid door per liter achtereenvolgens 0,338 mol $NaHCO_3$ en $3{,}4 \cdot 10^{-2}$ mol waterstofchloride (HCl) op te lossen. In de uiteindelijke oplossing zijn onder andere deeltjes H_2CO_3 en HCO_3^- aanwezig.

5p **15** Bereken de pH van de uiteindelijke oplossing. Neem hierbij aan dat geen gasvormig CO_2 uit de oplossing ontwijkt.
Geef de uitkomst in het juiste aantal significante cijfers.

Van een patiënt wordt bloed afgenomen, waarna het bloedserum wordt afgescheiden van de rode bloedlichaampjes. Het bloedserum bevat alle transferrine. Bij het vaststellen of iemand hemochromatose heeft, is onder andere de vrije ijzerbindende capaciteit **CF** van belang. Dit is het aantal mol Fe^{3+} dat per liter bloedserum nog aan het transferrine kan worden gebonden.
Bij gezonde mensen bevat het bloedserum gemiddeld 3,0 g transferrine per liter en is gemiddeld 30% van de bindingsplaatsen van het transferrine bezet met Fe^{3+}-ionen. Per molecuul transferrine kunnen twee Fe^{3+}-ionen worden gebonden. De molaire massa van transferrine is $8{,}0 \cdot 10^4$ g mol^{-1}.

3p **16** Bereken met behulp van de bovenstaande gegevens de gemiddelde **CF** in mol L^{-1} bij gezonde mensen.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Suikerbatterij

Een suikerbatterij maakt gebruik van glucose als energiebron.
In de eerste suikerbatterij die is gemaakt, werd glucose met behulp van enzymen geoxideerd tot onder andere ethaanzuur.
De totaalvergelijking van deze omzetting is hieronder weergegeven.

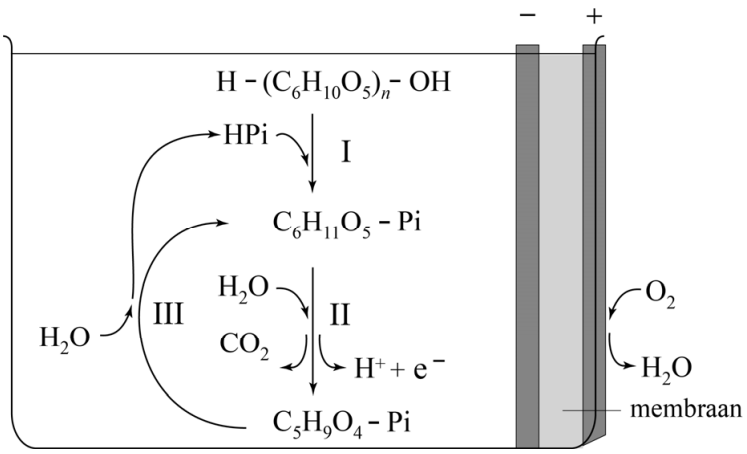
$$C_6H_{12}O_6 + 2\ O_2 \rightarrow 2\ CO_2 + 2\ H_2O + 2\ CH_3COOH$$

De maximale energie per mol glucose die in een batterij vrij kan komen, is gelijk aan de verbrandingsenergie van glucose, dat is de energie die vrijkomt bij de volledige verbranding.
De vormingswarmte van glucose is $-12{,}61 \cdot 10^5$ J mol^{-1}.

4p **17** Bereken hoeveel procent van de maximale energie vrijkomt wanneer glucose in deze suikerbatterij wordt omgezet.
- Het gevormde water komt vrij als vloeistof.
- Gebruik Binas-tabel 56 en 57 of ScienceData-tabel 8.7.a en 9.2.

Een groep onderzoekers heeft een batterij ontwikkeld waarbij de polysacharide maltodextrine volledig werd omgezet tot CO_2 en H_2O.
Maltodextrine is opgebouwd uit glucose-monomeereenheden en kan worden weergegeven als $H–(C_6H_{10}O_5)_n–OH$ met $3 < n < 20$.
Voor de volledige omzetting van maltodextrine tot CO_2 en H_2O hebben de onderzoekers enzymen uit verscheidene micro-organismen gebruikt.
In de figuur is de gebruikte opstelling vereenvoudigd weergegeven.
Met reacties I, II en III zijn de verlopende (half)reacties bij stroomlevering schematisch aangegeven.

figuur



Door de (half)reacties I t/m III wordt de maltodextrine uiteindelijk volledig omgezet. Elektronen komen uitsluitend vrij in reactie II.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Reactie I: maltodextrine reageert met een deeltje dat in de oplossing aanwezig is. Dit deeltje wordt in deze opgave weergegeven met H–Pi. Hierbij ontstaat onder andere glucose-6-fosfaat ($C_6H_{11}O_5$–Pi). De keten van maltodextrine wordt in reactie I één glucose-eenheid korter.
De vergelijking van reactie I is hieronder gegeven.

$$H–(C_6H_{10}O_5)_n–OH + H–Pi \rightarrow C_6H_{11}O_5–Pi + H–(C_6H_{10}O_5)_{n-1}–OH$$

Reactie II: in een halfreactie wordt $C_6H_{11}O_5$–Pi omgezet tot onder andere ribulose-5-fosfaat ($C_5H_9O_4$–Pi).

3p **18** Geef met behulp van de figuur de vergelijking voor halfreactie II.

Reactie III: het ontstane $C_5H_9O_4$–Pi wordt weer omgezet tot $C_6H_{11}O_5$–Pi en H–Pi. Het $C_5H_9O_4$–Pi is hierbij de enige bron van koolstofatomen.

2p **19** Geef met behulp van de figuur de vergelijking voor reactie III.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Marquis-reagens voor alkaloïden

De politie controleert regelmatig op bezit van harddrugs. Voor een snelle test is onder andere het Marquis-reagens ontwikkeld. Aan een zakje van dit reagens voegt men wat van het te onderzoeken monster toe. Als het monster drugs bevat, ontstaat een kenmerkende kleur.

Het Marquis-reagens wordt bereid door oplossingen van zwavelzuur en methanal te mengen in de volumeverhouding 20 : 1,0.
In de tabel staan enkele gegevens van de gebruikte oplossingen.

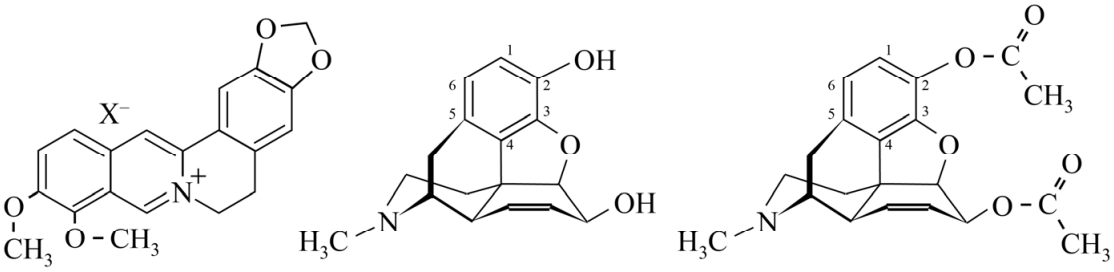
tabel

	gehalte (massa%)	dichtheid (g mL^{-1})
zwavelzuur-oplossing	98	1,84
methanal-oplossing	37	1,09

4p **20** Bereken de molverhouding tussen methanal en zwavelzuur in Marquis-reagens.
Noteer de verhouding als volgt: zwavelzuur : methanal = …… : 1,0.

Marquis-reagens wordt voornamelijk gebruikt om alkaloïden van elkaar te onderscheiden. Veel alkaloïden zijn afgeleid van een aminozuur.
In de figuur zijn drie alkaloïden weergegeven die zijn ontstaan uit het aminozuur tyrosine. De oorspronkelijke structuur van tyrosine is nog in de drie structuren te herkennen.

figuur



Op de uitwerkbijlage is de structuurformule van morfine nogmaals weergegeven.

2p **21** Omcirkel op de uitwerkbijlage het deel van het molecuul morfine dat van het aminozuur tyrosine afkomstig is.
Neem aan dat alle C-atomen van tyrosine in morfine zijn opgenomen.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

In alle alkaloïden zijn stikstofatomen aanwezig. Als zo'n stikstofatoom een niet-bindend elektronenpaar heeft, kan het atoom een H^+-ion binden waardoor het alkaloïde als base kan reageren.

2p **22** Leg uit welke van de drie alkaloïden uit de figuur niet als base reageert.

Heroïne en morfine geven beide met Marquis-reagens een paars-violette kleur. Om toch onderscheid te kunnen maken tussen deze twee stoffen, voert men nog een ander experiment uit.
Er treedt nu een reactie op, waarbij in moleculen van beide stoffen het H-atoom op $C1$ wordt vervangen door een NO_2-groep. Morfine geeft nu een oranje kleur en heroïne een gele kleur.
De oorzaak van dit kleurverschil wordt toegeschreven aan het optreden van een intramoleculaire interactie die bij morfine wel en bij heroïne niet optreedt. Deze interactie kan worden opgevat als een waterstofbrug waarbij een O-atoom van de NO_2-groep is betrokken.
Op de uitwerkbijlage is een deel van het molecuul van de omgezette morfine weergegeven. Hierbij zijn de bindende elektronenparen in de NO_2-groep onvolledig weergegeven.

2p **23** Voer op de uitwerkbijlage de volgende opdrachten uit:
- Geef de bindende elektronenparen in de NO_2-groep weer.
- Geef de formele en partiële lading(en) aan.
- Geef de waterstofbrug weer met een stippellijn.

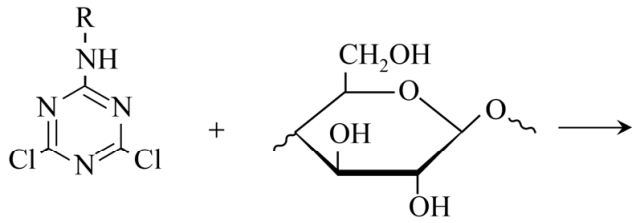
Bronvermelding
Een opsomming van de in dit examen gebruikte bronnen, zoals teksten en afbeeldingen, is te vinden in het bij dit examen behorende correctievoorschrift, dat na afloop van het examen wordt gepubliceerd.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

uitwerkbijlage

Naam kandidaat _____ Kandidaatnummer _____

4

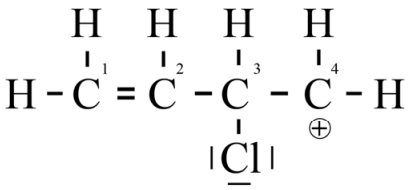


reactief pigment

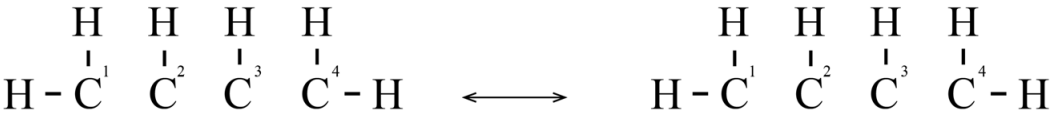
cellulose-eenheid
in katoen

6

structuurisomeer 1

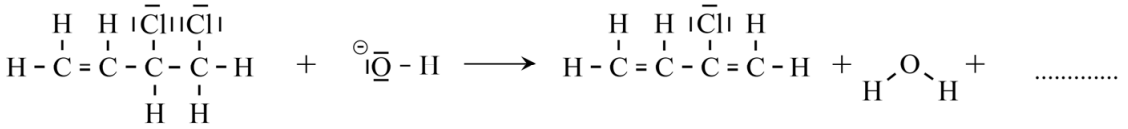


structuurisomeer 2

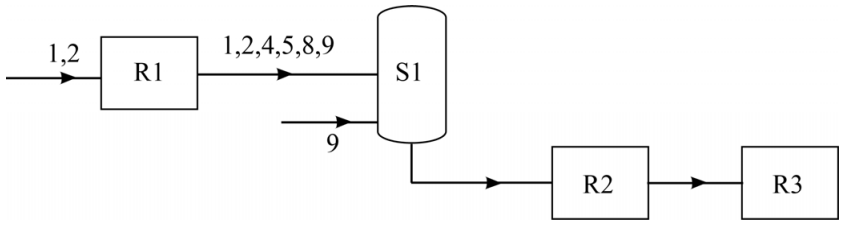


Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

9

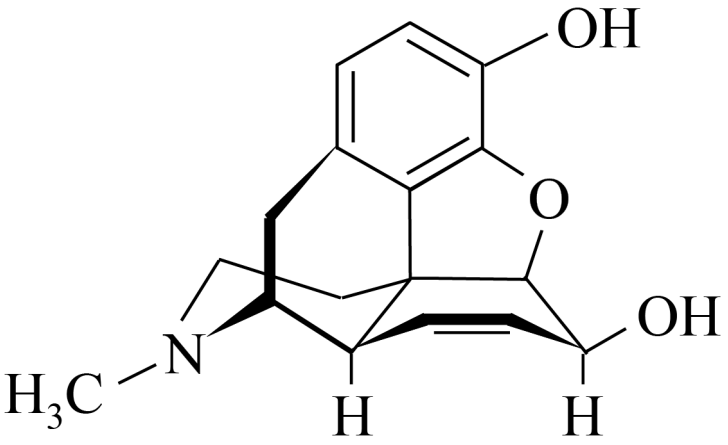


10

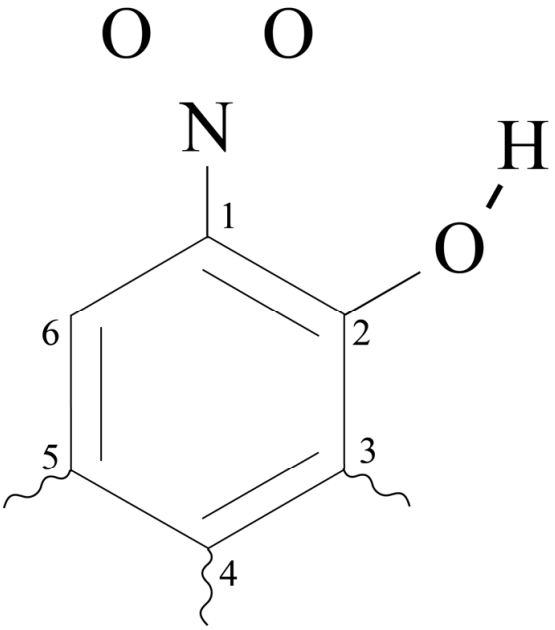


Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.ssl.nl

21



23



VERGEET NIET DEZE UITWERKBIJLAGE IN TE LEVEREN

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Examen VWO

2021

tijdvak 2
dinsdag 15 juni
13.30 - 16.30 uur

scheikunde

Bij dit examen hoort een uitwerkbijlage.

Maak zo nodig gebruik van Binas of ScienceData.

Dit examen bestaat uit 26 vragen.
Voor dit examen zijn maximaal 64 punten te behalen.
Voor elk vraagnummer staat hoeveel punten met een goed antwoord behaald kunnen worden.

Als bij een vraag een verklaring, uitleg, berekening of afleiding gevraagd wordt, worden aan het antwoord meestal geen punten toegekend als deze verklaring, uitleg, berekening of afleiding ontbreekt.

Geef niet meer antwoorden (redenen, voorbeelden e.d.) dan er worden gevraagd. Als er bijvoorbeeld twee redenen worden gevraagd en je geeft meer dan twee redenen, dan worden alleen de eerste twee in de beoordeling meegeteld.

VW-1028-a-21-2-o

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl

Tenzij anders vermeld, is er sprake van standaardomstandigheden:
$T = 298$ K en $p = p_0$.

Waterstofauto's die methaanzuur tanken

Omdat de opslag van waterstof een probleem is, wordt onderzoek gedaan naar manieren om waterstof om te zetten tot stoffen met een hogere dichtheid. Een voorbeeld van zo'n stof is methaanzuur ($HCOOH$).
Methaanzuur wordt momenteel industrieel bereid in drie stappen:
1 Waterstof reageert met koolstofdioxide tot methanol en water.
2 Methanol reageert met koolstofmono-oxide tot methylmethanoaat.
3 Methylmethanoaat reageert met water tot methaanzuur en methanol.

3p **1** Geef de reactievergelijking van stap 3 in structuurformules.

In totaal komt het proces neer op de omzetting van waterstof met CO_2 en CO tot methaanzuur en methanol. Methaanzuur en methanol ontstaan hierbij in de molverhouding 1 : 1.

4p **2** Voer de volgende opdrachten uit:
– Geef de totaalvergelijking van het hele proces.
– Bereken de atoomeconomie van deze productie van methaanzuur.

Als het technisch mogelijk is om methaanzuur in een auto om te zetten tot waterstof en koolstofdioxide, kan de auto de vrijgekomen waterstof gebruiken als brandstof. De omzetting van methaanzuur tot waterstof in een auto is hieronder weergegeven.

$$HCOOH \rightarrow H_2 + CO_2$$

Een Hyundai-waterstofauto kan 594 km rijden op 5,64 kg waterstof.
De dichtheid van methaanzuur is 1,22 kg L^{-1}.

4p **3** Bereken het volume in L methaanzuur dat minstens nodig is om 5,64 kg waterstof te kunnen produceren. Geef de uitkomst in het juiste aantal significante cijfers.

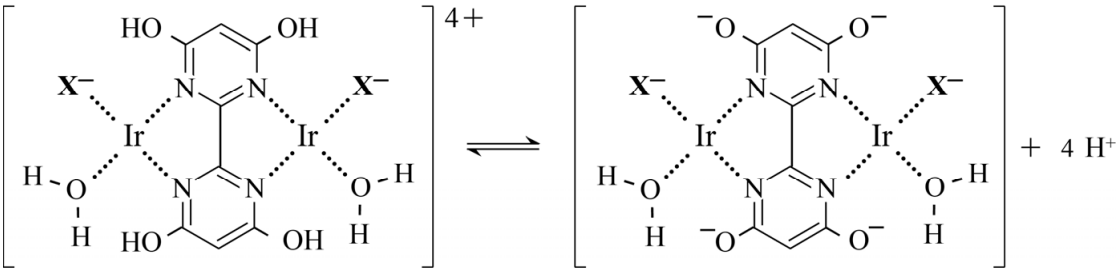
Twee onderzoeksgroepen hebben een katalysator ontwikkeld die de directe omzetting van H_2 en CO_2 tot methaanzuur katalyseert.
Omdat deze omzetting in basisch milieu optreedt, wordt er geen methaanzuur gevormd, maar onder andere het zuurrest-ion van methaanzuur.

2p **4** Geef de reactievergelijking van deze omzetting.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Afhankelijk van de pH komen in oplossingen van de gebruikte katalysator voornamelijk deeltjes $[H_4kat]^{4+}$ of deeltjes $[kat]^0$ voor.
In de figuur is het evenwicht tussen deze deeltjes weergegeven met structuurformules.

figuur



In elk katalysatordeeltje zijn twee iridium-ionen door elektrostatische interacties gebonden aan enkele omringende deeltjes. Deze interacties zijn in de figuur weergegeven met stippellijnen. In de figuur zijn alle formele ladingen aangegeven, behalve de lading van de iridium-ionen. Alle iridium-ionen in de figuur hebben dezelfde lading.

2p **5** Leg uit welke lading een iridium-ion in de figuur heeft.

Op de uitwerkbijlage is een Lewisstructuur van het deeltje X^- weergegeven. Een andere grensstructuur is onvolledig weergegeven.

2p **6** Maak op de uitwerkbijlage de rechter grensstructuur van het deeltje X^- compleet.
- Geef de formele lading(en) aan.
- De C-atomen in deze grensstructuur moeten voldoen aan de oktetregel.

De gebruikte katalysator is ook werkzaam bij de omzetting van methaanzuur tot H_2 en CO_2 in een auto. Deze omzetting treedt alleen op bij lage pH.

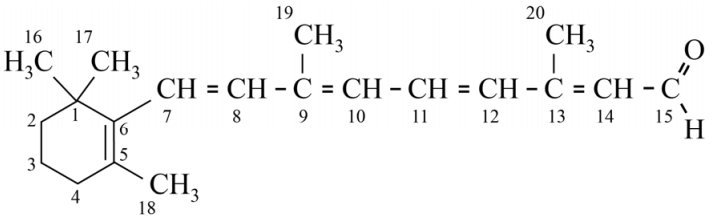
2p **7** Leg uit welk van beide katalysatordeeltjes uit de figuur overwegend aanwezig is bij lage pH.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Retinal in het oog

In de cellen van het netvlies bevindt zich het eiwit opsine. In een holte van het opsine-molecuul is een molecuul retinal covalent gebonden aan de restgroep van de aminozuureenheid lysine. Bij absorptie van lichtenergie treedt in retinal op één plaats in het molecuul *cis/trans*-isomerisatie op. Als gevolg van deze verandering ontstaat uiteindelijk een signaal in de oogzenuw.
In figuur 1 is de structuurformule van retinal weergegeven. Hierbij is informatie over stereo-isomerie in retinal weggelaten.

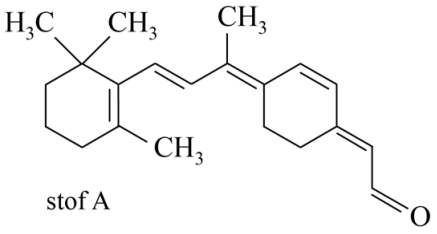
figuur 1



In een retinal-molecuul is *cis/trans*-isomerisatie op een aantal plaatsen mogelijk. De biochemicus George Wald (Nobelprijs 1967) heeft ontdekt dat uitsluitend de dubbele binding tussen C11 en C12 onder invloed van licht isomeriseert van het in opsine aanwezige *cis* naar *trans*; dit is de eerste stap van de waarneming van licht.

1p **8** Geef aan bij welke C=C-bindingen in retinal ook *cis/trans*-isomerisatie zou kunnen optreden.

In het onderzoek van Wald is gebruikgemaakt van retinal-analoga. Dit zijn stoffen waarbij in het retinal-molecuul op verschillende plaatsen de *cis/trans*-isomerisatie is geblokkeerd. Hiernaast is de structuurformule van zo'n stof (stof A) weergegeven.



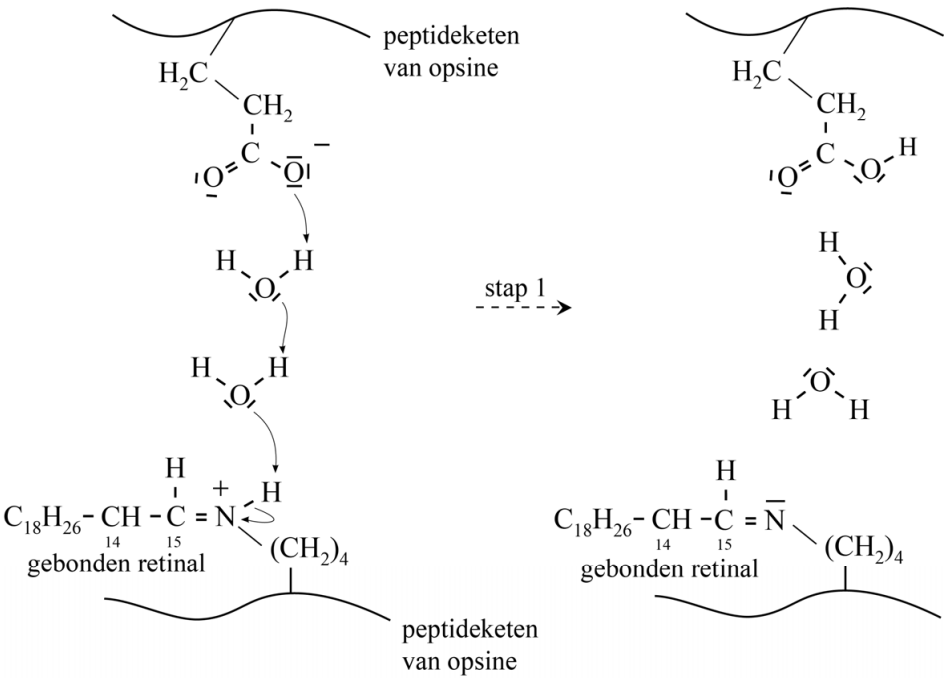
In het molecuul van stof A is *cis-/trans*-isomerisatie van de dubbele binding tussen C11 en C12 onmogelijk. Dit molecuul kan worden opgevat als een molecuul retinal waarin onder andere een extra koolstofatoom in de structuur is opgenomen.

3p **9** Voer de volgende opdrachten uit:
- Geef de nummers van de koolstofatomen van retinal waartussen dit extra koolstofatoom is opgenomen.
- Leg uit of stof A is afgeleid van 11-*cis*-retinal of van 11-*trans*-retinal.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

In figuur 2 is weergegeven hoe retinal is gebonden aan een restgroep van de peptideketen van opsine. Na de isomerisatie wordt retinal losgekoppeld van opsine. In figuur 2 is de eerste stap van het loskoppelen weergegeven. In deze eerste stap spelen twee watermoleculen een belangrijke rol.

figuur 2



In de holte van opsine is tegenover het gebonden retinal een restgroep van Glu aanwezig. Door de afstanden en aanwezige ladingen in de holte zijn de watermoleculen links van de pijl op een specifieke wijze georiënteerd ten opzichte van de restgroepen in opsine.
Hierbij spelen waterstofbruggen en nog een andere soort binding een rol.

2p **10** Leg uit welke andere soort binding links van de pijl nog meer zorgt voor de oriëntatie van de watermoleculen ten opzichte van de restgroepen in opsine.

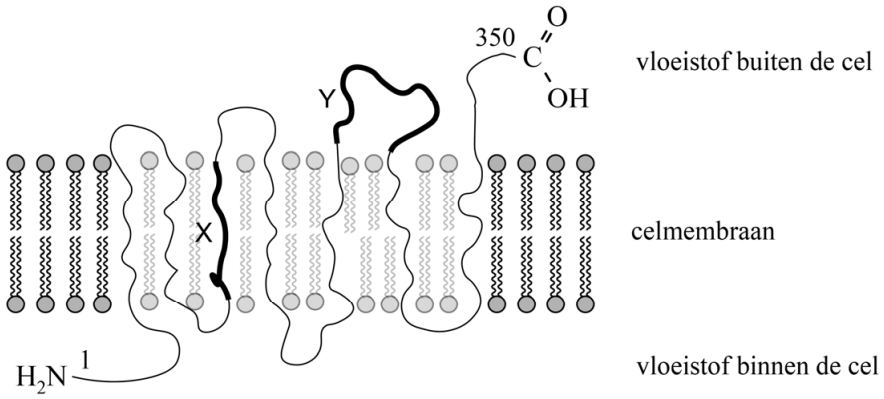
De na stap 1 weergegeven watermoleculen blijven aanwezig in de holte van opsine. Ze zijn hierbij onder andere met waterstofbruggen gebonden aan restgroepen van de peptideketen.

1p **11** Teken op de uitwerkbijlage een waterstofbrug tussen een molecuul water en een van de weergegeven restgroepen van de peptideketen.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

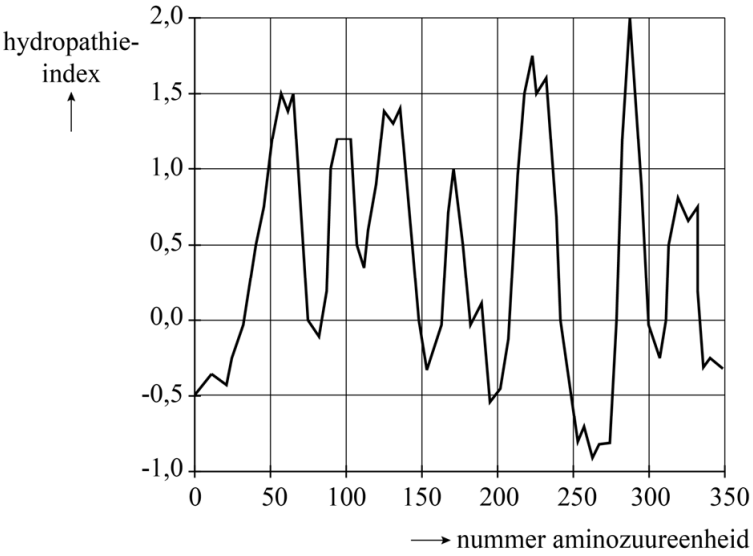
Opsine bevindt zich deels in het celmembraan.
In figuur 3 is vereenvoudigd weergegeven hoe opsine zich volgens onderzoekers in het celmembraan bevindt. Voor de duidelijkheid is een deel van het celmembraan lichter weergegeven.

figuur 3



De onderzoekers hebben de modelvoorstelling onder andere gebaseerd op de hydropathie-index. Deze index wordt modelmatig berekend en geeft aan in hoeverre een aminozuureenheid in een peptideketen hydrofiel of hydrofoob is. Hoe hoger de hydropathie-index, hoe meer de hydrofobe eigenschappen overheersen. In figuur 4 is de hydropathie-index van alle aminozuureenheden van opsine weergegeven.

figuur 4



In figuur 3 zijn twee gebieden uit opsine vetgedrukt en aangeduid met de letters X en Y. Deze gebieden bevatten een aantal aminozuureenheden. De nummers van deze aminozuureenheden kunnen met behulp van figuur 4 worden geschat.

2p **12** Geef met behulp van figuur 3 en figuur 4 een schatting van de nummers van de aminozuureenheden die horen bij de gebieden X en Y.
Noteer je antwoord als volgt:
– gebied X: nummers … t/m …
– gebied Y: nummers … t/m …

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

In het menselijk oog komen drie verschillende varianten van opsine voor. De peptideketen van elke opsine heeft een iets andere ruimtelijke bouw. Hierdoor treedt de isomerisatie van retinal op bij verschillende kleuren licht, zoals rood en groen. De genen voor de ‘rode’ en ‘groene’ opsine zijn voor een groot deel aan elkaar gelijk.
In figuur 5 is een gedeelte van het coderende DNA van beide varianten weergegeven vanaf de base met nummer 826. De genetische code van beide opsines begint hierbij bij base nummer 1. Het startcodon codeert voor de aminozuureenheid met nummer 1.

figuur 5

	↓826
‘rode’ opsine	GCGTACTGCGTCTGC ...
‘groene’ opsine	GCATTCTGCTTCTGC ...

Uit de basenvolgordes in figuur 5 valt het nummer af te leiden van de eerste aminozuureenheid die in ‘rode’ opsine anders is dan in ‘groene’ opsine.

2p **13** Voer de volgende opdrachten uit:
- Geef het nummer van de eerste aminozuureenheid die in ‘rode’ opsine anders is dan in ‘groene’ opsine.
- Geef aan welke aminozuureenheid zich op die plaats in de peptideketen van ‘rode’ opsine bevindt en welke zich in de peptideketen van ‘groene’ opsine bevindt.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Slim gebruik van glycerol

Biodiesel wordt geproduceerd door methanol toe te voegen aan plantaardige olie of dierlijk vet. Hierbij treedt een reactie op waarbij esters van methanol en vetzuren worden gevormd. Tevens wordt hierbij glycerol (propaan-1,2,3-triol) gevormd.

3p **14** Geef de reactievergelijking van de vorming van biodiesel uit vet.
- Gebruik structuurformules.
- Noteer de koolwaterstofrest van een vetzuur als C_xH_y.

Door de toename van de biodieselproductie is een overschot aan glycerol op de wereldmarkt ontstaan. Dit heeft geleid tot onderzoek naar de omzetting van glycerol met behulp van micro-organismen tot waardevolle chemicaliën. Een van deze chemicaliën is butaandizuur. De bacterie *Anaerobiospirillum succiniciproducens* kan onder zuurstofloze omstandigheden glycerol omzetten tot butaandizuur ($C_4H_6O_4$).
De vergelijking van deze omzetting is hieronder weergegeven.

$$C_3H_8O_3 + CO_2 \rightarrow C_4H_6O_4 + H_2O \qquad \text{(reactie 1)}$$

De bacterie kan ook glucose omzetten tot butaandizuur. In deze reactie (reactie 2) reageert glucose met koolstofdioxide tot butaandizuur, ethaanzuur en water.
In reactie 2 ontstaat 4 mol butaandizuur uit 3 mol glucose.

3p **15** Geef de vergelijking van reactie 2 in molecuulformules.

Reactie 1 verloopt traag. Reactie 2 verloopt sneller, maar door de bacteriën worden dan meer bijproducten gevormd.
Een groep onderzoekers heeft onderzocht of de productie van butaandizuur uit glycerol kan worden geoptimaliseerd door de bacteriën gelijktijdig glycerol en glucose te laten omzetten.
Ze voerden een serie experimenten uit waarbij zij de bacteriën lieten groeien in een mengsel met enkel glycerol en in mengsels van glycerol met wisselende gehaltes glucose.
Bij een mengsel met een startgehalte van 5,00 g L^{-1} glycerol en 1,25 g L^{-1} glucose werd uiteindelijk 7,3 g L^{-1} butaandizuur geproduceerd.

4p **16** Bereken het rendement van deze vorming van butaandizuur.
- Neem aan dat alle beginstof geheel werd omgezet.
- Gebruik gegevens van reactie 1 en 2.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Reacties 1 en 2 zijn beide exotherm. De vrijgekomen energie wordt door de bacteriën gebruikt voor groei.
De vormingswarmte van butaandizuur is $-9{,}40 \cdot 10^5$ J mol^{-1} en die van glycerol is $-6{,}64 \cdot 10^5$ J mol^{-1}.
De reactiewarmte van reactie 2 is $-1{,}82 \cdot 10^5$ J per mol butaandizuur.
Bij de gebruikte omstandigheden wordt 85% van het butaandizuur gevormd uit reactie 1.

4p **17** Bereken de totale reactiewarmte in joule per kg butaandizuur dat wordt gevormd volgens reacties 1 en 2. In de reacties komt water voor als vloeistof.

De vorming van butaandizuur zorgt voor een verlaging van de pH van het reactiemengsel. Om de pH constant te houden, wordt gedurende het experiment natronloog aan het mengsel toegevoegd. Hierdoor vormt zich uiteindelijk een buffer in het reactiemengsel.

2p **18** Leg uit dat zich gedurende het experiment een buffer vormt in het reactiemengsel.

Bij het experiment met uitsluitend glycerol bleek dat de opbrengst aan butaandizuur maximaal was als het gehalte glycerol in de reactor constant werd gehouden.
De hoeveelheid glycerol die tijdens het verloop van het experiment moet worden aangevuld, kon worden bepaald door te meten hoeveel $NaOH$ er nodig was om de pH constant te houden.
Bij de gebruikte pH was het door de bacteriën gevormde butaandizuur ($C_4H_6O_4$) voor 87% omgezet tot $C_4H_4O_4^{2-}$ en voor 13% tot $C_4H_5O_4^-$.
In het experiment had in totaal 7,50 mL 2,00 M natronloog gereageerd.

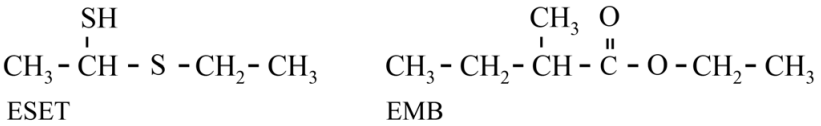
4p **19** Bereken de massa in g glycerol die is omgezet.
- Neem aan dat het butaandizuur uitsluitend via reactie 1 wordt gevormd.
- Geef de uitkomst in het juiste aantal significante cijfers.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Doerian, een delicatesse?

Doerian is een vrucht met een kenmerkende geur. De een houdt ervan terwijl de ander de geur weerzinwekkend vindt. Uit onderzoek is gebleken dat in doerians vooral twee verbindingen geurbepalend zijn: ESET en EMB. Als een van beide verbindingen ontbreekt, is de kenmerkende doerian-geur er niet. De structuurformules van deze verbindingen zijn weergegeven in figuur 1.

figuur 1

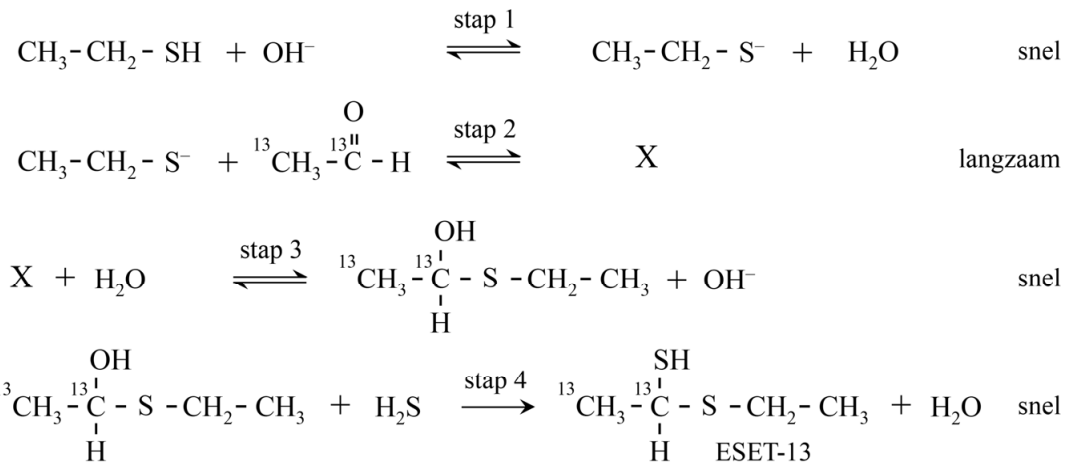


Gebleken is dat van ESET twee stereo-isomeren voorkomen in doerians.

1p **20** Teken op de uitwerkbijlage de twee stereo-isomeren van ESET.

Uit eerder onderzoek was de aanwezigheid van een groot aantal stoffen in doerians al bekend. Om de gehaltes van deze stoffen te kunnen bepalen, zijn van deze stoffen analoga gemaakt.
Dit zijn stoffen waarbij in de moleculen een of meer atomen zijn vervangen door bijvoorbeeld ^{2}H en ^{13}C.
In ESET werden twee ^{12}C-atomen vervangen door ^{13}C-atomen.
De gevormde stof wordt in het vervolg aangeduid met ESET-13.
ESET-13 werd gemaakt door gebruik te maken van ethanal, waarin twee ^{13}C-atomen aanwezig zijn. In figuur 2 zijn de hierbij verlopende reacties weergegeven.

figuur 2



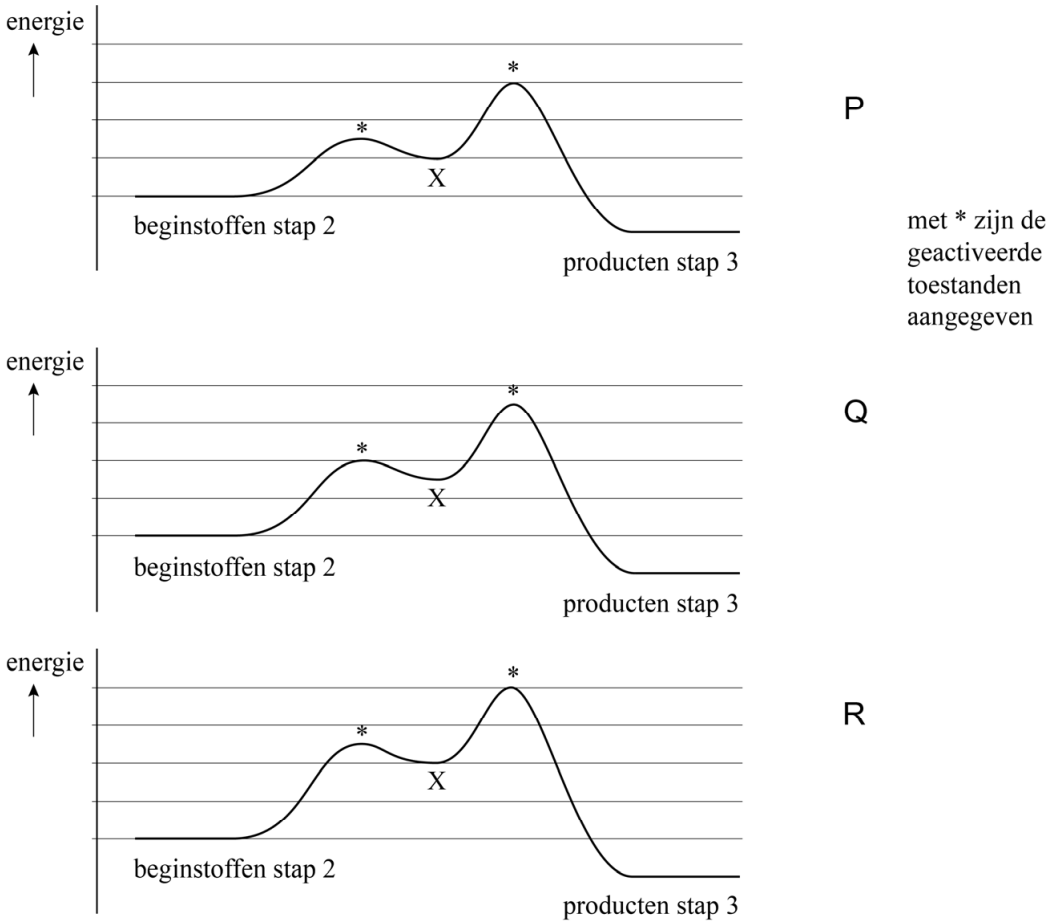
Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

In stap 2 wordt uitsluitend deeltje X gevormd. Het mechanisme van de reactie in stap 2 is op de uitwerkbijlage onvolledig weergegeven.

3p **21** Maak op de uitwerkbijlage het mechanisme van de reactie in stap 2 compleet.
- Geef rechts van de pijl de structuurformule van deeltje X.
- Geef in alle deeltjes de niet-bindende elektronenparen aan.
- Geef met pijlen weer hoe elektronenparen worden verplaatst tijdens deze reactie.
- Geef formele ladingen weer wanneer die voorkomen.

Van de weergegeven omzettingen in figuur 2 is stap 2 de snelheidsbepalende stap. Van stap 2 en 3 zijn drie mogelijke energiediagrammen weergegeven in figuur 3.

figuur 3

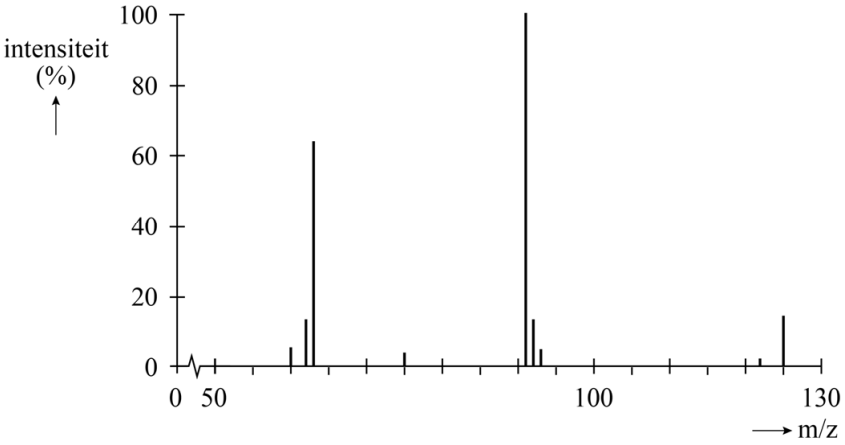


2p **22** Leg uit welk van de diagrammen (P, Q of R) in overeenstemming is met de gegevens over de relatieve snelheden van stap 2 en stap 3 in figuur 2.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Na de reacties die zijn weergegeven in figuur 2, is uit het reactiemengsel een stof geïsoleerd met hetzelfde kookpunt als dat van ESET. Om te onderzoeken of deze stof inderdaad ESET-13 is, is van de stof een massaspectrum genomen.
Bij de gebruikte techniek worden H^+-ionen opgenomen, waarbij het molecuul-ion $[M–H]^+$ wordt gevormd. Uit het molecuul-ion worden vervolgens fragmenten gevormd. In figuur 4 is het massaspectrum van ESET-13 weergegeven.

figuur 4



De piek bij m/z = 91 kan worden verklaard uit het afsplitsen van een neutraal deeltje van het molecuul-ion.

2p **23** Leg uit welk neutraal deeltje is afgesplitst.

In het massaspectrum van ESET-13 komt een piek voor bij m/z = 63. Deze piek wordt veroorzaakt door een fragment dat is ontstaan na het verbreken van één atoombinding in ESET-13.

2p **24** Leg uit welke atoombinding dat is.

Om van alle aanwezige stoffen het gehalte te kunnen bepalen, wordt doerian-pulp enkele malen geëxtraheerd. Na de extracties wordt het verkregen mengsel met behulp van GC-MS geanalyseerd. Dat houdt in dat het mengsel met behulp van gaschromatografie (GC) wordt gescheiden, waarna elke afzonderlijke stof in een massaspectrometer (MS) wordt geleid.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Van twee doerians is het gehalte EMB bepaald met behulp van gaschromatografie. Ook is met proefpersonen onderzocht welke doerian een sterkere geur had. Een sterkere geur wordt vooral bepaald door een hoger gehalte van EMB.
Bij dit onderzoek is een interne standaard gebruikt. De signaalsterkte van de interne standaard is recht evenredig met het ingespoten volume. Wanneer in het onderzoek verschillende volumes zijn ingespoten, kunnen zo de resultaten toch met elkaar worden vergeleken.
In de tabel zijn de meetgegevens van beide doerians weergegeven.

tabel

signaalsterkte	interne standaard	EMB
doerian 1	520	7250
doerian 2	320	5610

2p **25** Leg met behulp van de tabel uit welke doerian een sterkere geur heeft.

Als interne standaard is een oplossing van thiofeen bereid met een molariteit van $1{,}20 \cdot 10^{-2}$ mol L^{-1}. Vervolgens werd 10,0 μL van deze oplossing toegevoegd aan 10,0 mL pulp van een doerian.
Bij deze doerian bleek de molverhouding EMB : thiofeen = 1,0 : 0,18.
De molaire massa van EMB is 130 g mol^{-1}.
Bij de gebruikte gaschromatograaf is de signaalsterkte recht evenredig aan de hoeveelheid stof.

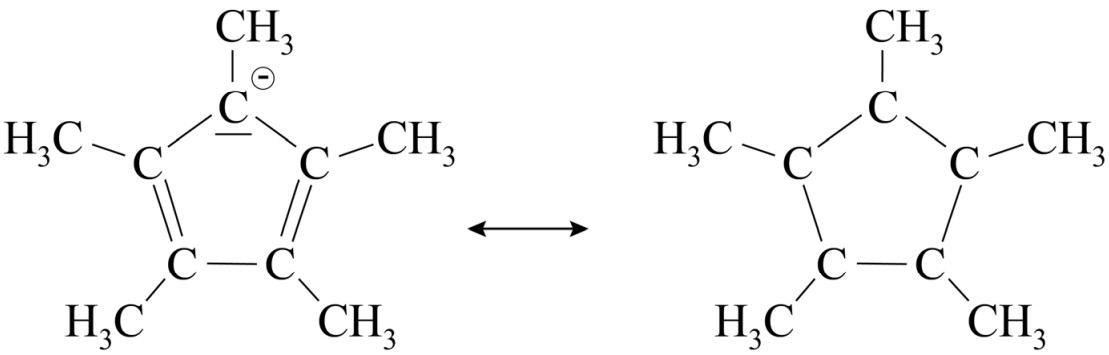
2p **26** Bereken het gehalte EMB in de pulp in g L^{-1}.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

uitwerkbijlage

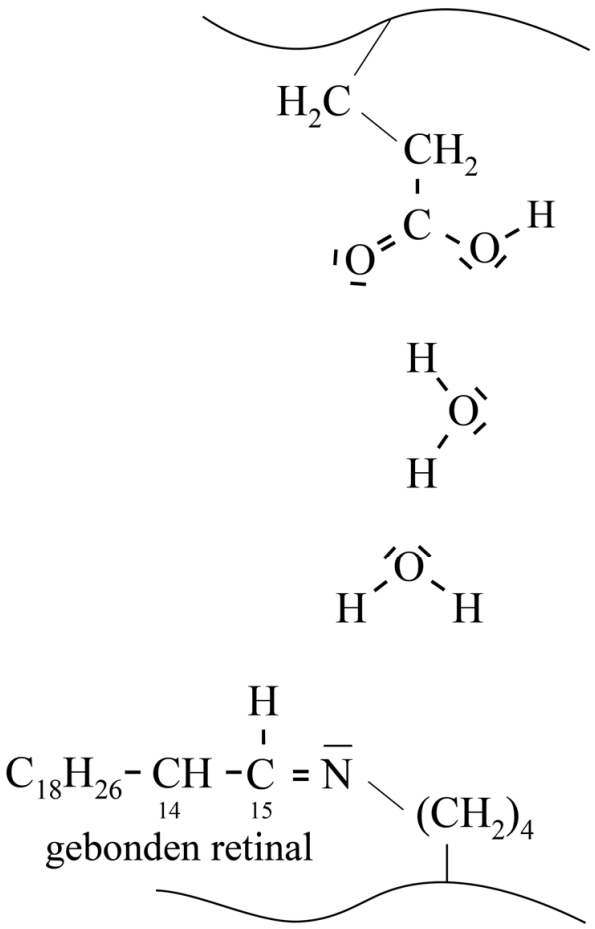
Naam kandidaat _____ Kandidaatnummer _____

6



Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

11



Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

20

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

21

VERGEET NIET DEZE UITWERKBIJLAGE IN TE LEVEREN

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Examen VWO

2021

tijdvak 3
dinsdag 6 juli
13.30 -16.30 uur

scheikunde

Bij dit examen hoort een uitwerkbijlage.

Dit examen bestaat uit 23 vragen.
Voor dit examen zijn maximaal 63 punten te behalen.
Voor elk vraagnummer staat hoeveel punten met een goed antwoord behaald kunnen worden.

Als bij een vraag een verklaring, uitleg, berekening of afleiding gevraagd wordt, worden aan het antwoord meestal geen punten toegekend als deze verklaring, uitleg, berekening of afleiding ontbreekt.

Geef niet meer antwoorden (redenen, voorbeelden e.d.) dan er worden gevraagd. Als er bijvoorbeeld twee redenen worden gevraagd en je geeft meer dan twee redenen, dan worden alleen de eerste twee in de beoordeling meegeteld.

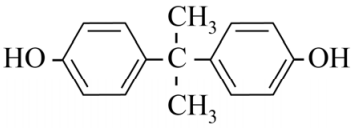
VW-1028-a-21-3-o

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

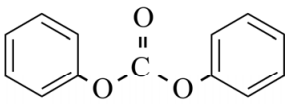
Tenzij anders vermeld, is er sprake van standaardomstandigheden:
$T = 298$ K en $p = p_0$.

De synthese van polycarbonaat

Polycarbonaat is een kunststof die sterk en krasvast is en daarom wordt toegepast in veiligheidsglas, veiligheidsbrillen en auto-onderdelen.
In dit polymeer zijn zogeheten carbonaatgroepen $\sim O - \underset{\underset{O}{\|}}{C} - O \sim$ aanwezig, waarvan de naam polycarbonaat is afgeleid.
De synthese van polycarbonaat verloopt in een aantal stappen. Op de uitwerkbijlage die bij dit examen hoort is een vereenvoudigd en onvolledig blokschema voor deze synthese weergegeven.
De vorming van polycarbonaat is de laatste stap in het productieproces. In reactor 4 (R4) reageren de monomeren bisfenol-A en difenylcarbonaat (DPC) volledig met elkaar. In R4 ontstaan uitsluitend polycarbonaat en fenol (benzenol). Deze stoffen verlaten R4 als twee aparte stofstromen.
De structuurformules van bisfenol-A en DPC zijn hieronder weergegeven.



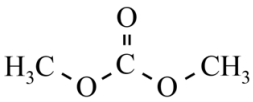
bisfenol-A



DPC

3p **1** Geef een gedeelte van een molecuul polycarbonaat in structuurformule weer. Dit gedeelte moet komen uit het midden van het molecuul en moet zijn ontstaan uit twee moleculen bisfenol-A en twee moleculen DPC.

Om DPC te bereiden wordt in R1 eerst dimethylcarbonaat (DMC) bereid uit CO, zuurstof en methanol. In R1 worden de beginstoffen volledig omgezet.



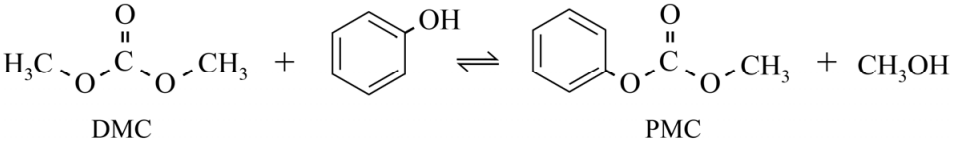
DMC

3p **2** Geef met behulp van deze gegevens en het blokschema de reactievergelijking voor de synthese van DMC in R1. Gebruik molecuulformules.

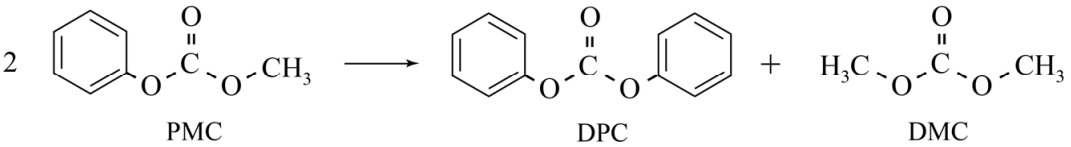
3p **3** Bereken de reactiewarmte van de reactie in R1 per mol DMC en geef aan of R1 moet worden verwarmd of gekoeld tijdens het proces.
Maak onder andere gebruik van de volgende gegevens:
- het gevormde water komt vrij als gas;
- de vormingswarmte van DMC bedraagt $-3{,}24 \cdot 10^5$ J mol^{-1}.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

In R2 reageert DMC met fenol (benzenol). In een evenwichtsreactie ontstaan fenylmethylcarbonaat (PMC) en methanol, zoals hieronder is weergegeven.



De omzetting in R2 wordt uitgevoerd als een zogeheten reactieve destillatie: er vindt zowel een chemische reactie als een destillatie plaats. Het destillaat bestaat uit methanol.
De uitstroom onder uit R2 bestaat uitsluitend uit fenol, PMC en een klein restant DMC. Dit mengsel wordt naar R3 gevoerd. Daar treedt de volgende reactie op:



Het in R3 ontstane mengsel wordt naar scheidingsruimte S gevoerd. Door destillatie wordt zuiver DPC verkregen dat naar R4 wordt geleid.
In reactor 4 (R4) reageren de monomeren bisfenol-A en difenylcarbonaat (DPC) volledig met elkaar. De in R4 gevormde moleculen van polycarbonaat hebben aan de uiteindes een $O–C_6H_5$ groep. Hierdoor wordt in het gehele proces een kleine hoeveelheid fenol verbruikt.

5p **4** Maak het blokschema op de uitwerkbijlage compleet.
– Noteer ontbrekende pijlen en ontbrekende stoffen bij de pijlen.
– Houd daarbij rekening met hergebruik van stoffen.

De moleculen van het polycarbonaat zijn zodanig lang dat de massa van de $–O–C_6H_5$ groepen aan de uiteindes mag worden verwaarloosd.
De formule van polycarbonaat kan daarom worden weergegeven met $(C_{16}H_{14}O_3)_n$.

3p **5** Bereken de atoomeconomie van de productie van polycarbonaat uit koolstofmonooxide, zuurstof en bisfenol-A.
De molaire massa van bisfenol-A bedraagt 228 g mol^{-1}.

Bij de industriële productie, die als een continu proces wordt uitgevoerd, wordt polycarbonaat in de vorm van korrels geproduceerd.
Voorwerpen van polycarbonaat worden in andere fabrieken uit polycarbonaatkorrels geproduceerd volgens een batchproces.

2p **6** Leg uit of polycarbonaat tot de thermoplasten of tot de thermoharders behoort.

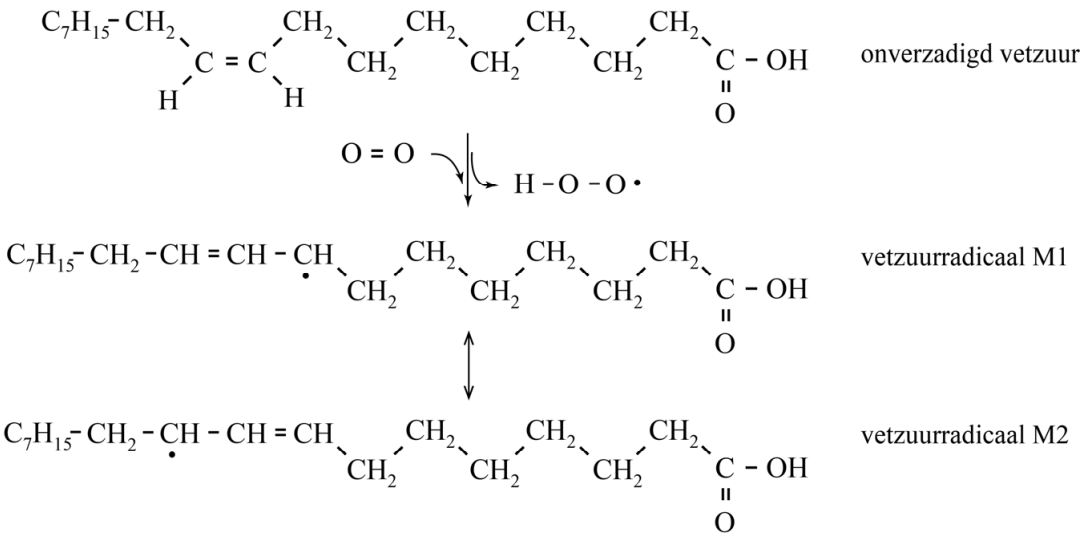
Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Als mensen munten door hun handen laten gaan, ruiken ze een typische ‘metaalgeur’. Ook ijzeren voorwerpen kunnen dit verschijnsel veroorzaken. Uit onderzoek blijkt dat deze geur wordt veroorzaakt door allerlei afbraakproducten van huidvet. Op het metaaloppervlak treedt een reeks van omzettingen op. Als eerste worden vetzuren uit het huidvet gevormd. Voor deze omzetting is, behalve huidvet, nog een beginstof nodig. Hierbij ontstaat, behalve vetzuren, nog een reactieproduct.

2p **7** Geef de namen van deze stoffen. Noteer je antwoord als volgt:
naam van de beginstof: …
naam van het andere reactieproduct: …

De gevormde vetzuren zijn vaak (meervoudig) onverzadigd. Deze onverzadigde vetzuren zijn gevoelig voor zogenoemde peroxidatie.
In de figuur is de eerste stap van de peroxidatie van een onverzadigd vetzuur weergegeven. Uit een molecuul zuurstof en een molecuul van een onverzadigd vetzuur wordt een vetzuur-radicaal gevormd en een H–O–O• radicaal. Van het vetzuur-radicaal bestaan twee mesomere structuren, M1 en M2.

figuur



In de volgende stap van de peroxidatie bindt het H–O–O• radicaal aan de C• in het vetzuur-radicaal, waardoor een molecuul vetzuurperoxide (R–O–O–H) wordt gevormd.
De atoomgroepen rondom de C=C binding in moleculen van onverzadigde vetzuren komen uitsluitend in de *cis*-configuratie voor.
De atoomgroepen rondom de C=C binding in vetzuurperoxidemoleculen komen zowel in de *cis*- als de *trans*-configuratie voor.

2p **8** Leg uit dat in vetzuurperoxidemoleculen de atoomgroepen rondom de C = C binding zowel de *cis*- als de *trans*-configuratie kunnen hebben.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

De gevormde vetzuurperoxides reageren vervolgens met het uit de ijzeren voorwerpen afkomstige Fe^{2+}, waarbij veel reactieproducten ontstaan.
De omzettingen beginnen met een reactie van Fe^{2+} met vetzuurperoxide. Daarbij ontstaan deeltjes met een ongepaard elektron (R–O•) en hydroxide-ionen. Deze reactie van Fe^{2+} met vetzuurperoxide is een redoxreactie, waarbij Fe^{3+} ionen ontstaan.

2p **9** Geef de vergelijking voor de reactie van Fe^{2+} met een vetzuurperoxide. Geef het vetzuurperoxidemolecuul weer met R–O–O–H en het vetzuur-radicaal met R–O• .

Uiteindelijk ontstaat een mengsel van onder andere aldehyden en ketonen. Het zijn deze stoffen die de 'ijzergeur' veroorzaken.
In het onderzoek werd een oppervlak van 0,31 dm^2 van de huid van een proefpersoon in contact gebracht met een oplossing van Fe^{2+} ionen en werden de vluchtige verbindingen die ontstonden, verzameld en geanalyseerd. In de tabel is opgenomen hoeveel mol van een aantal stoffen bij het experiment werd verzameld en geanalyseerd. In de tabel zijn ook de zogenoemde geurdrempels van de stoffen en de molaire massa's opgenomen. De geurdrempel van een stof is het laagste gehalte waarbij een mens die stof kan ruiken.

tabel

	hexanal	**heptanal**	**octanal**	**nonanal**	**decanal**	**oct-1-een-3-on**
hoeveelheid (mol)	$73 \cdot 10^{-12}$	$48 \cdot 10^{-12}$	$234 \cdot 10^{-12}$	$407 \cdot 10^{-12}$	$140 \cdot 10^{-12}$	$24 \cdot 10^{-12}$
geurdrempel ($\mu g\ m^{-3}$)	30	250	5,8	4,5	1	0,03
molaire massa ($g\ mol^{-1}$)	100,2	114,2	128,2	142,2	156,3	126,2

3p **10** Bereken het volume vluchtige verbindingen in cm^3 dat totaal per dm^2 is ontstaan in dit onderzoek ($T = 298$ K, $p = p_0$). Ga er bij de berekening van uit dat:
- 1,0% van de ontstane verbindingen wordt verzameld;
- andere dan de in de tabel genoemde vluchtige verbindingen mogen worden verwaarloosd.
- Het molair volume van een gas is $2{,}45 \cdot 10^{-2}\ m^3\ mol^{-1}$.

Met behulp van de gegevens uit de tabel is na te gaan welke stof de belangrijkste bijdrage levert aan de geur van het mengsel. Dat is de stof waarvan de verhouding tussen de gemeten massa en de geurdrempel het grootst is.

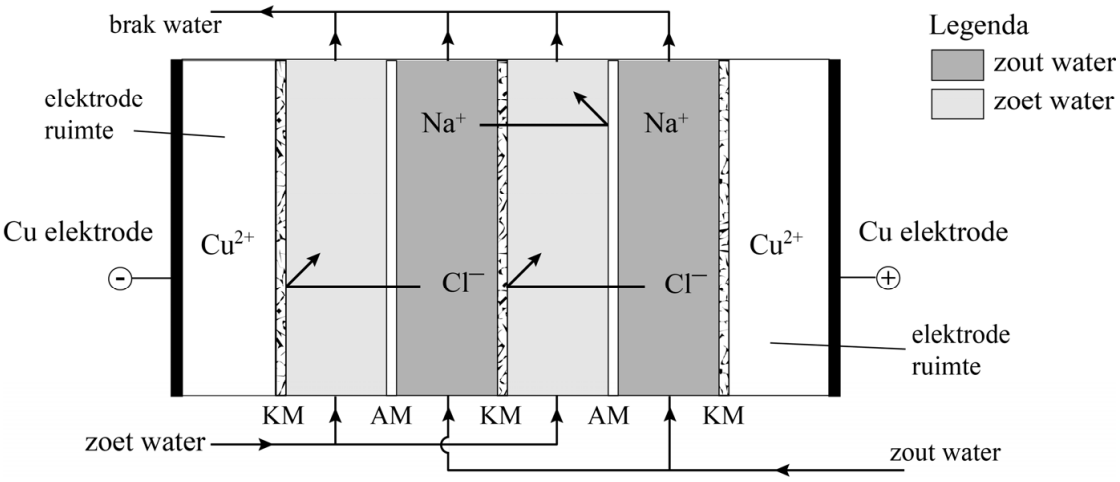
2p **11** Leg uit welke van de stoffen heptanal, nonanal of oct-1-een-3-on de grootste bijdrage aan de geur van het onderzochte mengsel levert.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

RED: stroom uit zout water en zoet water

Het bedrijf REDStack uit Harlingen is sinds 2005 bezig een techniek te ontwikkelen om grootschalig energie op te wekken uit zout water en zoet water. Zij gebruiken hiervoor een bijzondere techniek: reverse electrodialysis (RED). In het vooronderzoek naar deze techniek is een RED-opstelling gebruikt zoals die in de figuur vereenvoudigd is weergegeven.

figuur



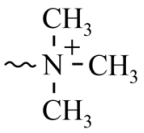
De opstelling bevat door membranen gescheiden compartimenten waar zout water of zoet water wordt ingevoerd. De membranen zijn in de figuur aangegeven met AM en KM.
Omdat de concentraties van Na^+ en Cl^- in zout water veel hoger zijn dan in zoet water, zullen de ionen uit het zoute water door de membranen naar het zoete water bewegen. Omdat in de figuur een membraan AM alleen negatieve ionen doorlaat en KM alleen positieve ionen, bewegen de Cl^- ionen naar links en de Na^+ ionen naar rechts. Door de beweging van de ionen ontstaat een ladingsverschil. Om de opstelling neutraal te houden, treden reacties op aan de elektrodes en ontstaat een elektronenstroom van de linker elektrode naar de rechter elektrode. Op deze wijze wordt stroom opgewekt, die elders nuttig kan worden gebruikt.
De membranen zijn gemaakt van het polymeer van X-fenyletheen.
In de structuurformule van X-fenyletheen bevindt zich op C atoom 4 van de benzeengroep een functionele groep X.
Het X-fenyletheen wordt gepolymeriseerd in aanwezigheid van een kleine hoeveelheid 1,3-diëthenylbenzeen. In de stof 1,3-diëthenylbenzeen zijn aan de benzeenring op plaats 1 en 3 etheengroepen gebonden.

3p **12** Geef een gedeelte van een molecuul van het gevormde polymeer in structuurformule weer. Dit gedeelte moet komen uit het midden van het molecuul en moet bestaan uit één eenheid X-fenyletheen en één eenheid 1,3-diëthenylbenzeen.

2p **13** Leg uit of het ontstane materiaal een netwerkpolymeer is.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Door de groep X in X-fenyletheen te variëren, kunnen de eigenschappen van het materiaal worden aangepast aan de eisen. In één van de twee membranen AM en KM zijn monomeereenheden aanwezig waarin de groep aanwezig is die hiernaast is weergegeven.



Een AM laat alleen negatieve ionen door, een KM alleen positieve ionen.

2p **14** Leg uit of de weergegeven monomeereenheid aanwezig is in het AM of in het KM.

Door de afwisseling van beide membranen ontstaat in de RED-opstelling een ionenstroom van Na^+ naar de positieve elektrode en Cl^- naar de negatieve elektrode. Aan de elektroden verlopen dan halfreacties, zodat de stroomkring wordt gesloten.
In het onderzoek was in beide elektrode-compartimenten een oplossing van $NaCl$ en $CuSO_4$ aanwezig met elektroden van koper, zie de figuur.
De vergelijkingen van de reacties die aan de elektroden verlopen zijn hieronder gegeven.

$Cu\ (s) \rightarrow Cu^{2+} + 2\ e^-$	negatieve elektrode
$Cu^{2+} + 2\ e^- \rightarrow Cu\ (s)$	positieve elektrode

In het onderzoek werd onder andere gemeten hoeveel lading werd overgedragen per m^2.
Bij gebruik van deze opstelling werd gemiddeld per seconde 50 C per m^2 overgedragen. De gebruikte koperelektrode werd hierbij in een week meer dan een millimeter dikker.
Een mol elektronen heeft een lading van $9{,}65 \cdot 10^4$ C.

5p **15** Bereken de toename van de dikte van de koperelektrode in mm gedurende deze week.
Geef de uitkomst in het juiste aantal significante cijfers.

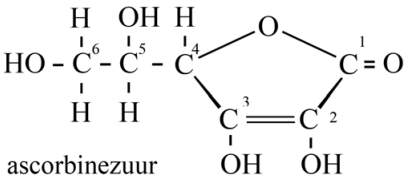
Omdat de koperen elektroden meedoen in de reacties moeten deze zo nu en dan worden vervangen. Hierdoor is het niet mogelijk om continu stroom op te wekken. Het bedrijf REDStack gebruikt een vergelijkbare opstelling, maar dan met onaantastbare elektroden en een andere oplossing in de elektroderuimtes. Gekozen is om in beide elektroderuimtes een oplossing te gebruiken waarin de ionen Fe^{2+}, Fe^{3+}, Na^+ en Cl^- aanwezig zijn. De oplossingen in de elektroderuimtes worden continu rondgepompt tussen beide elektroderuimtes. Hierdoor is het mogelijk om continu stroom op te wekken.

2p **16** Leg uit dat het rondpompen van de beide oplossingen tussen beide elektroderuimtes ervoor zorgt dat er continu stroom kan worden opgewekt.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Ascorbinezuur

Vanaf het begin van de twintigste eeuw is geprobeerd om de structuur op te helderen van ascorbinezuur ($C_6H_8O_6$), bekend als vitamine C.
In 1932 werd de structuur van ascorbinezuur geheel opgehelderd. De structuurformule van ascorbinezuur is hiernaast weergegeven.



ascorbinezuur

Ascorbinezuur is een zwak zuur. Van andere stoffen was al bekend dat de zure eigenschap kan worden veroorzaakt door de aanwezigheid van een carbonzuurgroep in het molecuul, maar ook door een zogeheten enolgroep. Een enolgroep is een C=C–OH groep.
Om uitsluitsel te krijgen over de aanwezigheid van een carbonzuurgroep dan wel een enolgroep in het molecuul, voerde men de volgende twee reacties uit.

1 Reactie met diazomethaan.
Diazomethaan zet OH groepen van uitsluitend carbonzuren en enolgroepen om tot $O–CH_3$ groepen. Bij de reactie van ascorbinezuur met diazomethaan ontstond één reactieproduct met de molecuulformule $C_8H_{12}O_6$. Deze stof noemde men dimethylascorbinezuur. De ontstane stof had geen zure eigenschappen meer.

2 Hydrolyse van het reactieproduct in basisch milieu.
Onder deze omstandigheden worden alleen esterbindingen verbroken. Het bleek dat hierbij slechts één koolstofverbinding ontstond.

3p **17** Geef de vergelijking van deze hydrolyse. Gebruik structuurformules. Neem aan dat de hydrolyse van een cyclische ester op dezelfde manier verloopt als de hydrolyse van een ester.

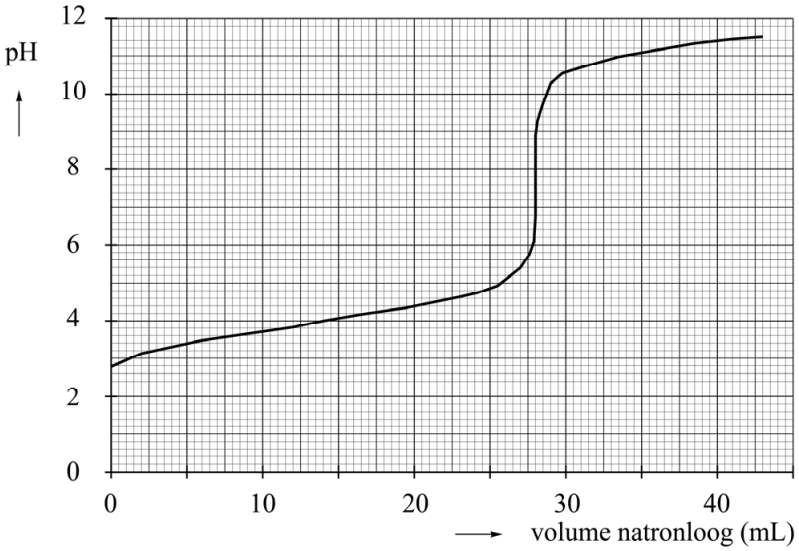
Op basis van de beschreven reacties trok men de volgende conclusies over ascorbinezuur:
- een molecuul ascorbinezuur bevat geen carbonzuurgroep;
- een molecuul ascorbinezuur bevat een cyclische esterbinding;
- ascorbinezuur heeft zure eigenschappen vanwege de aanwezigheid van enolgroepen in het molecuul.

3p **18** Leg uit hoe men deze conclusies heeft kunnen trekken. Noteer je antwoord als volgt:
- Als een molecuul ascorbinezuur een carbonzuurgroep had bevat, dan was er in reactie 2 …
- Als een molecuul ascorbinezuur een niet-cyclische ester had bevat, dan was er in reactie 2 …
- De zure eigenschappen van ascorbinezuur worden veroorzaakt door de aanwezigheid van enolgroepen in het molecuul, want na reactie … bleek dat …

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

De zuurconstante van ascorbinezuur is in 1935 bepaald door een titratie met natronloog. In figuur 1 is het pH-verloop van deze titratie weergegeven. Op het punt dat de lijn uit figuur 1 het steilst is, is alle ascorbinezuur omgezet. Uit figuur 1 is op te maken dat ascorbinezuur in deze titratie reageert als een eenwaardig zuur.

figuur 1



Met behulp van de grafiek kan worden berekend wat de waarde is van de K_z van ascorbinezuur. Hiertoe lazen de onderzoekers de waarde van de pH af, op het punt dat de helft van alle ascorbinezuur met natronloog heeft gereageerd.

5p **19** Bereken de waarde van de K_z van ascorbinezuur, zoals de onderzoekers die hebben bepaald. Geef de uitkomst in het juiste aantal significante cijfers.

Let op: de laatste vragen van dit examen staan op de volgende pagina.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

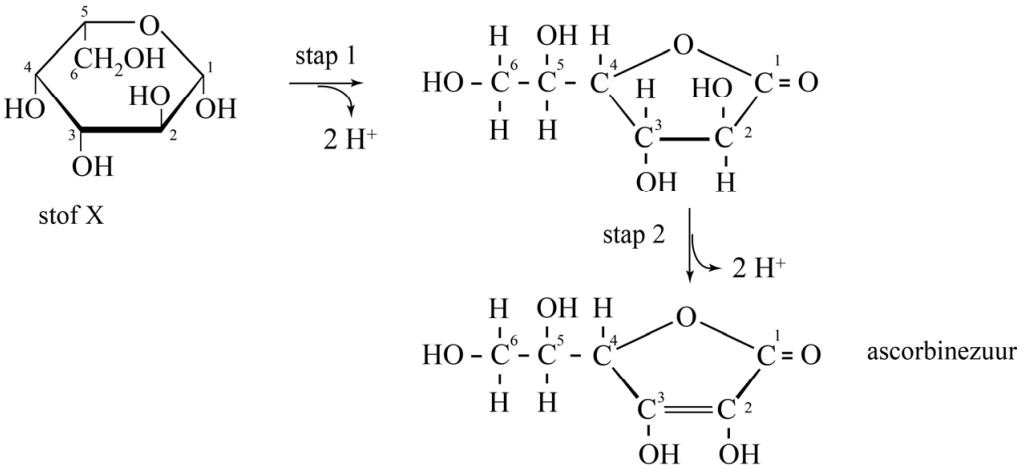
Slechts één van de OH groepen op C-2 en C-3 kan in zuur-basereacties een H^+ ion afstaan. Dit kan worden verklaard met behulp van Lewisstructuren. In één van beide zuurrestionen treedt namelijk mesomerie op en in het andere zuurrestion niet. Op de uitwerkbijlage staan twee onvolledige Lewisstructuren weergegeven van de zuurrestionen die gevormd zouden worden als van ascorbinezuur een OH groep op C-2 dan wel op C-3 een H^+ ion afstaat.

2p **20** Maak op de uitwerkbijlage de Lewisstructuur van de weergegeven zuurrestionen compleet met de ontbrekende elektronenparen.

2p **21** Geef op de uitwerkbijlage de andere mesomere grensstructuur van het zuurrestion dat ontstaat als ascorbinezuur een H^+ ion afstaat. Gebruik Lewisstructuren en geef formele lading(en) aan.

In later onderzoek is onderzocht hoe ascorbinezuur wordt gesynthetiseerd door planten. Het bleek dat ascorbinezuur wordt gesynthetiseerd uit de beginstof (α)D-glucose. In een aantal stappen wordt glucose eerst omgezet tot stof X. Vervolgens treden de reacties op die zijn weergegeven in figuur 2.

figuur 2



2p **22** Leg uit of stof X in stap 1 van figuur 2 met een oxidator of een reductor moet reageren.

Beide omzettingen uit figuur 2 worden gekatalyseerd door enzymen. In stap 1 en 2 wordt in planten slechts één mogelijke stereo-isomeer van de ontstane stoffen gevormd. De omzetting van stap 2 kan in het laboratorium ook worden uitgevoerd zonder enzym.

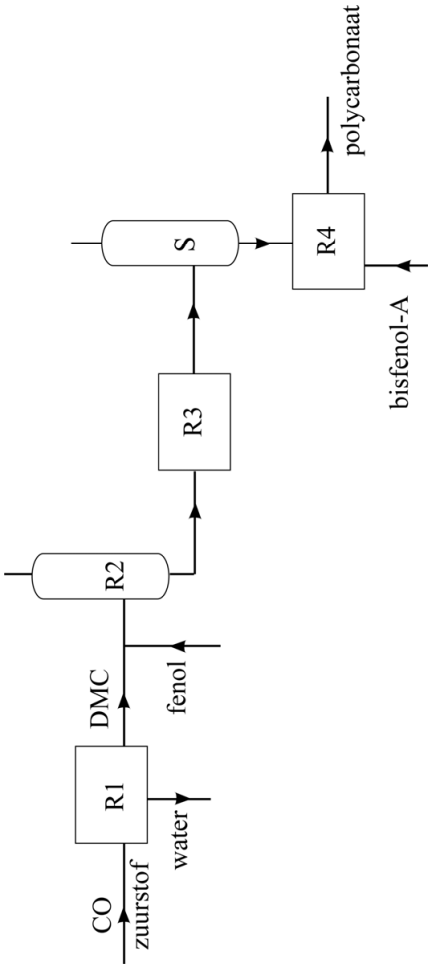
2p **23** Leg uit of in stap 2 ook nog andere stereo-isomeren van ascorbinezuur kunnen ontstaan als de reactie wordt uitgevoerd zonder het enzym.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

uitwerkbijlage

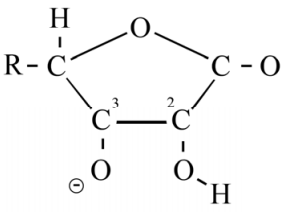
Naam kandidaat _____ Kandidaatnummer _____

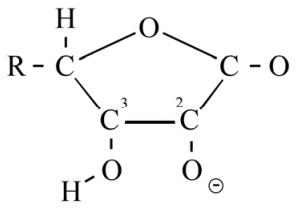
4



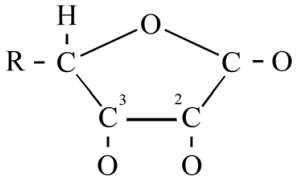
Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

20





21



VERGEET NIET DEZE UITWERKBIJLAGE IN TE LEVEREN

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Examen VWO

2019

tijdvak 1
donderdag 9 mei
13.30 - 16.30 uur

scheikunde

Bij dit examen hoort een uitwerkbijlage.

Maak zo nodig gebruik van Binas of ScienceData

Dit examen bestaat uit 28 vragen.
Voor dit examen zijn maximaal 67 punten te behalen.
Voor elk vraagnummer staat hoeveel punten met een goed antwoord behaald kunnen worden.

Als bij een vraag een verklaring, uitleg, berekening of afleiding gevraagd wordt, worden aan het antwoord meestal geen punten toegekend als deze verklaring, uitleg, berekening of afleiding ontbreekt.

Geef niet meer antwoorden (redenen, voorbeelden e.d.) dan er worden gevraagd. Als er bijvoorbeeld twee redenen worden gevraagd en je geeft meer dan twee redenen, dan worden alleen de eerste twee in de beoordeling meegeteld.

VW-1028-a-19-1-o

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Afvalhout als grondstof

Caprolactam is een belangrijke grondstof waar onder andere nylon van wordt gemaakt. Tot nu toe werd caprolactam geproduceerd uit aardolie. Vanwege de toekomstige schaarste van aardolie wordt er gezocht naar hernieuwbare grondstoffen voor caprolactam. Een nieuwe ontwikkeling betreft de toepassing van afvalhout als grondstof voor caprolactam. Een belangrijk tussenproduct hierbij is levulinezuur ($C_5H_8O_3$).
De structuurformule van levulinezuur is hieronder weergegeven.

$$CH_3-\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}-CH_2-CH_2-\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}-OH$$

levulinezuur

De stappen die verlopen bij de omzetting van afvalhout tot uiteindelijk caprolactam zijn hieronder verkort weergegeven.

afvalhout $\rightarrow$ suikers $\rightarrow$ levulinezuur $\rightarrow$ caprolactam

Voor de productie van levulinezuur wordt een batch bereid van pulp (gemalen afvalhout), geconcentreerd zwavelzuur en water. Het ontstane reactiemengsel bevat 21 massa% afvalhout en 3,0 massa% zwavelzuur. Een batch bevat 200 kg reactiemengsel.

2p **1** Bereken het volume in L geconcentreerd zwavelzuur dat nodig is per batch. Maak gebruik van de volgende gegevens:
- Geconcentreerd zwavelzuur bevat 98,0 massa% zwavelzuur.
- Geconcentreerd zwavelzuur heeft een dichtheid van 1,832 kg L^{-1}.

Een vereenvoudigd en onvolledig blokschema voor de productie van levulinezuur is op de uitwerkbijlage bij vraag 4 weergegeven. Het proces bestaat uit een aantal stappen:
- In een mengkamer M wordt de batch bereid, waarna het reactiemengsel naar reactor R1 wordt geleid.
- In R1 wordt de cellulose uit de pulp eerst omgezet tot onder andere disachariden zoals maltose. Hieruit worden vervolgens levulinezuur, methaanzuur en water gevormd. Er ontstaan tevens bijproducten. Onder de gebruikte omstandigheden verdampt het ontstane methaanzuur en wordt het afgevoerd uit R1.

Het zwavelzuur treedt in R1 op als katalysator.

3p **2** Geef de vergelijking van de omzetting van maltose tot levulinezuur, methaanzuur en water.
- Gebruik molecuulformules.
- Gebruik Binas-tabel 67F of ScienceData-tabel 13.1.d.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

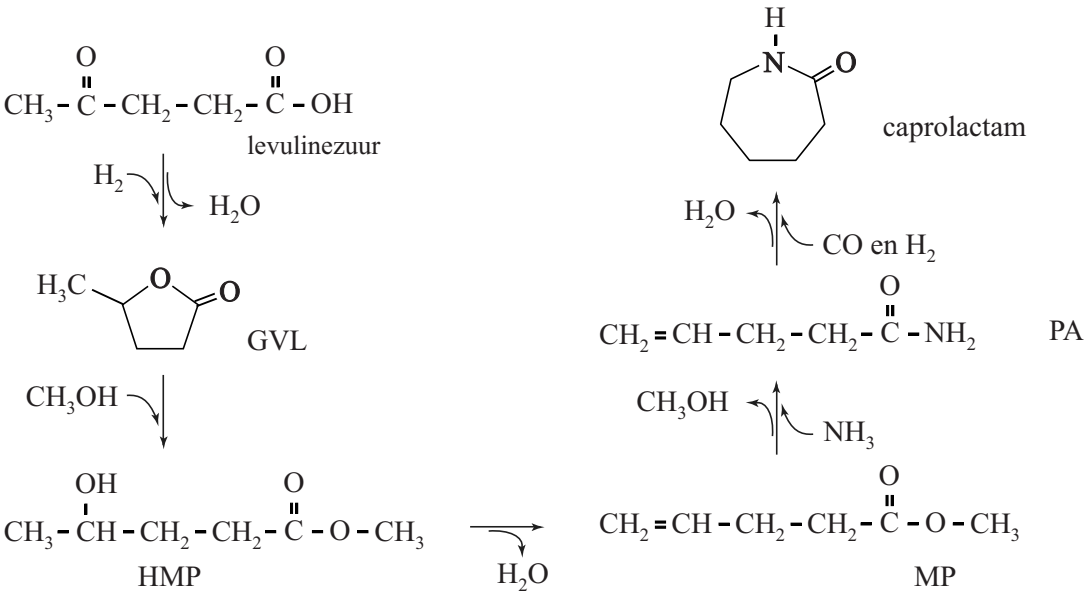
– Vervolgens wordt de in R1 ontstane suspensie gescheiden in scheidingsruimte 1 (S1). Het vaste afval met daarin alle pulpresten en een deel van het water en zwavelzuur wordt afgevoerd. De rest van het mengsel wordt naar scheidingsruimte 2 (S2) gevoerd.
– In S2 wordt 4-methyl-pentaan-2-on (MIBK) aan het filtraat toegevoegd.
Levulinezuur en alle bijproducten van de reactie in R1 lossen op in het MIBK en de rest van het zwavelzuur en water niet.
– Het deel van het mengsel met daarin levulinezuur wordt doorgevoerd naar scheidingsruimte 3 (S3).
– In S3 wordt levulinezuur afgescheiden van MIBK en de bijproducten door middel van gefractioneerde destillatie. De bijproducten verlaten S3 aan de onderzijde. De stof met het laagste kookpunt komt boven uit S3.

3p **3** Leg uit op microniveau welke stof een lager kookpunt heeft: MIBK of levulinezuur.

4p **4** Maak het blokschema op de uitwerkbijlage compleet.
– Noteer ontbrekende pijlen en ontbrekende stoffen bij de pijlen.
– Houd daarbij rekening met hergebruik van stoffen.

De uiteindelijke omzetting van levulinezuur tot caprolactam is in de figuur weergegeven.

figuur



Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

De omzetting van de stof GVL tot HMP wordt gekatalyseerd door H^+-ionen. Het O-atoom van de ketongroep van GVL neemt hierbij eerst een H^+-ion op. Hierbij wordt een deeltje X gevormd. De Lewisstructuur van het deeltje X is op de uitwerkbijlage onvolledig weergegeven. Het deeltje Y is een grensstructuur van deeltje X.
Vervolgens valt het O-atoom van methanol als nucleofiel aan op deeltje Y, waarbij HMP ontstaat.
In het deeltje Y komt een atoom voor waarbij niet wordt voldaan aan de oktetregel.

2p **5** Maak op de uitwerkbijlage de grensstructuur van beide deeltjes af. Geef formele lading(en) aan.

Het totale rendement van de omzettingen van levulinezuur tot caprolactam is nog laag.

3p **6** Geef met behulp van de figuur de totaalvergelijking voor de omzetting van levulinezuur tot caprolactam. Gebruik molecuulformules.

2p **7** Bereken de atoomeconomie van de omzetting van levulinezuur tot caprolactam volgens de figuur.

Deze productie van caprolactam is ontworpen zodat afvalhout nuttig kan worden gebruikt als hernieuwbare grondstof. Toch kan het proces als geheel nog niet groen worden genoemd op basis van de uitgangspunten van de groene chemie.

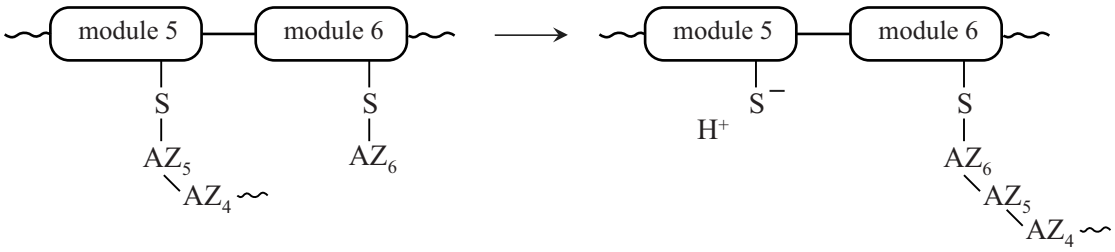
2p **8** Geef twee argumenten voor de stelling dat deze productie van caprolactam nog niet groen kan worden genoemd.
- Baseer je argumenten op de uitgangspunten 7, 8 en/of 12.
- Gebruik Binas-tabel 97F of ScienceData-tabel 38.6.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Teixobactine

In 2015 is een nieuw soort antibioticum ontdekt, het zogeheten teixobactine. Teixobactine wordt gemaakt door een bepaald type bodembacterie om zich te verdedigen tegen andere bacteriën.
In deze bacterie wordt teixobactine gemaakt door een zeer groot enzym: een zogeheten niet-ribosomaal peptide synthetase (NRPS).
De aminozuurvolgorde voor teixobactine is niet gecodeerd via mRNA, maar direct vastgelegd in de structuur van het betrokken NRPS-enzym.
Het NRPS-enzym bestaat uit elf katalytische delen (modules) die ieder één aminozuur aan de peptideketen toevoegen.
Hoe een module van het NRPS telkens één aminozuur (AZ) aan de peptideketen toevoegt, is in de figuur vereenvoudigd weergegeven. Met AZ_n zijn aminozuren uit het midden van de groeiende peptideketen weergegeven.

figuur

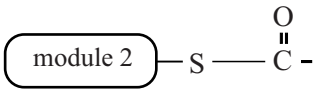


Op de uitwerkbijlage is de figuur gedeeltelijk weergegeven met structuurformules.

2p **9** Voer de volgende opdrachten uit:
- Geef op de uitwerkbijlage links van de reactiepijl de niet-bindende elektronenparen weer.
- Geef met pijlen weer hoe elektronenparen worden verplaatst tijdens deze reactie.

Aan module 1 wordt als eerste gemethyleerd fenylalanine gekoppeld.
In dit fenylalanine is op de aminogroep een H-atoom vervangen door een methylgroep. Aan module 2 wordt isoleucine gekoppeld, waarna de beide aminozuren aan elkaar worden gekoppeld zoals in de figuur is weergegeven.

3p **10** Geef de structuurformule van module 2 waaraan isoleucine en gemethyleerd fenylalanine zijn gekoppeld.Geef module 2 en de binding met het koolstofatoom van de zuurgroep van Ile als volgt weer:



Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Het uiteindelijk gevormde polypeptide is op de uitwerkbijlage schematisch weergegeven als beginstof voor de omzetting tot teixobactine.
In de figuur op de uitwerkbijlage staat de letter R symbool voor de niet-weergegeven delen van de peptideketen. In de structuur van het polypeptide is een aminozuureenheid enduracididine aanwezig. Dit enduracididine is aangegeven met een pijl. Dit aminozuur wordt door de bacterie gevormd uit een niet-cyclisch aminozuur. Tijdens deze reactie ontstaat een ringstructuur en worden twee H-atomen afgesplitst.

3p **11** Geef de structuurformule van het aminozuur enduracididine en geef de naam van het aminozuur waaruit enduracididine wordt gevormd.
Gebruik Binas-tabel 67H1 of ScienceData tabel 13.7.

Wanneer alle aminozuren aan de peptideketen zijn toegevoegd, treedt ringsluiting op, waardoor de keten van module 11 wordt afgesplitst. Deze reactie is op de uitwerkbijlage weergegeven.
Bij de ringsluiting ontstaat een ester. Uit de figuur op de uitwerkbijlage valt af te leiden welke atoomgroepen in de peptideketen betrokken zijn in deze reactie.

3p **12** Voer de volgende opdrachten uit:
- Omcirkel op de uitwerkbijlage rechts van de reactiepijl de gevormde estergroep.
- Omcirkel op de uitwerkbijlage links van de reactiepijl zowel het nucleofiele als het elektrofiele atoom.
- Geef bij elk omcirkeld atoom aan of het als nucleofiel of als elektrofiel optreedt in de reactie.

Om de effectiviteit van teixobactine te onderzoeken, besmetten de onderzoekers een aantal muizen met de moeilijk te bestrijden MRSA-bacterie. Vervolgens diende men teixobactine of het reeds bekende antibioticum vancomycine toe. Men vergeleek hierbij de PD-50-waarde (Protective Dose). Dit is de dosis (mg kg^{-1}) antibioticum waarbij de helft van de besmette muizen wordt beschermd tegen de MRSA-bacterie. In de tabel zijn enkele gegevens van beide antibiotica weergegeven.

tabel

antibioticum	molaire massa (g mol^{-1})	PD-50 (mg kg^{-1})
vancomycine	$1{,}45 \cdot 10^3$	2,75
teixobactine	$1{,}24 \cdot 10^3$	0,20

2p **13** Bereken met behulp van de tabel hoeveel moleculen vancomycine nodig zijn om net zo effectief te zijn als één molecuul teixobactine.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Melamine detecteren in voeding

Melkpoeder voor babymelk bevat eiwitten die een baby nodig heeft om te groeien. Om het eiwitgehalte in melkpoeder te bepalen wordt gebruikgemaakt van de Kjeldahl-methode. De Kjeldahl-methode bestaat uit de volgende stappen:

1 Alle stikstofatomen in het melkpoeder worden omgezet tot ammoniumionen.
2 Aan de ontstane oplossing wordt een overmaat kaliloog toegevoegd. Hierbij treedt de volgende reactie op:
$NH_4^+ + OH^- \rightarrow NH_3 + H_2O$
3 Door het mengsel te verwarmen komt de ammoniak vrij als gas. De ammoniak wordt vervolgens door een boorzuuroplossing geleid. Hierbij treedt de volgende reactie op:
$H_3BO_3 + NH_3 \rightarrow NH_4^+ + H_2BO_3^-$
4 Het mengsel dat is ontstaan na het doorleiden van ammoniak, wordt met zoutzuur getitreerd. Hierbij treedt de volgende reactie op:
$H_2BO_3^- + H_3O^+ \rightarrow H_3BO_3 + H_2O$

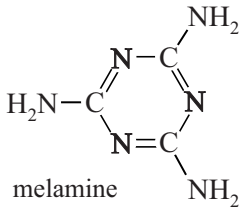
Uit het titratieresultaat kan het massapercentage stikstof (N) worden berekend.

1p **14** Leg uit of de overmaat kaliloog in stap 2 nauwkeurig bekend moet zijn.

Henrike en Marjel bepalen het eiwitgehalte in een bepaald soort melkpoeder volgens de Kjeldahl-methode.
Ze wegen 0,505 g melkpoeder af. Bij de titratie gebruiken ze zoutzuur met een concentratie van 0,102 M. Ze lezen een beginstand van 2,25 mL en een eindstand van 7,84 mL af.
Het massapercentage stikstof (N) in een monster kan worden omgerekend naar het massapercentage eiwit door te vermenigvuldigen met 6,38.

3p **15** Bereken het massapercentage eiwit in het melkpoeder.
Neem aan dat de molverhouding H_3O^+ en N 1 : 1 is.

Een nadeel van de Kjeldahl-methode is, dat alle stikstofatomen worden bepaald en de methode dus niet selectief is voor eiwitten. Hierdoor bleef het in China lang onopgemerkt dat men de stikstofrijke stof melamine aan melkpoeder toevoegde om het eiwitgehalte hoger te doen lijken. De structuurformule van melamine is hiernaast weergegeven.



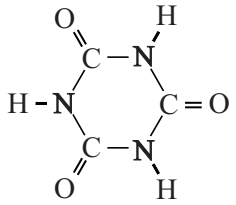
melamine

Een handelaar had melamine toegevoegd aan een partij melkpoeder, bestemd voor de bereiding van $5{,}0 \cdot 10^3$ L melk. Het gehalte stikstof in het poeder was hierdoor voldoende om $7{,}5 \cdot 10^3$ L melk te kunnen bereiden.

3p **16** Bereken de massa in g melamine die deze handelaar had toegevoegd.
Melk bevat gemiddeld 3,3 gram eiwit per 100 mL melk.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

In 2007 kwam het schandaal aan het licht omdat veel baby's ziek werden. Ook huisdierenvoer bleek verontreinigd. In dit voer was behalve melamine ook cyanuurzuur aanwezig. De structuurformule van cyanuurzuur is hiernaast weergegeven. Het bleek dat deze stoffen in de nieren kristallen vormen die het nierweefsel aantasten.



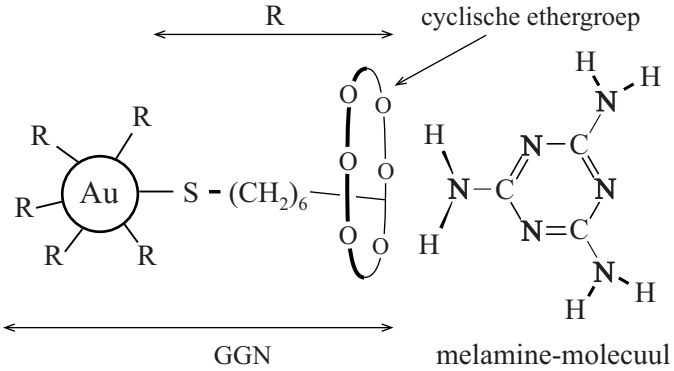
cyanuurzuur

De vorming van deze kristallen wordt veroorzaakt doordat moleculen van beide stoffen waterstofbruggen vormen met elkaar, waardoor platte lagen worden gevormd. Op de uitwerkbijlage is een molecuul melamine weergegeven.

2p **17** Geef op de uitwerkbijlage weer hoe een molecuul cyanuurzuur door middel van drie waterstofbruggen aan een molecuul melamine is gebonden. Geef elke waterstofbrug weer met een stippellijn.

Om melamine te detecteren in voeding is een methode ontwikkeld die gebruikmaakt van gefunctionaliseerde goud-nanodeeltjes (GGN's).
In figuur 1 is een GGN weergegeven. Aan het oppervlak van een goud-nanodeeltje zijn enkele functionele groepen (R) gekoppeld.
Elke R-groep eindigt met een cyclische ethergroep, bestaande uit zes ~O–CH_2–CH_2~ eenheden in een ring. De ethergroep is in figuur 1 vereenvoudigd weergegeven.
De ethergroep vormt waterstofbruggen met een NH_2-groep van een melamine-molecuul. De binding van de ethergroep met een NH_2-groep is zeer specifiek en is veel sterker dan de binding aan andere groepen of moleculen. Elke R-groep kan één molecuul melamine binden.

figuur 1



Als GGN's worden toegevoegd aan een mengsel waarin melamine aanwezig is, vormen zich netwerken waarin vele GGN's en moleculen melamine aan elkaar gebonden zijn met waterstofbruggen.

2p **18** Leg uit op microniveau dat deze netwerken ontstaan als in een mengsel melamine en GGN's aanwezig zijn.

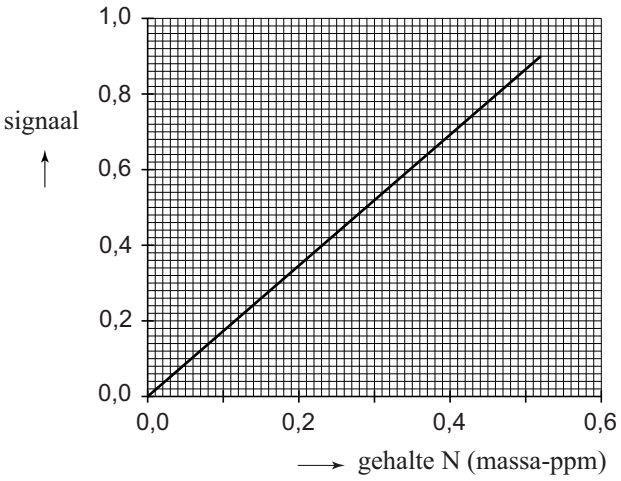
Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

In de netwerken van melamine en GGN's is de afstand tussen de verschillende GGN's klein. Door de kleine afstand ontstaat een interactie tussen de aanwezige deeltjes goud. Deze interactie veroorzaakt een specifieke kleur.
Als GGN's aan een eiwit-oplossing worden toegevoegd, binden de GGN's aan de eiwitketens. Toch blijkt dan geen kleuring te ontstaan, waardoor de meting aan melamine in eiwitrijke mengsels dus niet wordt verstoord. De GGN's binden niet aan de aanwezige peptidegroepen in eiwitten.

2p **19**
- Leg uit dat GGN's wel binden aan eiwitten,
- maar dat er geen kleuring ontstaat wanneer GGN's aan een eiwit-oplossing worden toegevoegd.

Het blijkt dat de kleur van het mengsel van GGN's en melamine afhankelijk is van het gehalte melamine, waardoor bepaling van het gehalte melamine mogelijk wordt.
De onderzoekers hebben een serie monsters bereid waarin uitsluitend melamine aanwezig was. Hiervan hebben ze met behulp van de GGN's de kleuring bepaald. De resultaten van de metingen zijn in figuur 2 weergegeven. Het gehalte melamine in de monsters is hierbij uitgedrukt als gehalte N in massa-ppm.

figuur 2



De onderzoekers hebben vervolgens een monster melk onderzocht, dat was bereid met verontreinigd melkpoeder. Het gemeten signaal bedroeg 0,68. De grenswaarde (TGG) van melamine voor baby's bedraagt 0,50 mg melamine per kg lichaamsgewicht.

4p **20** Bereken met behulp van figuur 2 of de grenswaarde in dit geval wordt overschreden.
- Neem aan dat een baby van 5,0 kg gemiddeld 750 mL van deze melk drinkt per dag.
- De dichtheid van melk bedraagt $1{,}02 \cdot 10^3$ kg m^{-3}.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Ammoniak en energie uit afvalwater

Wereldwijd wordt jaarlijks ongeveer $1{,}0 \cdot 10^8$ ton ammoniak (NH_3) geproduceerd om stikstofrijke verbindingen te maken voor kunstmest.
In fabrieken wordt hiervoor aardgas gebruikt als energiebron en als bron van waterstofatomen.
Het totaalproces kan worden gezien als een reactie van methaan met zuurstof, water en stikstof. Als reactieproducten ontstaan koolstofdioxide en ammoniak. In het proces wordt gemiddeld een mol methaan ingevoerd per mol N_2. Het water wordt als vloeistof in het proces ingevoerd.

2p **21** Geef de reactievergelijking van deze productie van ammoniak.

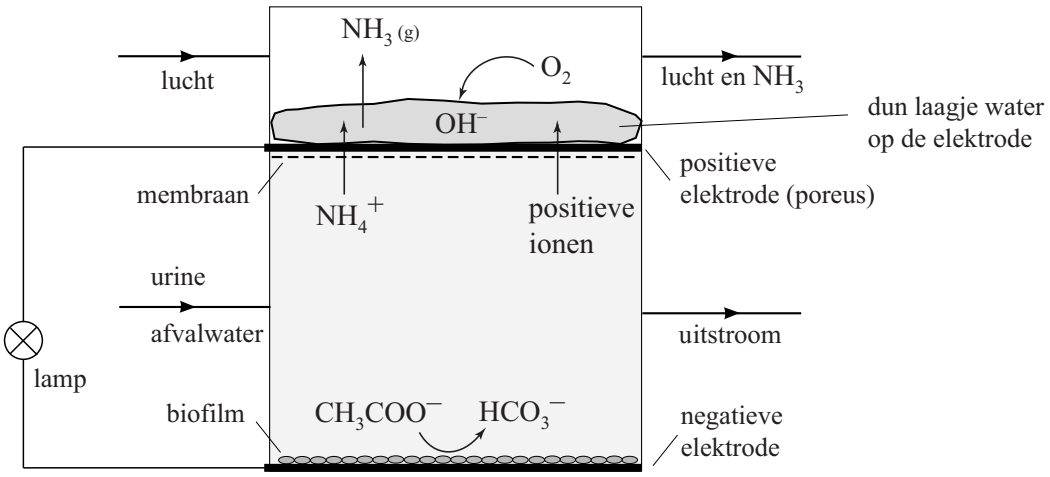
3p **22** Bereken de reactiewarmte van het totaalproces in joule per mol ammoniak.

De kunstmest levert de stikstofverbindingen die noodzakelijk zijn voor een goede groei van gewassen.

1p **23** Noem twee soorten biologische macromoleculen waarvoor de opname van stikstofverbindingen essentieel is.

In een Nederlandse onderzoeksgroep is onderzocht of het mogelijk is om ammoniak uit urine te winnen met een brandstofcel. In verse urine is de meeste stikstof gebonden als ureum. Wanneer urine in afvalwater terechtkomt, wordt het ureum door micro-organismen gehydrolyseerd tot ammoniak en koolzuur (H_2CO_3). In het onderzoek is urine gemengd met afvalwater. Bij de gebruikte pH van het mengsel is het uit ureum gevormde ammoniak volledig omgezet tot NH_4^+.
In figuur 1 is de gebruikte brandstofcel schematisch weergegeven.

figuur 1



Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

De negatieve elektrode is bedekt met een dunne laag micro-organismen (biofilm) die organische verbindingen afbreken. De elektronen die hierbij vrijkomen gaan via een externe stroomkring naar de positieve elektrode. Aan de positieve elektrode verloopt de onderstaande halfreactie:

$$O_2 + 2\ H_2O + 4\ e^- \rightarrow 4\ OH^-$$

In afvalwater zijn onder andere ethanoaat-ionen aanwezig.

3p **24** Geef aan de hand van figuur 1 de vergelijking voor de halfreactie van ethanoaat aan de negatieve elektrode van de brandstofcel.

De positieve elektrode is poreus, zodat de in het afvalwater en de urine aanwezige positieve ionen erdoorheen kunnen bewegen.
Wanneer tijdens stroomlevering uitsluitend ionen zoals Na^+ en K^+ het membraan en de poreuze elektrode passeren, stijgt de pH in het waterlaagje op de positieve elektrode.
Wanneer tijdens stroomlevering uitsluitend NH_4^+ en H^+ door het membraan gaan, blijft de pH in het waterlaagje op de positieve elektrode gelijk.

2p **25** Leg uit dat tijdens stroomlevering de pH in het waterlaagje bij de positieve elektrode gelijk blijft wanneer uitsluitend NH_4^+ en H^+ het membraan passeren.

Wanneer NH_4^+ door het membraan gaat, wordt dit in het waterlaagje omgezet tot NH_3. Op de positieve elektrode is slechts een dun laagje water aanwezig, zodat de gevormde ammoniak snel uit het water ontwijkt en door de luchtstroom wordt meegevoerd.
Om de zo gevormde ammoniak om te zetten tot een stof die in kunstmest kan worden verwerkt, wordt de uitgaande luchtstroom door een oplossing geleid. In veel soorten kunstmest is ammoniumnitraat verwerkt.

1p **26** Geef aan welke stof in water moet worden opgelost om op deze wijze een oplossing met ammoniumnitraat te verkrijgen.

De onderzoekers wilden bepalen welk deel van het ladingstransport door het membraan van de brandstofcel plaatsvond via NH_4^+.
Hiertoe hebben de onderzoekers op regelmatige tijdstippen de hoeveelheid ammoniak bepaald die zich in de luchtstroom bevond.

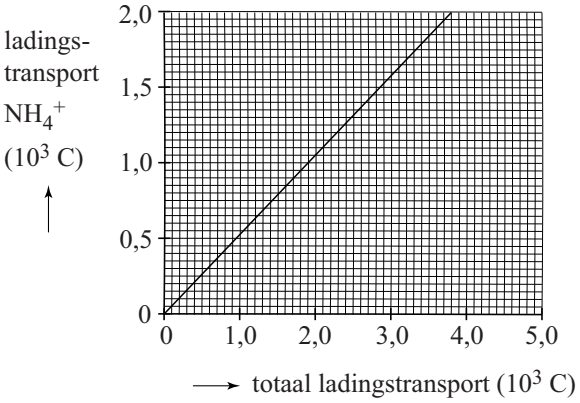
2p **27** Beschrijf globaal hoe de onderzoekers de hoeveelheid ammoniak in de luchtstroom hebben bepaald.

Let op: de laatste vraag van dit examen staat op de volgende pagina.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

In figuur 2 is het resultaat van de metingen aan het ladingstransport door NH_4^+ weergegeven.

figuur 2



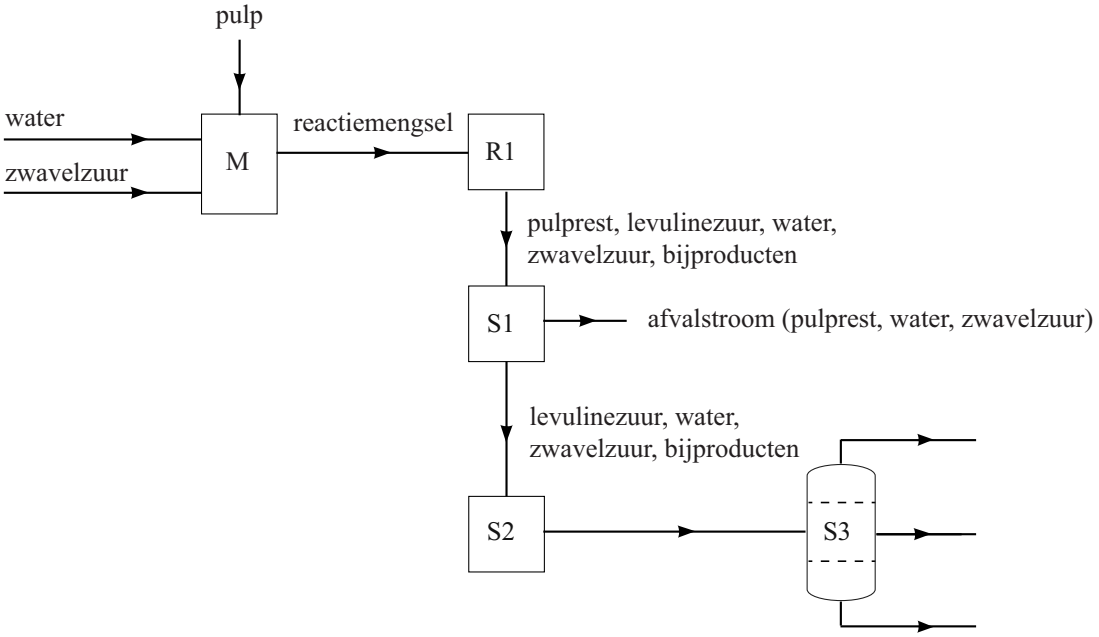
2p **28** Bereken met behulp van figuur 2 de massa in g ammoniak die door het membraan is gepasseerd, wanneer het totale ladingstransport $3{,}0 \cdot 10^3$ C is. Een mol NH_4^+ heeft een lading van $9{,}65 \cdot 10^4$ C.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

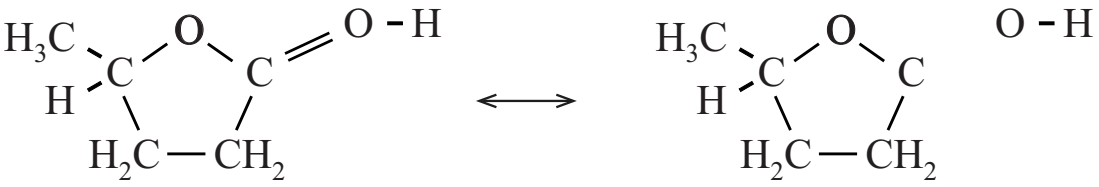
uitwerkbijlage

Naam kandidaat _____ Kandidaatnummer _____

4



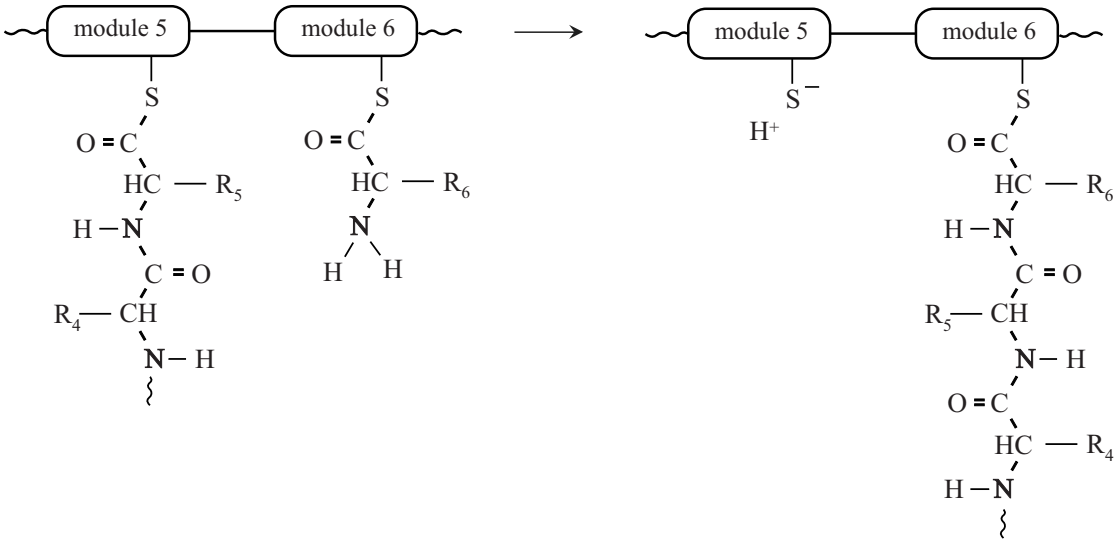
5



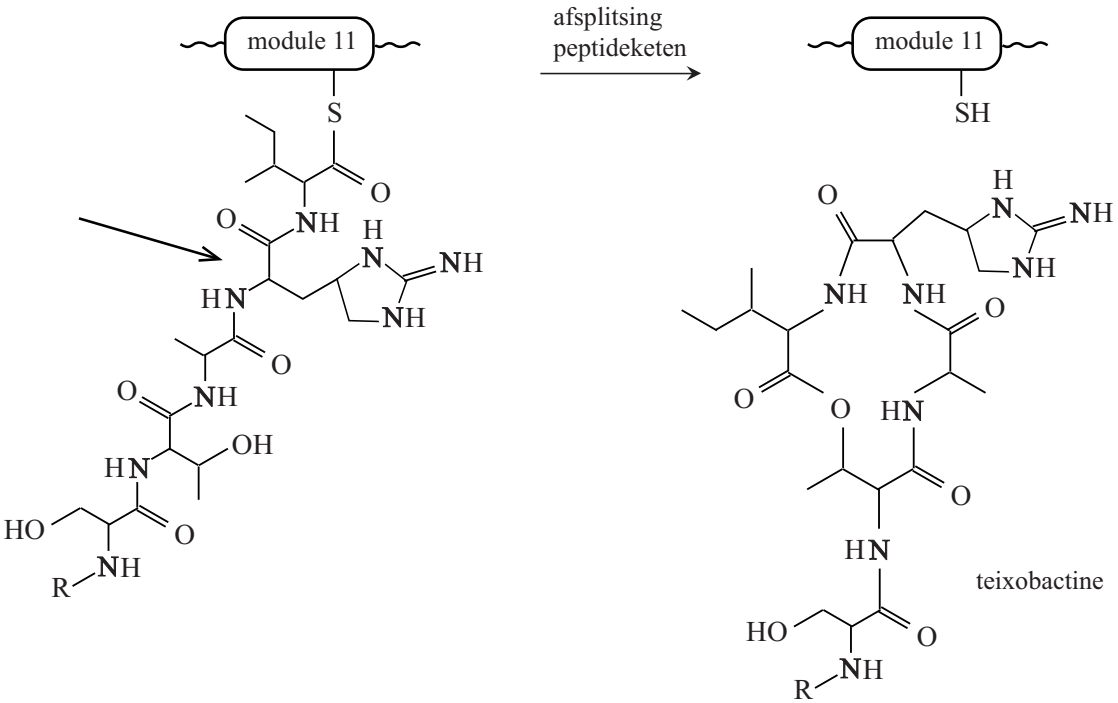
X Y

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

9

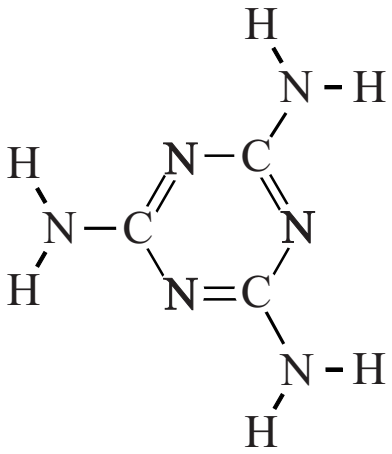


11 en 12



Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

17



VERGEET NIET DEZE UITWERKBIJLAGE IN TE LEVEREN

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Examen VWO

2019

tijdvak 2
dinsdag 18 juni
13.30 - 16.30 uur

scheikunde

Bij dit examen hoort een uitwerkbijlage.

Maak zo nodig gebruik van Binas of ScienceData.

Dit examen bestaat uit 27 vragen.
Voor dit examen zijn maximaal 67 punten te behalen.
Voor elk vraagnummer staat hoeveel punten met een goed antwoord behaald kunnen worden.

Als bij een vraag een verklaring, uitleg, berekening of afleiding gevraagd wordt, worden aan het antwoord meestal geen punten toegekend als deze verklaring, uitleg, berekening of afleiding ontbreekt.

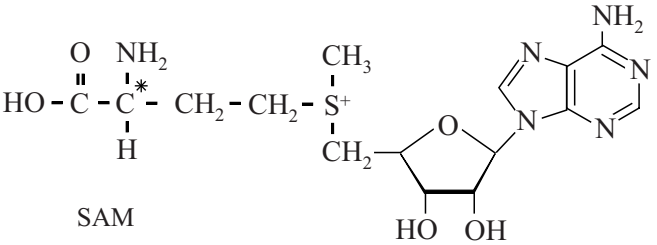
Geef niet meer antwoorden (redenen, voorbeelden e.d.) dan er worden gevraagd. Als er bijvoorbeeld twee redenen worden gevraagd en je geeft meer dan twee redenen, dan worden alleen de eerste twee in de beoordeling meegeteld.

VW-1028-a-19-2-o

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Lang houdbare appels

Een rijpe appel produceert etheen. Op de uitwerkbijlage bij vraag 5 staat de biosynthese van etheen in appels schematisch weergegeven in een reactieschema. In reactie I van het reactieschema wordt onder invloed van het enzym SAM-synthetase het deeltje SAM gevormd uit onder andere ATP en het aminozuur methionine.



Het methionine heeft maar één stereo-isomeer. Bij de vorming van SAM verandert de ruimtelijke bouw rondom het C*-atoom van methionine niet. Toch kunnen in reactie I twee stereo-isomeren van SAM worden gevormd. Dit wordt veroorzaakt doordat de groepen rondom het S-atoom in SAM, net als bij een koolstofatoom, op twee verschillende manieren kunnen zijn gerangschikt.

2p **1** Leg uit dat van SAM twee stereo-isomeren bestaan.
- Geef in je antwoord de Lewisstructuur van SAM.
- Gebruik hierbij de aanduiding R_1 enzovoort als notatie voor de atoomgroepen rondom het S-atoom.

Uit onderzoek blijkt dat slechts een van beide stereo-isomeren van SAM wordt gevormd door SAM-synthetase.

1p **2** Leg uit waarom slechts een van beide stereo-isomeren van SAM wordt gevormd door SAM-synthetase.

In reactie II van het reactieschema wordt SAM onder invloed van het enzym ACC-synthase omgezet. De biosynthese van dit enzym verloopt in twee stappen. Op basis van de DNA-code wordt eerst een aminozuurketen gevormd van 473 aminozuren. Vervolgens wordt de aminozuurketen op twee plaatsen gehydrolyseerd, waardoor de ACC-synthase nog 421 aminozuren bevat. Een van de beide plaatsen waar hydrolyse optreedt, is tussen de aminozuren Gly–430 en Glu–431.

3p **3** Geef de hydrolyse van het gedeelte ~Gly – Glu~ in een reactievergelijking weer. Gebruik structuurformules.

Het in reactie II gevormde ACC ($C_4H_7NO_2$) wordt in reactie III onder invloed van het enzym ACC-oxidase omgezet tot onder andere etheen. Uit één molecuul ACC wordt hierbij één molecuul etheen gevormd.

2p **4** Geef de vergelijking van reactie III in molecuulformules. Gebruik informatie uit het reactieschema.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Uit het reactieschema is af te leiden dat de atomen in etheen, via SAM en ACC, uiteindelijk van methionine afkomstig zijn.

2p **5** Omcirkel op de uitwerkbijlage in de structuurformules van methionine, SAM en ACC de atomen die uiteindelijk in etheen terechtkomen.

Het etheen komt vrij uit de appel en bevordert de rijping van andere appels. Om appels lang houdbaar te maken, moet de vorming van etheen worden geremd. De biosynthese van etheen kan worden geremd met het gas 1-methylcyclopropeen (MCP).
Het effect van MCP op de activiteit van de enzymen ACC-synthase en ACC-oxidase is onderzocht. Hiertoe werden appels direct na de pluk in drie groepen verdeeld en 20 uur lang onder verschillende omstandigheden bewaard:

- groep 1: in gewone lucht
- groep 2: in lucht met MCP
- groep 3: in lucht met MCP en etheen

Hierbij was $[MCP]_{groep2} = [MCP]_{groep3} = [etheen]_{groep3}$.

Direct na de pluk en na afloop van de bewaarperiode werd de activiteit van de beide enzymen gemeten. Ook werd het gehalte ACC in de appels bepaald. In de tabel zijn de resultaten van deze metingen weergegeven.

tabel

groep		activiteit ACC-synthase (nmol ACC per mg enzym per uur)	activiteit ACC-oxidase (nL etheen per mg enzym per uur)	gehalte ACC (nmol ACC per g appel)
	direct na pluk	1,0	40	2,1
1	gewone lucht	2,6	128	3,8
2	lucht met MCP	1,2	56	4,3
3	lucht met MCP en etheen	1,8	72	4,1

Uit deze resultaten is af te leiden dat de activiteit van beide enzymen door MCP wordt geremd.

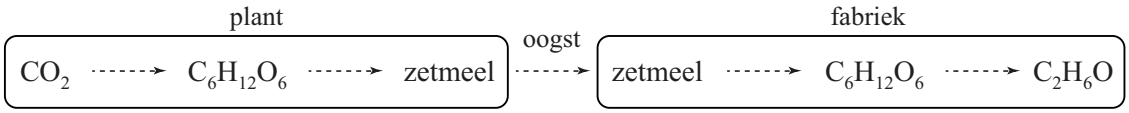
2p **6** Leg uit aan de hand van gegevens uit de tabel van welk enzym de activiteit meer wordt geremd door MCP: van ACC-synthase of van ACC-oxidase.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Zonnepanelen voor ethanol

Er is tegenwoordig veel vraag naar duurzame energiebronnen zoals bio-ethanol. Bio-ethanol wordt veel geproduceerd uit zetmeel van bijvoorbeeld aardappelen of mais.
De omzettingen die optreden bij de vorming van zetmeel in planten en de productie van bio-ethanol uit het zetmeel zijn in figuur 1 vereenvoudigd weergegeven.

figuur 1



De gemiddelde opbrengst per hectare bedraagt in Nederland $4{,}5 \cdot 10^4$ kg aardappelen per jaar. Aardappelen bevatten gemiddeld 19 massa% zetmeel. Het zetmeel wordt in bioreactoren gehydrolyseerd tot glucose. De glucose wordt door vergisting omgezet tot koolstofdioxide en ethanol. Hierbij ontstaat twee mol ethanol per mol glucose.

4p **7** Bereken het volume in L ethanol dat maximaal per jaar kan worden geproduceerd per hectare aardappelen ($T = 293$ K).
– Neem aan dat zetmeel geheel uit amylose bestaat.

Om te kunnen berekenen wat de minimale hoeveelheid energie is die nodig is om ethanol te produceren uit CO_2, wordt zetmeel weggelaten uit bovenstaande omzettingen. De resterende processen kunnen dan worden weergegeven met de volgende reactievergelijkingen:

$6\ CO_2 + 6\ H_2O \rightarrow C_6H_{12}O_6 + 6\ O_2$ fotosynthese

$C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2\ C_2H_6O + 2\ CO_2$ vergisting

2p **8** Geef de totaalvergelijking voor deze vorming van ethanol uit CO_2 en H_2O.

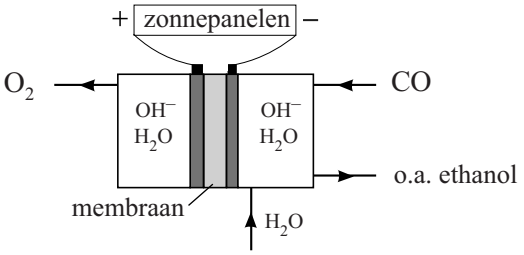
2p **9** Bereken de reactiewarmte in joule per mol ethanol van deze vorming van ethanol ($T = 298$ K, $p = p_0$). Neem aan dat water en ethanol in vloeibare vorm voorkomen.

In het wetenschappelijk tijdschrift Nature is een artikel gepubliceerd over het gebruik van elektrische energie om ethanol te produceren uit CO_2. Dit zou een alternatief kunnen zijn voor de genoemde productie van bio-ethanol.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Het elektrochemische proces bestaat uit twee stappen. In de eerste stap wordt CO_2 omgezet tot CO. In de tweede stap wordt CO door elektrolyse omgezet tot ethanol.
De elektrolyse-opstelling die wordt gebruikt, is in figuur 2 vereenvoudigd weergegeven. In beide halfcellen zijn OH^--ionen en water aanwezig. Alleen OH^--ionen en watermoleculen kunnen door het membraan tussen beide halfcellen bewegen.

figuur 2



In de rechter halfcel worden acht elektronen opgenomen per molecuul ethanol dat wordt gevormd.

3p **10** Geef de vergelijking van de halfreactie van de vorming van ethanol in de rechter halfcel.

2p **11** Geef de vergelijking van de halfreactie die plaatsvindt in de linker halfcel en geef de totaalvergelijking.

Aan de negatieve elektrode worden behalve ethanol enkele bijproducten gevormd. Hierdoor is het rendement van de productie van ethanol nog laag. De twee belangrijkste bijproducten zijn ethanoaat en waterstof.
De vergelijkingen van de halfreacties waarbij ethanoaat en waterstof worden gevormd, zijn hieronder weergegeven.

$$2\ CO + 3\ H_2O + 4\ e^- \rightarrow CH_3COO^- + 3\ OH^-$$

$$2\ H_2O + 2\ e^- \rightarrow H_2 + 2\ OH^-$$

De onderzoekers vonden dat onder optimale omstandigheden 43% van de toegevoerde elektronen werd gebruikt voor de productie van ethanol en 13% voor de productie van ethanoaat. De rest werd gebruikt voor de productie van waterstof. Zowel ethanol als waterstof werd vervolgens gebruikt als brandstof.

3p **12** Bereken de molverhouding waarin ethanoaat, ethanol en waterstof worden geproduceerd. Noteer je antwoord als volgt:
ethanoaat : ethanol : waterstof = 1,0 : … : …

2p **13** Laat met een berekening zien bij welke verbranding de meeste energie vrijkomt: bij de verbranding van de waterstof die bij de elektrolyse is geproduceerd of bij de verbranding van de geproduceerde ethanol.
- Het water dat wordt gevormd bij de verbrandingen, komt vrij als vloeistof.
- Gebruik Binas-tabellen 56 en/of 57 of ScienceData-tabellen 8.7a en/of 9.2a.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

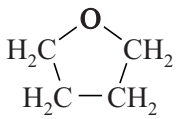
Bij de verwerking van hout tot bijvoorbeeld papier komt veel afvalwater vrij. In een onderzoek is gekeken of het mogelijk is om op industriële schaal dieselachtige koolwaterstoffen te produceren op basis van dit afvalwater. Afvalwater van de papierindustrie bevat een hoog gehalte xylose-oligomeren. Een xylose-oligomeer is een sacharide met de formule $H–(C_5H_8O_4)_n–OH$ met $3 \leq n \leq 20$.
Xylose ($C_5H_{10}O_5$) kan worden voorgesteld als een eenheid (α)D-glucose, waarbij de CH_2-OH-groep op C-atoom nummer 5 is vervangen door een H-atoom.
In een xylose-oligomeer zijn de xylose-eenheden aan elkaar verbonden door middel van de OH-groepen aan de C-atomen met nummers 1 en 4.

3p **14** Geef een gedeelte uit het midden van een xylose-oligomeer in structuurformule weer. Dit gedeelte moet zijn ontstaan uit twee eenheden xylose.
– Gebruik de notatie die ook in het informatieboek wordt gehanteerd.
– Gebruik Binas-tabel 67F1 of ScienceData-tabel 13.1d.

De onderzoekers hebben op basis van het onderzoek een productieproces ontworpen. Op de uitwerkbijlage bij vraag 19 is het vereenvoudigde blokschema voor dit proces onvolledig weergegeven.
Het proces start met de volledige hydrolyse van de xylose-oligomeren tot xylose. Hiertoe worden in reactor 1 (R1) zoutzuur en een oplossing van xylose-oligomeren geleid. Beide oplossingen worden zo gedoseerd, dat aan het begin van de reacties het gehalte xylose-oligomeren 2,1 massa% is. Er is dan 3,1 mol HCl aanwezig per mol xylose-eenheden.

4p **15** Bereken de pH van het reactiemengsel (T = 298 K).
– De dichtheid van de gebruikte xylose-oplossing is $1{,}08 \cdot 10^3$ g L^{-1}.
– De molaire massa van een xylose-eenheid is 132 g mol^{-1}.
– Neem hier aan dat nog geen xylose is ontstaan.

Aan het mengsel wordt tevens THF toegevoegd.
De structuurformule van THF is hiernaast weergegeven.
Omdat de oplosbaarheid van THF in water laag is, ontstaan in R1 twee vloeistoflagen.

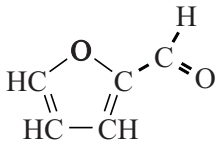


THF

3p **16** Voer de volgende opdrachten uit:
– Leg uit op microniveau waardoor THF oplosbaar is in water.
– Leg uit dat deze oplosbaarheid laag is.

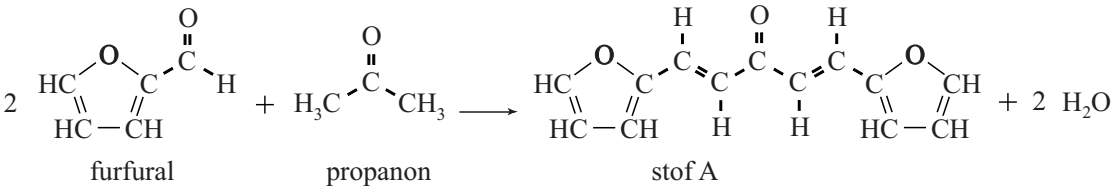
Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

In R1 verloopt ook de omzetting van xylose tot furfural en bijproducten. De structuurformule van furfural is hiernaast weergegeven.



furfural

In R1 ontstaat 1 mol furfural uit 1 mol xylose. Het gevormde furfural lost op in de THF-laag, waardoor volgreacties van furfural met water worden beperkt.
Na afloop van de reacties wordt natriumchloride toegevoegd aan het reactiemengsel. Hierdoor wordt THF volledig onoplosbaar in water en kan in scheidingsruimte 1 (S1) de THF-laag volledig worden gescheiden van de waterlaag. De waterlaag met daarin zoutzuur, natriumchloride en bijproducten wordt opgeslagen.
De THF-laag met daarin alleen furfural wordt doorgevoerd naar reactor 2 (R2). In R2 wordt aan het mengsel dat afkomstig is uit S1 één mol propanon per twee mol furfural toegevoegd en een overmaat natronloog.
In R2 worden furfural en propanon volledig omgezet tot stof A. De vergelijking voor deze omzetting is hieronder weergegeven.



De vorming van stof A verloopt via een aantal tussenstappen. Twee stappen uit het reactiemechanisme zijn op de uitwerkbijlage weergegeven. In stap 2 wordt stof B gevormd.
Hierbij neemt een OH^--ion eerst een H^+-ion op van het organische deeltje dat in het kader is weergegeven. Het OH^--ion treedt in stap 2 op als katalysator.

2p **17** Voer de volgende opdrachten uit:
- Geef op de uitwerkbijlage in het kader alle niet-bindende elektronenparen weer.
- Geef met pijlen weer hoe elektronenparen worden verplaatst tijdens stap 2.

In scheidingsruimte 2 (S2) wordt de THF-laag met daarin uitsluitend stof A volledig afgescheiden van de vloeistoflaag met daarin het natronloog. Omdat het natronloog geen organische stoffen bevat, kan het worden hergebruikt in het proces. Om de reactie in R2 telkens onder gelijke omstandigheden te laten verlopen, moet het natronloog in een ruimte Z worden bewerkt voordat het wordt teruggevoerd in R2.

2p **18** Leg uit welke bewerking in ruimte Z wordt uitgevoerd zodat het natronloog uit S2 geschikt is voor hergebruik.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Het mengsel van THF en stof A wordt doorgevoerd naar reactor 3 (R3). In R3 reageert stof A volledig met waterstof tot tridecaan ($C_{13}H_{28}$) en water. Het ontstane tridecaan is onvertakt.
Het mengsel afkomstig uit R3 wordt ten slotte in scheidingsruimte 3 (S3) gescheiden in drie stromen: tridecaan, water en THF.
Het tridecaan kan worden gebruikt als toevoeging aan diesel of een andere brandstof.

4p **19** Maak het blokschema op de uitwerkbijlage compleet.
- Noteer ontbrekende pijlen en stoffen bij de pijlen. Houd daarbij rekening met hergebruik van stoffen.
- Wanneer bij een stofstroom al stofnamen zijn vermeld, hoeft niets te worden aangegeven.

3p **20** Geef de totaalvergelijking voor de vorming van tridecaan uit xylose. Gebruik molecuulformules.

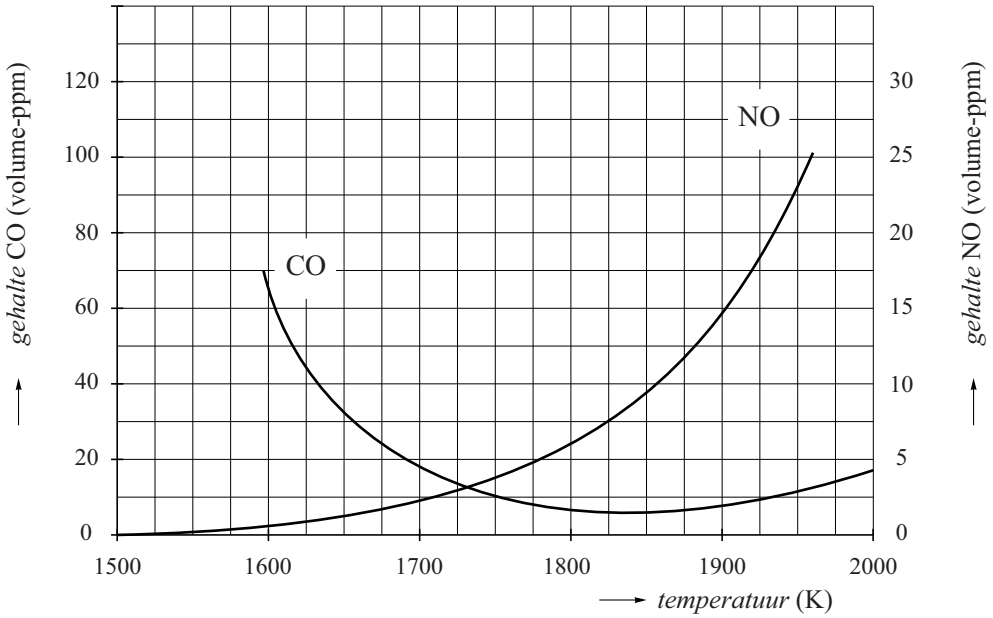
2p **21** Bereken de atoomeconomie van deze vorming van tridecaan uit xylose.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Stikstofmono-oxide en stikstofdioxide

Stikstofmono-oxide (NO) en stikstofdioxide (NO_2) zijn schadelijke gassen die ontstaan in het verkeer en bij grootschalige verbrandingsprocessen zoals bij de productie van elektriciteit.
In de afvalgassen van de gasturbine van een energiecentrale is gemeten hoe de uitstoot van onder andere CO en NO afhangt van de temperatuur in de turbine. In figuur 1 zijn de resultaten van deze metingen weergegeven.

figuur 1



2p **22** Geef een verklaring voor de stijging van de lijn van NO in figuur 1.
Gebruik (een) gegeven(s) uit Binas of ScienceData.

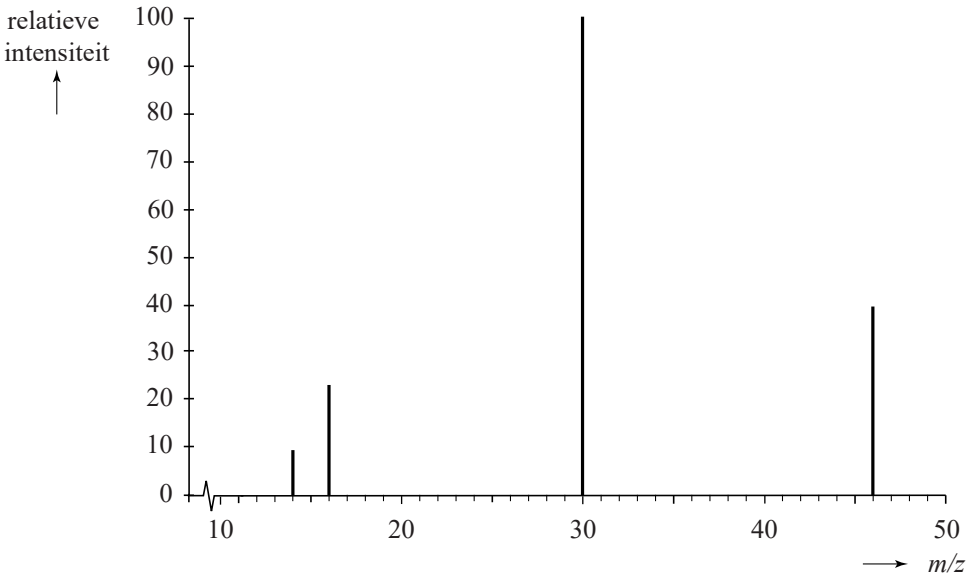
In een molecuul NO komen zeven niet-bindende elektronen voor.

3p **23** Geef twee grensstructuren van stikstofmono-oxide.
Geef formele ladingen aan als deze voorkomen.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Stikstofdioxide wordt in de turbine gevormd door de reactie van stikstofmono-oxide met zuurstof. Een molecuul stikstofdioxide heeft een niet-cyclische structuur. Voor de volgorde van de atomen in het molecuul zijn twee mogelijkheden: NOO en ONO. Met behulp van massaspectrometrie kan worden bepaald welke van de twee mogelijkheden de juiste is.
Het massaspectrum van NO_2 is in figuur 2 weergegeven.

figuur 2



In dit massaspectrum zijn pieken waarin de isotopen N-15, O-17 en O-18 voorkomen niet weergegeven.
Uit de vier pieken in het massaspectrum kan geen conclusie worden getrokken over de volgorde van de atomen in NO_2.

2p **24** Leg uit waarom de piek in het massaspectrum van NO_2 met $m/z = 30$, geen uitsluitsel geeft over de volgorde van de atomen in het molecuul NO_2.

Doordat bij een bepaalde m/z-waarde in het massaspectrum een piek ontbreekt, kan toch worden bepaald of de volgorde NOO of ONO is.

2p **25** Voer de volgende opdrachten uit:
- Geef deze m/z-waarde van die piek.
- Leg uit waarom op grond van die piek wél een uitspraak kan worden gedaan of de volgorde NOO of ONO is.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

De vorming van stikstofdioxide uit stikstofmono-oxide en zuurstof is hieronder weergegeven.

$$2\ NO + O_2 \rightarrow 2\ NO_2 \qquad \text{(reactie 1)}$$

De snelheid s_1 van reactie 1 is gedefinieerd als het aantal mol NO_2 dat per seconde per liter reactiemengsel ontstaat.
Bij het onderzoek naar de snelheid van reactie 1 werd in twee experimenten een aantal metingen uitgevoerd met verschillende beginconcentraties van NO en O_2.
De resultaten van het onderzoek zijn weergegeven in de tabel.

tabel

exp	meting	$[NO]_0$ (mol L^{-1})	$[O_2]_0$ (mol L^{-1})	s_1 op t_0 (mol L^{-1} s^{-1})
1	1.1	$8{,}0 \cdot 10^{-5}$	$1{,}6 \cdot 10^{-3}$	$7{,}2 \cdot 10^{-8}$
	1.2	$1{,}2 \cdot 10^{-4}$	$1{,}6 \cdot 10^{-3}$	$1{,}6 \cdot 10^{-7}$
	1.3	$1{,}6 \cdot 10^{-4}$	$1{,}6 \cdot 10^{-3}$	$2{,}9 \cdot 10^{-7}$
	1.4	$2{,}4 \cdot 10^{-4}$	$1{,}6 \cdot 10^{-3}$	$6{,}5 \cdot 10^{-7}$
2	2.1	$8{,}0 \cdot 10^{-5}$	$2{,}4 \cdot 10^{-3}$	$1{,}1 \cdot 10^{-7}$
	2.2	$8{,}0 \cdot 10^{-5}$	$3{,}2 \cdot 10^{-3}$	$1{,}4 \cdot 10^{-7}$
	2.3	$8{,}0 \cdot 10^{-5}$	$4{,}8 \cdot 10^{-3}$	$2{,}2 \cdot 10^{-7}$
	2.4	$8{,}0 \cdot 10^{-5}$	$6{,}4 \cdot 10^{-3}$	$2{,}9 \cdot 10^{-7}$

Op basis van de vergelijking van reactie 1 verwachtte men dat voor de snelheid van reactie 1 de volgende reactiesnelheidsvergelijking geldt:

$$s_1 = k_1\,[NO]^2\,[O_2] \qquad \text{(snelheidsvergelijking 1)}$$

De constante k_1 wordt de reactieconstante genoemd.

2p **26** Leg uit dat snelheidsvergelijking 1 in overeenstemming is met de gegevens in de tabel.

Let op: de laatste vraag van dit examen staat op de volgende pagina.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Lange tijd heeft men gedacht dat de reactie tussen NO en O_2 verloopt doordat twee moleculen NO en één molecuul O_2 op hetzelfde moment tegen elkaar botsen. De kans op zo'n botsing tussen drie moleculen is echter uiterst klein. Nader onderzoek leverde op dat tijdens de reactie deeltjes met de formule N_2O_2 worden gevormd. Op grond van dit gegeven werd voor de reactie een mechanisme voorgesteld dat uit twee stappen bestaat.
In de eerste stap stelt zich evenwicht 1 in.

$$2\ NO \rightleftharpoons N_2O_2 \qquad \text{(evenwicht 1)}$$

De evenwichtsvoorwaarde voor evenwicht 1 is $K = \frac{[N_2O_2]}{[NO]^2}$.

In de tweede stap verloopt reactie 2.

$$N_2O_2 + O_2 \rightarrow 2\ NO_2 \qquad \text{(reactie 2)}$$

De snelheid van reactie 2 kan worden weergegeven door:

$$s_2 = k_2\,[N_2O_2]\,[O_2] \qquad \text{(snelheidsvergelijking 2)}$$

Mede met behulp van de evenwichtsvoorwaarde van evenwicht 1 en snelheidsvergelijking 2 kan de experimenteel gevonden snelheidsvergelijking 1 worden afgeleid.
Hierbij moet worden aangenomen dat de snelheid van reactie 2 sterk verschilt van de snelheid waarmee evenwicht 1 zich instelt.
Op deze manier heeft men aangetoond dat het bovenbeschreven mechanisme voor reactie 1 juist kan zijn.

3p **27** Leg uit dat het reactiemechanisme via het gevormde deeltje N_2O_2 in overeenstemming is met de experimenteel gevonden snelheidsvergelijking 1.
Gebruik in je uitleg de evenwichtsvoorwaarde van evenwicht 1 en snelheidsvergelijking 2.

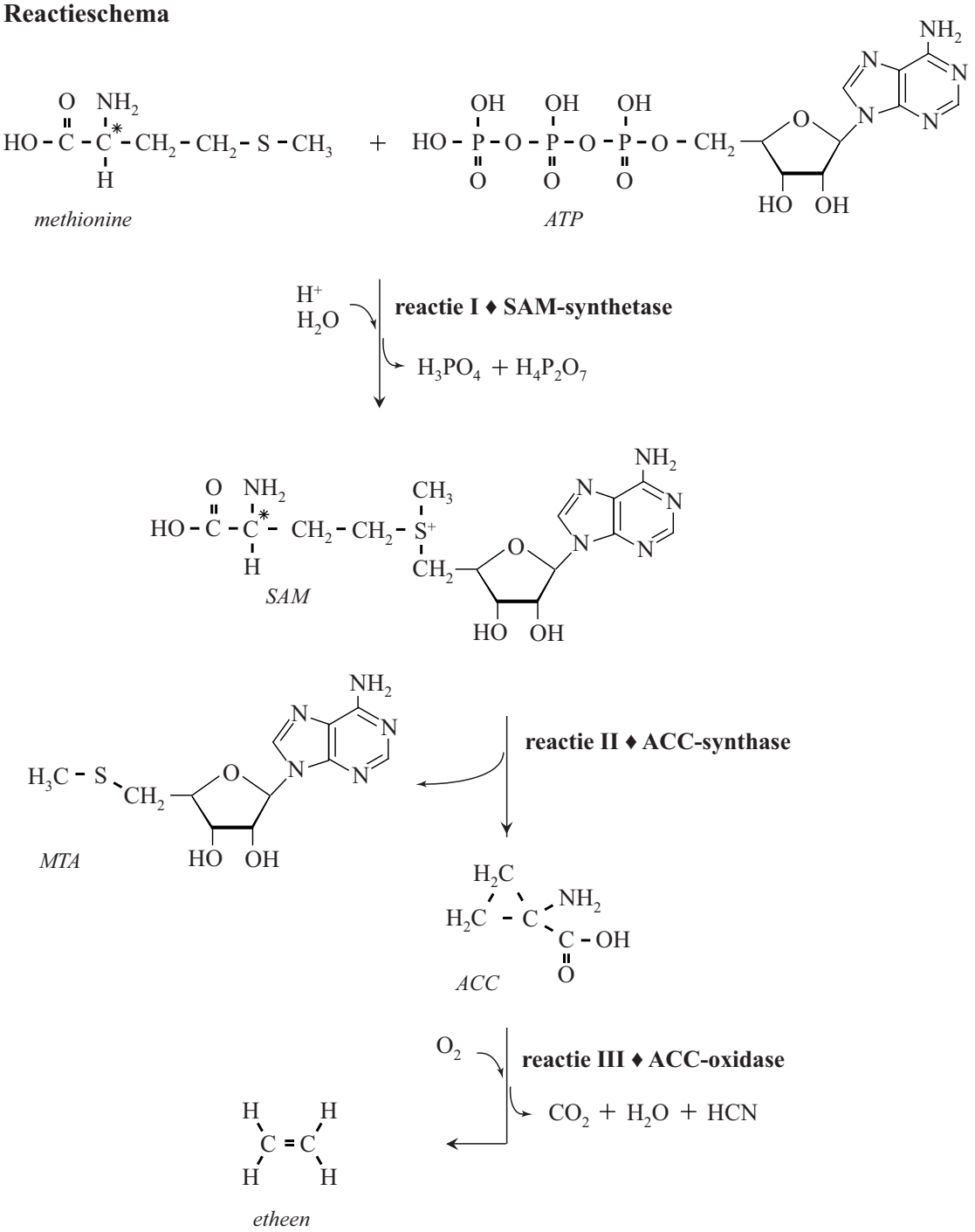
Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

uitwerkbijlage

Naam kandidaat _____ Kandidaatnummer _____

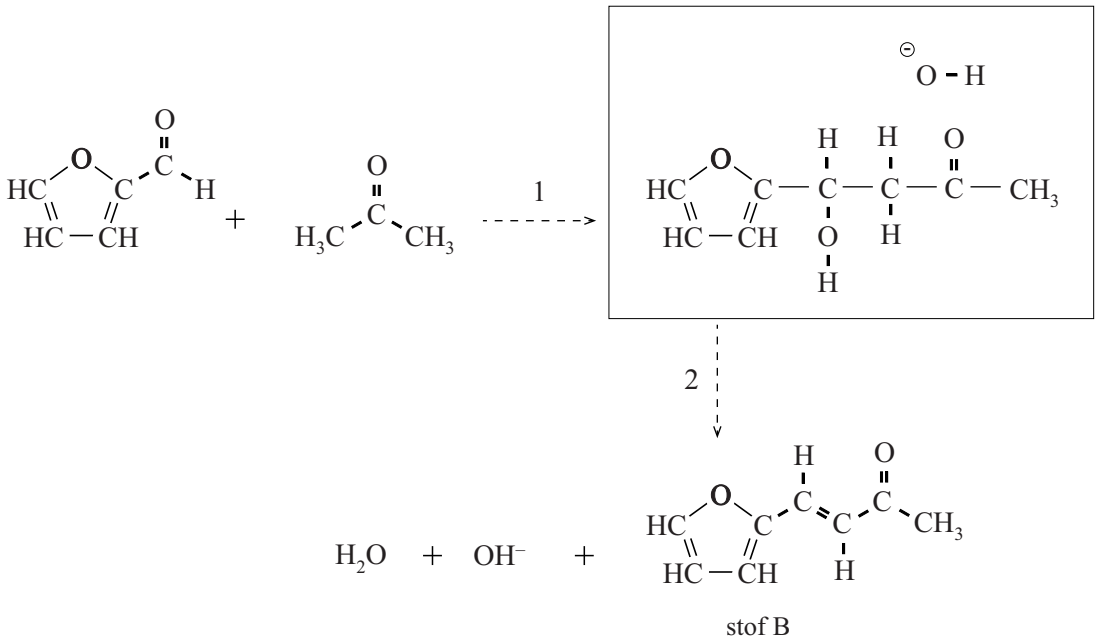
5

Reactieschema



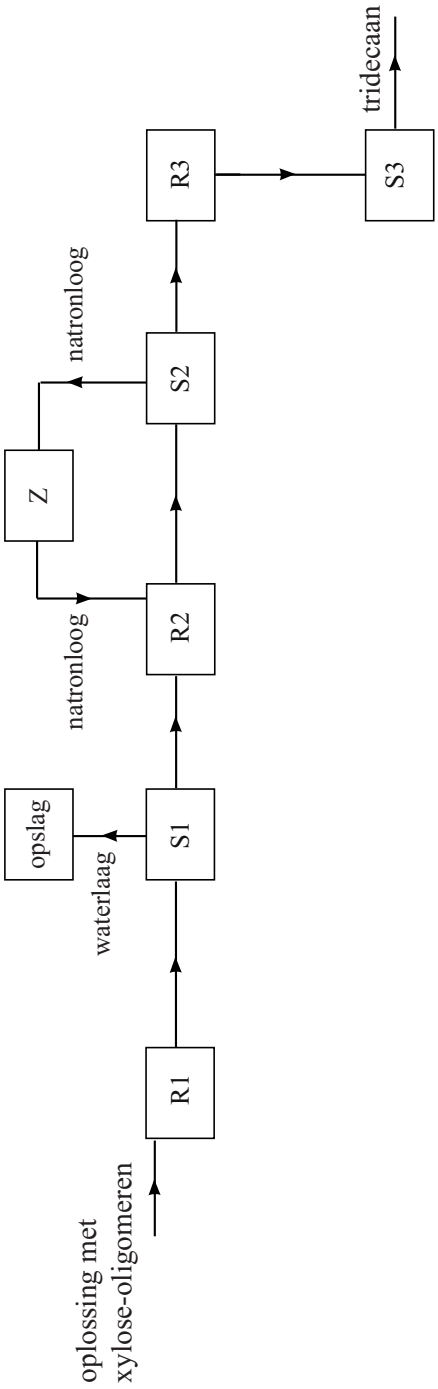
Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

17



Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

19



VERGEET NIET DEZE UITWERKBIJLAGE IN TE LEVEREN

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Examen VWO

2018

tijdvak 1
donderdag 17 mei
13.30 - 16.30 uur

scheikunde

Bij dit examen hoort een uitwerkbijlage.

Maak zo nodig gebruik van Binas of ScienceData.

Dit examen bestaat uit 27 vragen.
Voor dit examen zijn maximaal 67 punten te behalen.
Voor elk vraagnummer staat hoeveel punten met een goed antwoord behaald kunnen worden.

Als bij een vraag een verklaring, uitleg, berekening of afleiding gevraagd wordt, worden aan het antwoord meestal geen punten toegekend als deze verklaring, uitleg, berekening of afleiding ontbreekt.

Geef niet meer antwoorden (redenen, voorbeelden e.d.) dan er worden gevraagd. Als er bijvoorbeeld twee redenen worden gevraagd en je geeft meer dan twee redenen, dan worden alleen de eerste twee in de beoordeling meegeteld.

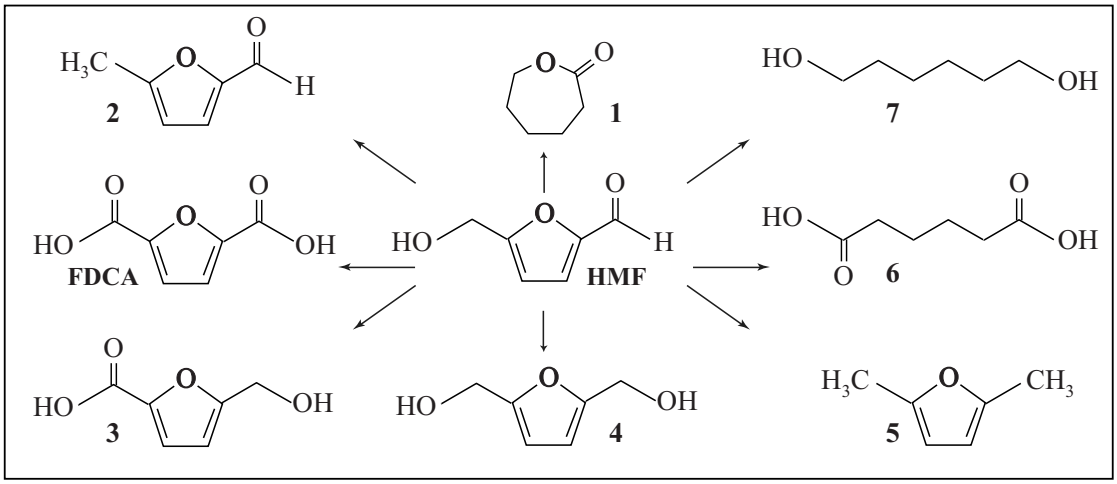
VW-1028-a-18-1-o

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

De PEF-fles

Ieder jaar worden grote hoeveelheden PET-frisdrankflessen geproduceerd. Het Nederlandse bedrijf Avantium heeft een proces ontwikkeld om de kunststof PEF als alternatief voor PET te produceren. Bij de productie van PEF wordt biomassa als grondstof gebruikt, terwijl PET wordt geproduceerd uit aardolie.
Voor de productie van PEF worden plantaardige monosachariden zoals glucose gebruikt. Glucose wordt in een eerste proces omgezet tot HMF. Uit HMF kunnen verschillende stoffen worden gemaakt die voor de chemische industrie bruikbaar zijn. In onderstaand schema zijn enkele van deze stoffen schematisch weergegeven.

schema



Bij de omzettingen van glucose tot de bovenstaande reactieproducten komt geen koolstofdioxide vrij in de chemische reacties.

2p **1** Laat dit zien aan de hand van het schema.

Een ander gebruik van glucose is vergisting tot bio-ethanol, een proces dat kan worden weergegeven met onderstaande reactievergelijking.

$$C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2\ C_2H_6O + 2\ CO_2$$

De atoomeconomie van de vergisting van glucose is minder gunstig dan de atoomeconomie van de productie van HMF uit glucose. Voor de productie van HMF is geen andere beginstof dan glucose nodig.

3p **2** Bereken de atoomeconomie van de productie van ethanol uit glucose en de atoomeconomie van de productie van HMF uit glucose.
Gebruik Binas-tabel 37H of ScienceData-tabel 1.7.7.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Zowel PET als PEF zijn polyesters. PEF is een copolymeer van ethaan-1,2-diol en FDCA (zie schema).

3p **3** Geef een gedeelte van een molecuul PEF in structuurformule weer. Dit gedeelte moet komen uit het midden van het molecuul en moet bestaan uit twee eenheden van beide monomeren.

Sommige andere stoffen uit het schema kunnen ook worden gebruikt als monomeren voor polyesters. De polymeren zijn dan meestal copolymeren van twee monomeren. Eén stof uit het schema kan echter zonder een ander monomeer als grondstof dienen voor een polyester.

1p **4** Geef het nummer van de stof uit het schema die zonder gebruik van een ander monomeer een polyester kan vormen.

Avantium heeft een productieproces ontwikkeld waarbij FDCA met een hoog rendement geproduceerd kan worden uit HMF. De productie start met de reactie van HMF met methanol waarbij de stof MMF ontstaat. MMF is een ether.

HMF + methanol → MMF + H_2O (reactie 1)

In het Avantium-proces wordt MMF vervolgens omgezet tot FDCA volgens reactie 2.

MMF + zuurstof → FDCA + methanol (reactie 2)

3p **5** Geef de vergelijking van reactie 2. Gebruik structuurformules voor de ether MMF, FDCA en methanol.

Een al langer bekend proces om MMF om te zetten tot FDCA is weergegeven in reactie 3.

MMF + zuurstof → FDCA + H_2O + CO_2 (reactie 3)

De productie van FDCA volgens reacties 1 en 2 heeft een hoger rendement dan volgens reacties 1 en 3.
Ook is de productiemethode van Avantium duurzamer als je let op de uitgangspunten van de Groene Chemie.
Een medewerker van Avantium schrijft een artikel voor een breed publiek. In het artikel verwerkt de medewerker twee argumenten op basis van uitgangspunten 1 en 2 van de Groene Chemie, zodat duidelijk wordt dat het productieproces van Avantium duurzamer is dan het oude proces.

2p **6** Geef twee argumenten die de medewerker in het artikel kan opnemen. Maak gebruik van Binas-tabel 97F of ScienceData-tabel 38.6.
Noteer je antwoord als volgt:
– Op basis van uitgangspunt 1:
– Op basis van uitgangspunt 2:

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Wetenschappers hebben met behulp van modellen de CO_2-uitstoot berekend tijdens de zogeheten levenscyclus van zowel PET als PEF.
In de berekening van deze CO_2-levenscyclus-uitstoot wordt uitgegaan van de volgende punten:

1 de CO_2-uitstoot van het productieproces en het transport van stoffen.
2 PET en PEF worden even vaak gerecycled.
3 de CO_2-uitstoot van het verbranden van PET- en PEF-afval.

De CO_2-uitstoot van de verbranding van PEF (punt 3) wordt buiten beschouwing gelaten als FDCA en ethaan-1,2-diol geheel uit biomassa worden gemaakt.
De CO_2-uitstoot van de verbranding van PET wordt niet buiten beschouwing gelaten.

2p **7** Leg uit waarom de CO_2-uitstoot van de verbranding van PEF-afval buiten beschouwing wordt gelaten in de berekening van de CO_2-levenscyclus-uitstoot als FDCA en ethaan-1,2-diol geheel uit biomassa zijn gemaakt en waarom die bij PET niet buiten beschouwing wordt gelaten.

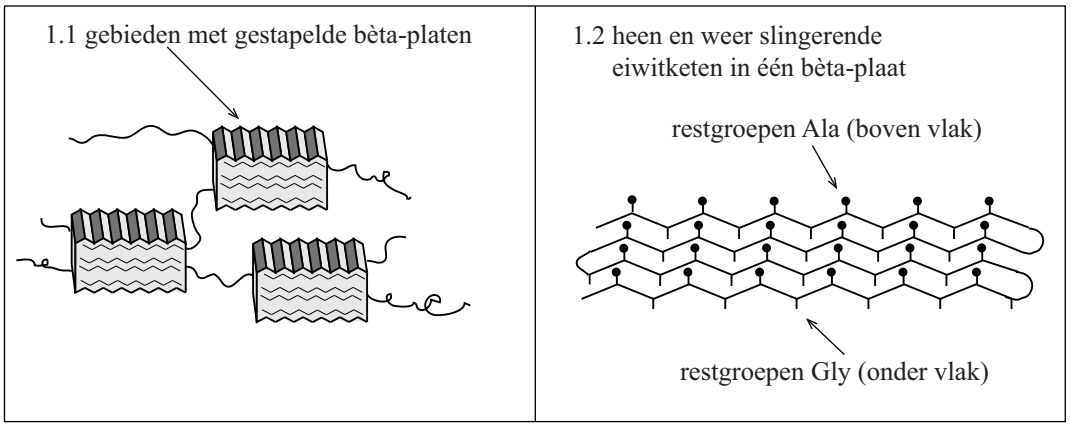
De berekende waarde van de CO_2-uitstoot tijdens de levenscyclus van geheel uit biomassa gemaakt PEF is 0,8 ton CO_2 per ton polymeer.
De berekende waarde van de CO_2-uitstoot tijdens de levenscyclus van PET is 4,4 ton CO_2 per ton polymeer.

3p **8** Bereken hoeveel ton CO_2 per ton PET wordt uitgestoten door het productieproces en het transport van stoffen.
Gebruik $C_{10}H_8O_4$ als formule voor (de repeterende eenheid van) PET.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Zijderupsen spinnen een cocon van zijdevezels waarin ze verpoppen. Deze vezels worden al eeuwen gebruikt om er kleding van te produceren. In de zijdevezels zijn twee soorten eiwitten aanwezig: sericine en fibroïne. De sericine vormt de buitenste laag van de vezels. Bij de productie van zijdegaren voor kleding wordt de sericine voor een groot deel verwijderd. De fibroïne komt voor in de vorm van vezels die niet alleen zacht maar ook sterk zijn. Een aantal structuurkenmerken van fibroïne-vezels is in figuur 1 weergegeven.

figuur 1



In figuur 1.1 is te zien dat in fibroïne ongeordende stukken eiwitketen worden afgewisseld met sterk geordende gebieden. In de geordende gebieden zijn telkens ongeveer tien β-platen op elkaar gestapeld.
De primaire structuur van de eiwitketen in een β-plaat in fibroïne kan vereenvoudigd worden weergegeven als $\sim(\mathrm{Gly-Ala})_n\sim$.
In figuur 1.2 is schematisch met streepjes en bolletjes weergegeven dat de restgroepen van Ala zich steeds aan de ene zijde van een β-plaat bevinden, terwijl de restgroepen van Gly zich aan de andere zijde bevinden. Uit figuur 1.2 is op te maken dat de eiwitketen heen en weer slingert in een β-plaat. De C=O groepen en de N–H groepen van de aminozuureenheden in de eiwitketen liggen tegenover elkaar. Deze groepen vormen uitsluitend **in** het vlak van de β-plaat waterstofbruggen.
Op de uitwerkbijlage is een fragment van een β-plaat onvolledig weergegeven. De eiwitketen in het fragment begint linksboven.
Met ▬ zijn bindingen aangegeven die omhoog wijzen en met ····· zijn bindingen aangegeven die naar beneden wijzen.
Onder het fragment is schematisch ruimtelijk weergegeven hoe de eiwitketen op en neer gaat in een β-plaat.

4p **9** Maak het fragment op de uitwerkbijlage compleet met de ontbrekende atomen en atoombindingen. Geef waterstofbruggen aan met stippellijntjes.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Binnen de fibroïne-vezels zijn de ongeordende stukken eiwitketen gemakkelijk te vervormen. Hiermee kunnen de elastische eigenschappen van zijde worden verklaard.
De geordende gebieden vertonen daarentegen een grote weerstand tegen vervormen. Dit kan worden verklaard door de sterke vanderwaalsbinding die tussen de β-platen heerst.

2p **10** Geef twee redenen op microniveau waarom tussen de β-platen een sterke vanderwaalsbinding heerst.

Uit metingen blijkt dat de β-platen in de geordende gebieden een regelmatige tussenafstand van afwisselend 0,35 nm en 0,57 nm vertonen. Dat er tussen de β-platen twee verschillende tussenafstanden bestaan, komt door de manier waarop de β-platen zijn gestapeld.

2p **11** Leg uit op welke manier de β-platen zijn gestapeld. Geef in je antwoord aan hoe met deze stapeling kan worden verklaard dat in de geordende gebieden twee verschillende tussenafstanden bestaan.
Maak gebruik van figuur 1.

Zijde verven is erg milieubelastend, omdat veel water wordt verbruikt dat na gebruik vervuild is met resten van de kleurstoffen. Een groep Indiase onderzoekers heeft onderzocht of het mogelijk is de zijderupsen gekleurde zijde te laten produceren door hun voedsel te besprenkelen met kleurstoffen.
De gekozen kleurstoffen behoren tot de zogeheten azoverbindingen. In azoverbindingen komt het structuurelement R–N=N–R voor. Hierbij staat R voor een fenylgroep. Azoverbindingen kunnen zowel in een *cis*- als in een *trans*-vorm voorkomen.

3p **12** Geef de Lewisstructuren van de *cis*- en de *trans*-vorm van een azoverbinding en leg uit waarom van een azoverbinding zowel een *cis*- als een *trans*-vorm voorkomt. Gebruik R–N=N–R als notatie voor een azoverbinding.

Als een rups de kleurstof heeft opgenomen, zal de kleurstof zich in het zijdespinsel verdelen over de relatief hydrofiele sericine en de hydrofobe fibroïne. Om vooraf te bepalen of een kleurstof overwegend in de sericine of in de fibroïne zal worden opgenomen, hebben de onderzoekers van een aantal kleurstoffen de verdelingscoëfficiënt bepaald in een tweelagen-systeem van water en de hydrofobe vloeistof octaan-1-ol.

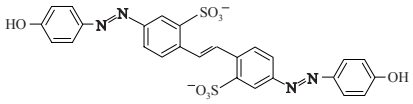
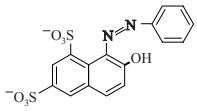
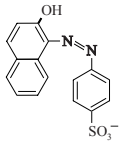
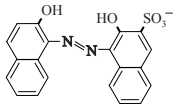
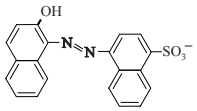
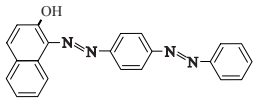
Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Hierbij was de hypothese dat deze verdelingscoëfficiënt een relatie heeft met de mate van kleuring van beide vezelsoorten sericine en fibroïne. Deze verdelingscoëfficiënt K_v kan worden weergegeven als:

$$K_v = \frac{[\text{kleurstof}]_{\text{octaan-1-ol}}}{[\text{kleurstof}]_{\text{water}}}$$

De resultaten van de onderzoekers zijn in onderstaande tabel samengevat. In de tabel staan de structuurformules van de deeltjes zoals die in een oplossing in water voorkomen.
De onderzochte kleurstoffen zijn gerangschikt op toenemende K_v.

tabel

stof	structuurformule	K_v
D1		$2 \cdot 10^{-2}$
D2		$2 \cdot 10^{-1}$
D3		2
D4		3
D5		4
D6		$> 10^{2}$

2p **13** Geef een verklaring aan de hand van de structuurformules waarom de waarde van K_v van stof D6 groter is dan die van stof D1.
Je hoeft hierbij geen rekening te houden met de molecuulmassa.

Het blijkt dat de cocons gekleurd zijn als de stoffen D3, D4 en D5 aan het voedsel van de rupsen worden toegevoegd. De stoffen D1, D2 en D6 geven geheel geen kleuring.
Op basis van de tabel en informatie uit deze opgave kan worden bepaald welke van de kleurstoffen D3, D4 of D5 het meest geschikt is om op deze manier zijdevezels voor textiel te kleuren.

2p **14** Leg uit welke van de kleurstoffen D3, D4 of D5 het meest geschikt is om op deze manier zijdevezels voor textiel te kleuren.
Maak gebruik van de tabel en eerder in deze opgave verstrekte gegevens.

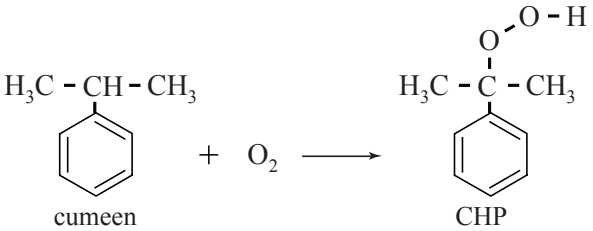
Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Fenolproductie

Fenol (benzenol) is een belangrijke grondstof voor veel synthetische producten, waaronder geneesmiddelen en kunststoffen. Fenol wordt geproduceerd volgens het zogeheten cumeen-proces. Een vereenvoudigd blokschema van dit proces staat op de uitwerkbijlage. Uit het blokschema kan de totaalvergelijking voor de vorming van fenol volgens het cumeen-proces worden afgeleid.

2p **15** Geef de totaalvergelijking voor de vorming van fenol volgens het cumeen-proces. Gebruik structuurformules voor de koolstofverbindingen.

In reactor 1 (R1) reageert propeen volledig met benzeen. Daarbij ontstaat cumeen. In R2 reageert een deel van het gevormde cumeen met zuurstof tot cumeenhydroperoxide (CHP), zoals weergegeven in onderstaande reactievergelijking.



In scheidingsruimte 1 (S1) wordt een groot deel van het overgebleven cumeen afgescheiden. Het mengsel dat overblijft, bevat 82,5 massa% CHP en 17,5 massa% cumeen.
In R3 wordt CHP grotendeels omgezet tot fenol en propanon. Fenol en propanon ontstaan in de molverhouding 1 : 1. Hierbij wordt zwavelzuur als katalysator gebruikt. Omdat de reactie in R3 zeer exotherm is, is het belangrijk om de temperatuur in deze reactor nauwkeurig te regelen. Als de temperatuur te hoog oploopt, leidt dat namelijk tot veiligheidsrisico's. Tevens ontstaan dan ongewenste nevenproducten.

1p **16** Geef een mogelijke verklaring waarom de vorming van nevenproducten in R3 alleen optreedt bij een hoge temperatuur.

Reactor 3 is een buisreactor. Door het grote oppervlak van de buis kan R3 goed worden gekoeld. Voordat het mengsel afkomstig uit S1 in R3 wordt gepompt, wordt nog extra propanon toegevoegd.
Het toevoegen van propanon aan de instroom in R3 draagt bij aan een veilig proces in R3.

2p **17** Geef twee redenen waarom het toevoegen van propanon aan de instroom in R3 bijdraagt aan een veilig proces in R3.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Aan de instroom in R3 wordt extra propanon toegevoegd, zodat in de uitstroom van R3 de molverhouding fenol : propanon gelijk is aan 1,00 : 1,50. De molaire massa van propanon is 58,1 g mol^{-1} en die van CHP is 152 g mol^{-1}.

3p **18** Bereken hoeveel ton propanon er aan 1,0 ton van de instroom in R3 moet worden toegevoegd om de juiste molverhouding fenol : propanon in de uitstroom van R3 te handhaven. Een ton is 10^3 kg.
Neem hier aan dat CHP volledig wordt omgezet tot fenol en propanon.

Het CHP-gehalte in de uitstroom van R3 wordt voortdurend gecontroleerd. Een gehalte hoger dan 2 massa% leidt namelijk tot explosiegevaar in de scheidingsruimten die erna komen. Deze controle gebeurt door een klein gedeelte van de uitstroom van R3 naar een microreactor te leiden. In de microreactor reageert het aanwezige CHP volgens dezelfde reactie als in R3, waardoor de temperatuur van de vloeistofstroom stijgt. Uit de temperatuurstijging van de vloeistofstroom kan het gehalte CHP in de uitstroom van R3 worden berekend. Op een gegeven moment wordt een temperatuurstijging van 7,3 °C gemeten.
De soortelijke warmte van een stof kan worden gedefinieerd als het aantal joule dat nodig is om 1 g stof 1 K in temperatuur te laten stijgen.

3p **19** Ga door berekening na of er in dit geval sprake is van explosiegevaar.
De reactiewarmte van de reactie is –252 kJ per mol CHP.
De soortelijke warmte van de vloeistof is 2,4 J g^{-1} K^{-1}.

In scheidingsruimten S2, S3 en S4 wordt het mengsel afkomstig uit R3 gescheiden door destillatie. De kookpunten ($p = p_0$) van de stoffen bedragen: propanon (56 °C); cumeen (152 °C); CHP (153 °C); fenol (182 °C); zwavelzuur (330 °C).

2p **20** Leg mede met behulp van het blokschema uit tussen welke grenzen de temperatuur in S2 moet liggen.

Op de wereldmarkt stijgt de vraag naar fenol sneller dan de vraag naar propanon. Om te voorkomen dat propanon afval wordt, heeft het Japanse bedrijf Mitsui een methode ontwikkeld om de ontstane propanon om te zetten tot propeen.
In een extra reactor (R4) verloopt de additie van waterstof aan de C=O groep van het propanon. In een volgende reactor (R5) ontstaan door een eliminatiereactie water en propeen uit de in R4 gevormde stof. Na een scheidingsstap (S5) wordt het gevormde propeen weer gebruikt in het cumeen-proces.

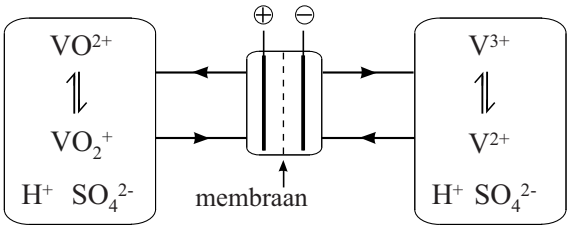
4p **21** Vul het blokschema op de uitwerkbijlage aan met de methode die Mitsui heeft ontwikkeld. Geef ontbrekende blokken en pijlen weer en vermeld stofnamen bij de pijlen. Neem aan dat er hierbij geen andere stoffen nodig zijn, dat er geen nevenproducten ontstaan en dat de reacties aflopend zijn.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Fotonenboer

Een Nederlandse melkveehouder voorziet sinds 2010 met zonnecellen in de eigen energiebehoefte. Voor de opslag van overdag teveel geproduceerde energie is op de boerderij een zogeheten Vanadium Redox Flow Battery (VRFB) geplaatst. In deze VRFB worden oplossingen met verschillende vanadiumionen vanuit twee opslagtanks door een aantal geschakelde elektrochemische cellen gepompt. Dit proces is in de figuur hieronder vereenvoudigd weergegeven met één elektrochemische cel. In deze opgave wordt de term vanadiumionen gebruikt voor (combinaties van) de deeltjes VO_2^+, VO^{2+}, V^{3+} en V^{2+}.
In beide oplossingen is verder alleen opgelost zwavelzuur aanwezig.

figuur



Wanneer de VRFB voor het eerst in gebruik wordt genomen, is van de genoemde vanadiumionen in de linker opslagtank alleen VO^{2+} aanwezig en in de rechter opslagtank alleen V^{3+}. In deze situatie levert de VRFB geen stroom. Doordat in de VRFB selectieve membranen worden toegepast, worden tijdens het opladen en de stroomlevering vrijwel uitsluitend H^+ ionen doorgelaten.

4p **22** Geef de vergelijking van beide halfreacties die tijdens het opladen optreden. Geef je antwoord als volgt weer:
linker halfcel: …
rechter halfcel: …

2p **23** Leg uit in welke richting de H^+ ionen door het membraan passeren tijdens het opladen.

De VRFB van de fotonenboer is een CellCube type FB 10-100. Het typenummer geeft informatie over de twee belangrijkste kenmerken van de VRFB:
- Het vermogen (de hoeveelheid energie die per seconde kan worden geleverd) bedraagt 10 kJ s^{-1}.
- De opslagcapaciteit (de maximale hoeveelheid elektrische energie die kan worden geleverd) bedraagt 100 kWh.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Het totale rendement van de omzetting van chemische energie in elektrische energie van deze VRFB bedraagt 67%. Bij stroomlevering geeft 1 mol elektronen $1{,}35 \cdot 10^5$ J energie af aan het lichtnet.

3p **24** Bereken hoeveel m^3 oplossing voor één opslagtank nodig is om de VRFB voor het eerste gebruik te vullen. Gebruik onder andere de volgende gegevens:
- Vóór het eerste gebruik bedraagt de concentratie van de vanadiumionen in de gebruikte oplossingen 1,7 M.
- Een kWh is $3{,}6 \cdot 10^6$ J.

Uit onderzoek is gebleken dat onder bepaalde omstandigheden een neerslag van de vaste stof $V_2O_5.3H_2O$ ontstaat in de linker opslagtank. Deze stof wordt gevormd uit VO_2^+ ionen en één andere stof. Bij deze reactie ontstaat één ander soort deeltje.

3p **25** Geef de reactievergelijking van de vorming van $V_2O_5.3H_2O$ uit VO_2^+.

Een andere boer wil een VRFB aanschaffen met een hogere opslagcapaciteit en een hogere maximale stroomsterkte dan de genoemde CellCube.
In de tabel op de uitwerkbijlage staan vijf aanpassingen die de fabrikant kan doen om tegemoet te komen aan de eisen van deze boer.
Uit de tabel valt onder andere op te maken dat een hogere concentratie vanadiumionen zorgt voor een toename van de opslagcapaciteit en de maximale stroomsterkte van de VRFB.

2p **26** Verklaar aan de hand van het botsende-deeltjes-model dat een hogere concentratie vanadiumionen zorgt voor een toename van de maximale stroomsterkte van de VRFB.

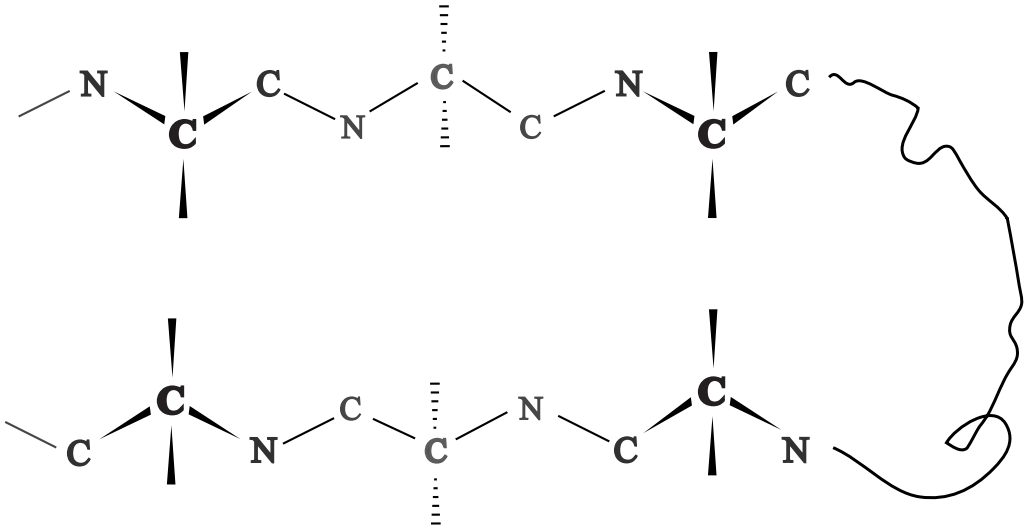
2p **27** Geef in de tabel op de uitwerkbijlage met een kruisje aan welke aanpassingen een toename van de opslagcapaciteit en/of een toename van de maximale stroomsterkte veroorzaken.
Neem steeds aan dat de overige factoren geen beperking vormen.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

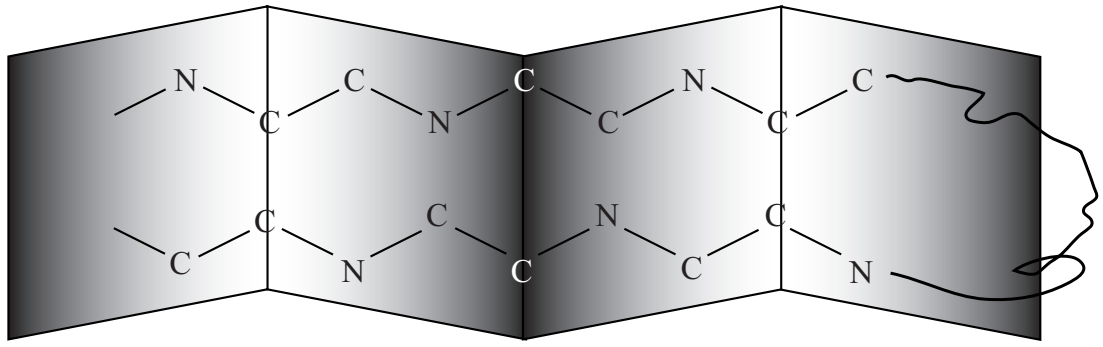
uitwerkbijlage

Naam kandidaat _____ Kandidaatnummer _____

9



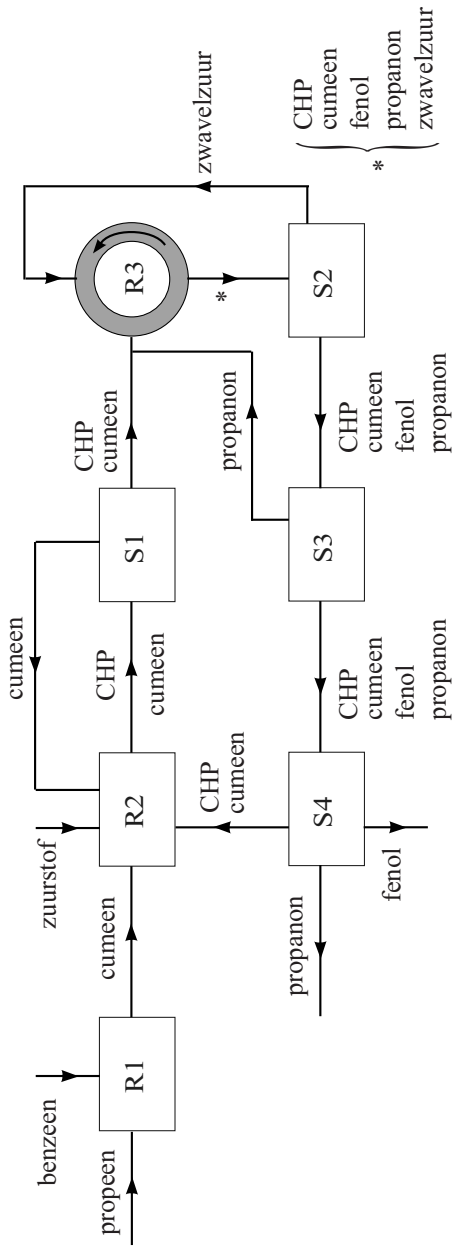
bètaplaat schematisch



laag hoog laag hoog laag

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

21



Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

27

	veroorzaakt een toename van de	
Aanpassing VRFB	opslag-capaciteit (J)	stroomsterkte ($C\ s^{-1}$)
de concentratie vanadiumionen verhogen	X	X
meerdere elektrochemische cellen aansluiten op dezelfde tanks		
de tanks vergroten		
membranen gebruiken die de ionenstroom beter doorlaten		
poreuze elektrodes gebruiken voor een groter contactoppervlak		

VERGEET NIET DEZE UITWERKBIJLAGE IN TE LEVEREN

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Examen VWO

2018

tijdvak 2
dinsdag 19 juni
13.30 - 16.30 uur

scheikunde

Bij dit examen hoort een uitwerkbijlage.

Maak zo nodig gebruik van Binas of ScienceData.

Dit examen bestaat uit 26 vragen.
Voor dit examen zijn maximaal 67 punten te behalen.
Voor elk vraagnummer staat hoeveel punten met een goed antwoord behaald kunnen worden.

Als bij een vraag een verklaring, uitleg, berekening of afleiding gevraagd wordt, worden aan het antwoord meestal geen punten toegekend als deze verklaring, uitleg, berekening of afleiding ontbreekt.

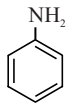
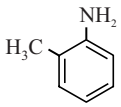
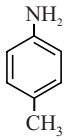
Geef niet meer antwoorden (redenen, voorbeelden e.d.) dan er worden gevraagd. Als er bijvoorbeeld twee redenen worden gevraagd en je geeft meer dan twee redenen, dan worden alleen de eerste twee in de beoordeling meegeteld.

VW-1028-a-18-2-o

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Mauveïne

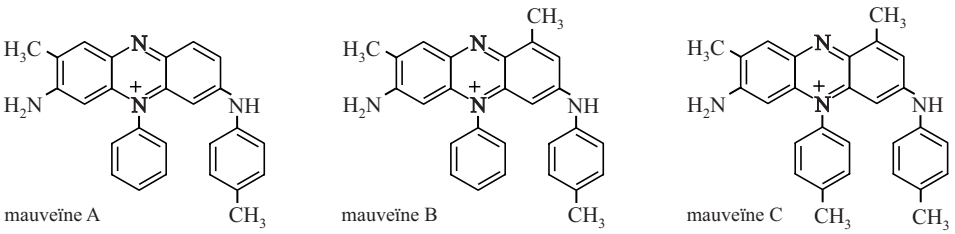
In 1856 probeerde William Perkin kinine, een medicijn tegen malaria, te synthetiseren. Hij verkreeg geen kinine maar een mengsel met een paarse kleur. In de reactie was een paarse kleurstof gevormd, die later geschikt bleek om textiel te verven. Perkin noemde deze stof mauveïne en deze toevallige ontdekking werd een mijlpaal in de geschiedenis van de textielverf.
In 1994 onderzocht men de samenstelling van de paarse kleurstof uit verschillende historische textielmonsters. De kleurstof bleek een mengsel te zijn van verwante verbindingen, waaronder mauveïne A, B, B2 en C. Perkins gebruikte voor de synthese drie organische beginstoffen en een oxidator. Hieronder zijn de structuurformules van de organische beginstoffen weergegeven.

aniline	o-toluïdine	p-toluïdine
		

Op de uitwerkbijlage is de structuurformule van mauveïne B weergegeven. In de structuur van mauveïne B is de oorspronkelijke structuur van de drie organische beginstoffen te herkennen.

2p **1** – Omcirkel op de uitwerkbijlage de delen van het molecuul mauveïne B die afkomstig zijn van een van de organische beginstoffen.
– Noteer bij elk omcirkeld deel de naam van de betreffende beginstof.

In het onderzoek van de monsters mauveïne is gebruikgemaakt van chromatografie. De onderzoekers gebruikten daarbij een hydrofobe stationaire fase en methanol als mobiele fase.
De structuurformules van de drie stoffen die het meest in het paarse mengsel aanwezig zijn, zijn hieronder weergegeven.



2p **2** Leg aan de hand van de structuurformules uit welke van deze drie mauveïnes de grootste retentietijd heeft in dit experiment.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Van het mengsel van mauveïnes van Perkin is een massaspectrum gemaakt. Met de gebruikte techniek zagen de onderzoekers alleen de pieken van de molecuulionen van de mauveïnes. De gegevens van de mauveïnes A, B en C afkomstig uit het massaspectrum zijn in onderstaande tabel gegeven.

tabel

	A	B	C
m/z-waarde	390	405	420
intensiteit	94	100	77

2p **3** Bereken de massaverhouding waarin de mauveïnes A, B en C in het mengsel van Perkin aanwezig waren. Geef je antwoord als volgt weer:
1,0 g A : …... g B : …… g C

De onderzoekers hebben mauveïne B2, een isomeer van mauveïne B, op microschaal gesynthetiseerd. Een molecuul mauveïne B2 wordt gevormd uit één molecuul aniline, één molecuul o-toluïdine en twee moleculen p-toluïdine.
Zij hebben hiertoe 60 µL aniline, 60 µL o-toluïdine en 120 µL p-toluïdine laten reageren. Ze verkregen 12 mg mauveïne B2.
De molaire massa van mauveïne B2 is 406 g mol^{-1}.

4p **4** Bereken het rendement van deze synthese.
Maak onder andere gebruik van de volgende gegevens:

	aniline	o-toluïdine	p-toluïdine
dichtheid (g mL^{-1})	1,022	1,01	1,05
molaire massa (g mol^{-1})	93,1	107	107

Bij nader onderzoek naar de structuur van de moleculen bleek dat mauveïne A in twee vormen voorkomt. Deze vormen kunnen worden opgevat als een *cis*- en een *trans*-isomeer.
Op de uitwerkbijlage is de Lewisstructuur gegeven van mauveïne A en de onvolledige Lewisstructuur van een andere grensstructuur.
In deze grensstructuur is de positieve lading verplaatst naar een ander N atoom. In het molecuul is dan ook een andere C=N binding aanwezig.
Met behulp van deze grensstructuur kan het bestaan van *cis-trans*-isomerie in mauveïne A worden verklaard.

3p **5** Maak op de uitwerkbijlage de onvolledige Lewisstructuur compleet met elektronenparen en formele lading(en).

2p **6** Geef een verklaring dat bij mauveïne A *cis-trans*-isomerie mogelijk is.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

In brandstofcellen die glucose of zetmeel gebruiken als energiebron worden enzymen gebruikt. Zo kan amylose in zetmeel met behulp van enzymen door hydrolyse worden omgezet tot glucose. Andere enzymen zetten vervolgens de glucose om.
Op de uitwerkbijlage is de onvolledige reactievergelijking weergegeven van de gedeeltelijke hydrolyse van amylose.

3p **7** Maak op de uitwerkbijlage de reactievergelijking af van de gedeeltelijke hydrolyse van amylose, waarbij van het weergegeven fragment twee moleculen glucose worden afgesplitst. Geef koolstofverbindingen weer met structuurformules.

Wetenschappers hebben een brandstofcel voor biomassa ontwikkeld waarin geen enzymen worden gebruikt. Met deze brandstofcel kan energie worden opgewekt uit biomassa waarvoor geen geschikte enzymen bestaan. In het onderzoek naar een geschikte brandstofcel is gebruikgemaakt van ammonium-12-molybdofosfaat.
De verhoudingsformule van deze stof is $(NH_4)_3PO_4(MoO_3)_{12}$.
Ammonium-12-molybdofosfaat wordt gemaakt door ammonium-orthomolybdaat ($(NH_4)_2MoO_4$) te verhitten in aanwezigheid van fosforzuur en salpeterzuur. Als bijproducten ontstaan waterdamp en ammoniumnitraat.

3p **8** Geef de reactievergelijking voor het maken van ammonium-12-molybdofosfaat.
Gebruik Binas-tabel 66B of ScienceData-tabel 10.2.b.

In oplossingen van ammonium-12-molybdofosfaat komen ionen $PO_4(MoO_3)_{12}^{3-}$ voor. Een ion $PO_4(MoO_3)_{12}^{3-}$ wordt in de rest van deze opgave voorgesteld als POM^{3-}.
Het deeltje POM^{3-} kan worden beschouwd als een fosfaat-ion dat wordt omringd door twaalf eenheden molybdeen(VI)oxide (MoO_3). Elke eenheid MoO_3 bestaat uit drie oxide-ionen en een Mo(VI)-ion.
Onder invloed van licht wordt een deeltje POM^{3-} omgezet tot het zeer reactieve deeltje $\mathbf{rPOM^{3-}}$, dat snel reageert met allerlei organische stoffen. De structuur van POM^{3-} en $\mathbf{rPOM^{3-}}$ is gelijk, de deeltjes verschillen alleen in de verdeling van de elektronen binnen het deeltje.
Bij de omzetting van POM^{3-} tot $\mathbf{rPOM^{3-}}$ wordt binnen een eenheid MoO_3 één elektron van één oxide-ion overgedragen naar de N-schil van één Mo(VI)-ion.

3p **9** Geef op de uitwerkbijlage de opbouw van de elektronenwolk van het omgezette oxide-ion en het omgezette molybdeen-ion in het reactieve deeltje $\mathbf{rPOM^{3-}}$. Gebruik het Periodiek Systeem uit je informatieboek.

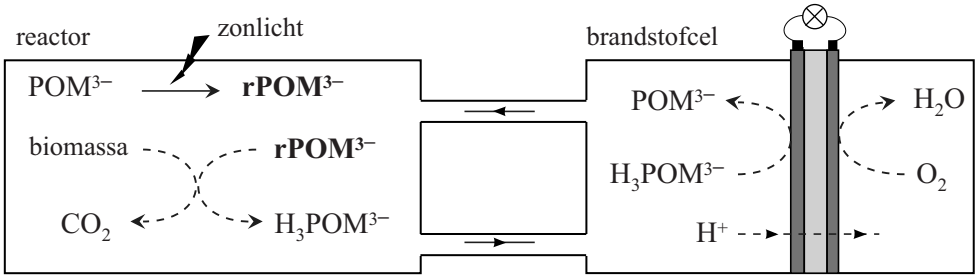
Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

In hout is onder andere het biopolymeer lignine aanwezig. Lignine is een netwerkpolymeer dat in brandstofcellen niet kan worden omgezet met enzymen. Met het gebruikte ammonium-12-molybdofosfaat kan lignine wel worden omgezet, zodat zelfs houtafval kan worden gebruikt in een brandstofcel. Op de uitwerkbijlage is een van de optredende omzettingen weergegeven. In stap 1 treedt oxidatie van lignine op. In stap 2 wordt het omcirkelde H atoom als een H^+ ion afgesplitst. Tevens wordt dan een C–C binding verbroken en een H^+ ion opgenomen. Dit H^+ ion is weergegeven in het kader.

2p **10** Geef op de uitwerkbijlage in het omkaderde deel met pijlen aan hoe elektronenparen zich verplaatsen.

In onderstaande figuur is de gebruikte opstelling schematisch weergegeven. In een lichtdoorlatende reactor heeft men biomassa gemengd met ammonium-12-molybdofosfaat. De reactor is vervolgens in zonlicht geplaatst, zodat POM^{3-} onder invloed van licht wordt omgezet tot $\mathbf{rPOM^{3-}}$. Het $\mathbf{rPOM^{3-}}$ reageert met de biomassa, waarbij onder andere H_3POM^{3-} en CO_2 worden gevormd.

figuur



Na verloop van tijd wordt het mengsel door de brandstofcel gepompt. Het in de reactor ontstane H_3POM^{3-} wordt in de brandstofcel weer omgezet tot POM^{3-}.

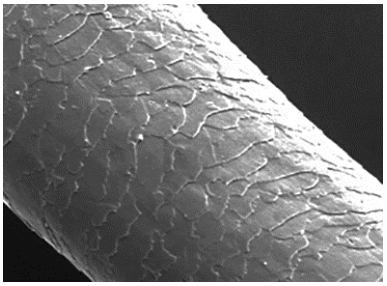
3p **11** Geef de vergelijkingen van de halfreacties die verlopen in de brandstofcel en geef de totaalvergelijking.

In het onderzoek is een hoeveelheid verdunde biomassa gemengd met 20 mL van een 0,25 M oplossing ammonium-12-molybdofosfaat. Nadat dit mengsel enige tijd in het zonlicht had gestaan, bleek dat 80% van alle $\mathbf{rPOM^{3-}}$ was omgezet tot H_3POM^{3-}. Het mengsel werd door de brandstofcel gepompt tot alle ontstane H_3POM^{3-} weer was omgezet tot POM^{3-}. De brandstofcel leverde gedurende 30 minuten een gemiddelde stroomsterkte van 0,530 A.

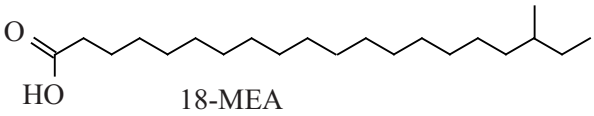
4p **12** Bereken hoeveel procent van de elektronen die $\mathbf{rPOM^{3-}}$ van de biomassa heeft opgenomen, door H_3POM^{3-} is afgestaan in de brandstofcel. Maak onder andere gebruik van de volgende gegevens:
- 1 A = 1 C s^{-1}
- een mol elektronen heeft een lading van $9{,}65 \cdot 10^4$ C.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Haarverf



Haarverf moet hechten aan het haar, daarom is kennis van de moleculaire structuur van een haar belangrijk.
De buitenkant van een haar bestaat uit schubben die de haar compleet bedekken. Aan het oppervlak van deze schubben zijn moleculen van het vetzuur 18-MEA gebonden aan het eiwit keratine.



18-MEA is aan keratine gebonden door middel van een thio-esterbinding. Deze binding is ontstaan door een condensatiereactie tussen moleculen 18-MEA en SH groepen van cysteïne-eenheden in keratinemoleculen. Deze reactie verloopt op dezelfde wijze als de condensatie van een zuur en een alcohol.

3p **13** Geef de structuurformule van een cysteïne-eenheid waaraan 18-MEA is gebonden door middel van een thio-esterbinding. De cysteïne-eenheid moet afkomstig zijn uit het midden van een peptideketen. Gebruik voor de koolwaterstofrest van 18-MEA de notatie C_xH_y met de juiste getalwaarden voor x en y.

Haarverf heeft een hoge pH. Bij deze hoge pH zwellen bepaalde delen van keratine op en dringen pigmentmoleculen tot diep in een haar door. Onderzoekers vermoeden dat het opzwellen van delen van keratine wordt veroorzaakt doordat in de betrokken peptideketens relatief veel aminozuureenheden met zure restgroepen aanwezig zijn.

2p **14** Leg uit op microniveau dat de aanwezigheid van aminozuureenheden met zure restgroepen bijdraagt aan het opzwellen van keratine bij hoge pH.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

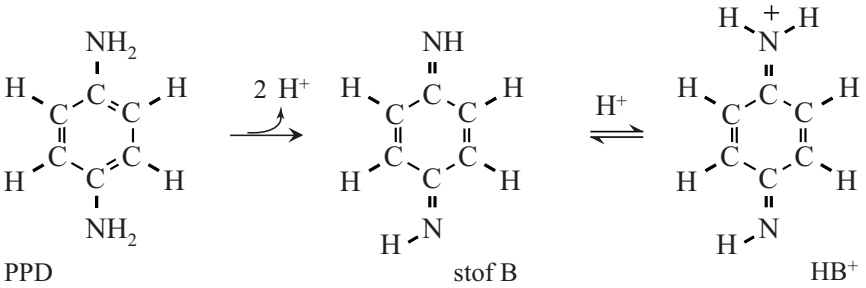
Voordat haarverf wordt aangebracht, behandelt men soms het haar met waterstofperoxide (H_2O_2). Tijdens deze behandeling treden allerlei redoxreacties op, die leiden tot veranderingen in de structuur van de peptideketens in keratine.
Op de uitwerkbijlage is de halfreactie van de peptideketen in keratine onvolledig weergegeven. In de andere halfreactie wordt H_2O_2 omgezet tot OH^-.

3p **15** Maak op de uitwerkbijlage de onvolledige halfreactie compleet en geef met behulp van de vergelijking van de halfreactie van H_2O_2 de totaalreactie.
Gebruik Binas-tabel 48 of ScienceData-tabel 9.1.f.

2p **16** Leg uit of door de op de uitwerkbijlage weergegeven omzetting de primaire, de secundaire of de tertiaire structuur van de peptideketen in keratine verloren gaat.

Een doosje permanente haarverf bevat twee flesjes, die de gebruiker mengt vlak voordat hij de verf aanbrengt. Tijdens het aanbrengen en het intrekken van het mengsel ontstaan pas de uiteindelijke kleurpigmenten. Veelgebruikte componenten van haarverf zijn p-fenyleendiamine (PPD) en waterstofperoxide. PPD wordt door waterstofperoxide omgezet tot stof B. Stof B is een zwakke base. Bij de heersende pH is een klein deel van stof B aanwezig als het geconjugeerde zuur (HB^+).
In onderstaande figuur zijn de omzetting van PPD tot stof B en het evenwicht tussen stof B en HB^+ weergegeven.

figuur



Het deeltje HB^+ is een sterk elektrofiel deeltje dat een rol speelt in het verdere mechanisme van de vorming van de uiteindelijke pigmenten.

2p **17** Maak de grensstructuur van HB^+ op de uitwerkbijlage af en geef een andere grensstructuur voor HB^+. Gebruik Lewisstructuren.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Door de hoge pH van haarverf is slechts een klein deel van stof B aanwezig als HB^+. De K_z van HB^+ is $1{,}8 \cdot 10^{-6}$.

4p **18** Bereken hoeveel procent van de deeltjes B en HB^+ aanwezig is als HB^+ bij pH = 9,50 (T = 298 K).

In een bepaalde soort haarverf is behalve PPD ook de stof 3-aminofenol aanwezig. PPD en 3-aminofenol ondergaan opeenvolgende additie- en oxidatie-reacties. Op de uitwerkbijlage zijn de verlopende reacties weergegeven.
Het mengsel met PPD en 3-aminofenol leidt tot een bruinrode haarkleur.
Het is ook mogelijk om een paarsrood pigment, stof 2, te verkrijgen.
Hiertoe wordt een andere beginstof gekozen dan 3-aminofenol.
Wanneer in het molecuul 3-aminofenol een H atoom aan de benzeenring is vervangen door een CH_3 groep, wordt uitsluitend stof 2 gevormd.
De C atomen van 3-aminofenol op de uitwerkbijlage zijn genummerd.

2p **19** Leg uit op welk C atoom van 3-aminofenol de methylgroep zich moet bevinden, zodat uitsluitend stof 2 wordt gevormd.
Neem aan dat de aanwezigheid van de methylgroep de kleur van dit pigment niet verandert.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Afvalgassen uit de staal- en petrochemische industrie bevatten behalve koolstofdioxide vaak ook veel koolstofmono-oxide.
Het bedrijf Lanzatech heeft een proces ontwikkeld waarbij deze afvalgassen worden gemengd met waterstof en andere gassen afkomstig van vergaste biomassa en vergaste kolen. Het verkregen mengsel wordt vervolgens door speciale micro-organismen omgezet tot ethanol (C_2H_6O) en andere alcoholen.
De totaalvergelijking van één van de biochemische routes waarmee deze micro-organismen ethanol produceren, is weergegeven met reactie 1.

$$6\ CO\ (g) + 3\ H_2O\ (l) \rightarrow C_2H_6O\ (l) + 4\ CO_2\ (g) \qquad \text{(reactie 1)}$$

3p **20** Bereken de reactiewarmte van reactie 1 per mol ethanol.

Een andere biochemische route kan met reactie 2 worden beschreven.

$$6\ H_2 + 2\ CO_2 \rightarrow 3\ H_2O + C_2H_6O \qquad \text{(reactie 2)}$$

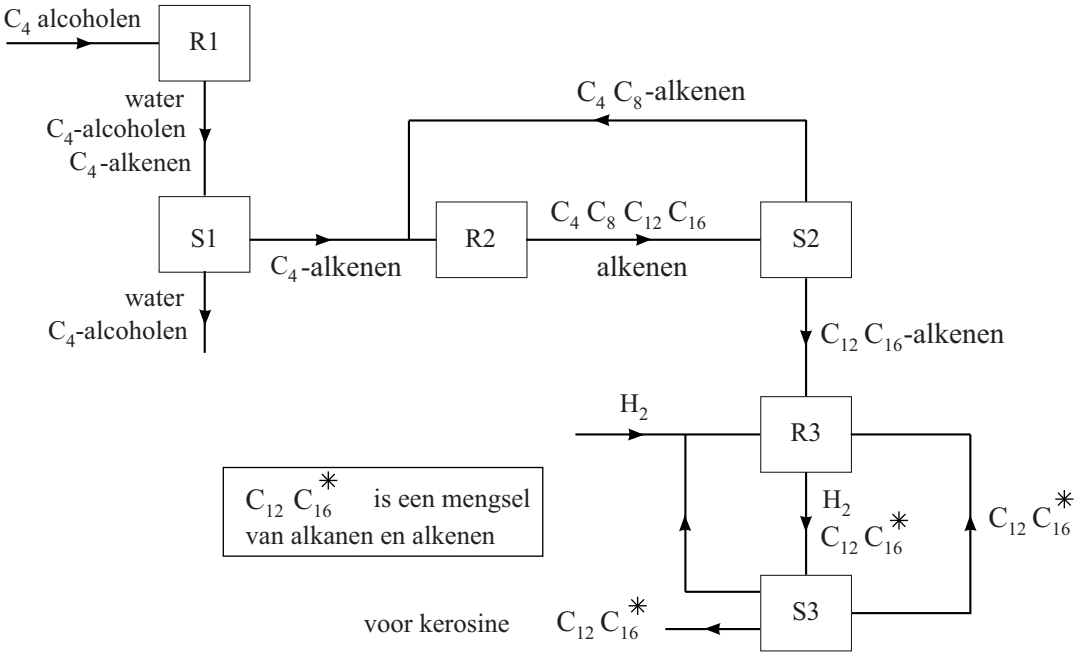
In de bioreactor wordt uiteindelijk alle CO en CO_2 omgezet tot ethanol en andere alcoholen. De opbrengst aan ethanol in het Lanzatech-proces wordt uitgedrukt in MJ. Dit is de hoeveelheid energie die vrijkomt als het geproduceerde ethanol zou worden verbrand.
De CO_2-opname door de micro-organismen in het Lanzatech-proces is 81,5 g CO_2 per MJ. De CO_2-uitstoot van de overige processen is 51 g CO_2 per MJ.

4p **21** Bereken de netto CO_2-uitstoot uitgedrukt in g CO_2 per MJ geproduceerde energie wanneer het geproduceerde ethanol uiteindelijk wordt verbrand (T = 293 K). De energie die vrijkomt bij de verbranding van ethanol is $2{,}15 \cdot 10^{10}$ J m^{-3}.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Het ethanol en de overige alcoholen worden door destillatie gescheiden van het mengsel in de bioreactor. Behalve ethanol worden in de Lanzatech-bioreactor ook butaan-1-ol, butaan-2-ol, 2-methylpropaan-1-ol en 2-methylpropaan-2-ol gevormd door de micro-organismen.
Deze C_4-alcoholen kunnen in een aansluitend proces worden gebruikt om door additie-reacties koolwaterstoffen te produceren met 12 en 16 koolstofatomen in de moleculen. Deze koolwaterstoffen kunnen worden toegevoegd aan kerosine. Dit proces is in onderstaand blokschema weergegeven. Met C_4 tot en met C_{16} is het aantal koolstofatomen in de koolwaterstoffen aangegeven.

blokschema



In reactor 1 (R1) worden de C_4-alcoholen onvolledig omgezet tot de C_4-alkenen methylpropeen, but-1-een en but-2-een. Hierbij ontstaat ook water.

2p **22** Geef de reactievergelijking voor de omzetting van 2-methylpropaan-1-ol tot methylpropeen. Gebruik structuurformules voor de koolstofverbindingen.

Het mengsel afkomstig uit R1 wordt in scheidingsruimte 1 (S1) afgekoeld. Hierdoor worden de C_4-alkenen afgescheiden van het water en van de C_4-alcoholen die niet hebben gereageerd.

2p **23** Leg uit binnen welk temperatuurgebied deze scheiding kan plaatsvinden ($p = p_0$). Gebruik Binas-tabel 42B of ScienceData-tabel 8.3.b.
Het kookpunt van methylpropeen is 267 K.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

In R2 vinden additiereacties plaats tussen de C_4-alkenen, waarbij alkenen met 8, 12 of 16 C atomen worden gevormd.
In S2 wordt het verkregen mengsel van alkenen gescheiden in twee fracties. De fractie met de C_4- en de C_8-alkenen wordt teruggevoerd naar R2. De fractie met de C_{12}- en de C_{16}-alkenen wordt doorgevoerd naar R3.
De scheiding in S2 kan eenvoudig plaatsvinden omdat bij de gebruikte omstandigheden in de scheidingsruimte steeds één fractie in de vloeibare fase is en de andere fractie in de gasfase.

2p **24** Leg uit welke fractie in S2 vloeibaar is en welke fractie gasvormig is.

In R3 reageren de gevormde alkenen onvolledig met een overmaat waterstof tot alkanen. In S3 wordt de overmaat waterstof gescheiden van de rest van het mengsel en teruggevoerd naar R3.
Een deel van het mengsel afkomstig uit R3 wordt opgeslagen als een product dat kan worden gebruikt als toevoeging aan kerosine. Het overgebleven deel wordt weer naar R3 teruggevoerd. Deze recirculatie zorgt voor een hoger rendement in R3.

1p **25** Geef aan waarom door de recirculatie het rendement in R3 hoger wordt.

In R2 wordt per minuut $1{,}4 \cdot 10^3$ mol C_4H_8 omgezet tot evenveel mol C_{12}- als C_{16}-alkenen. In het product dat uiteindelijk wordt opgeslagen is 98% van de C_{12}- en de C_{16}-alkenen omgezet tot alkanen.

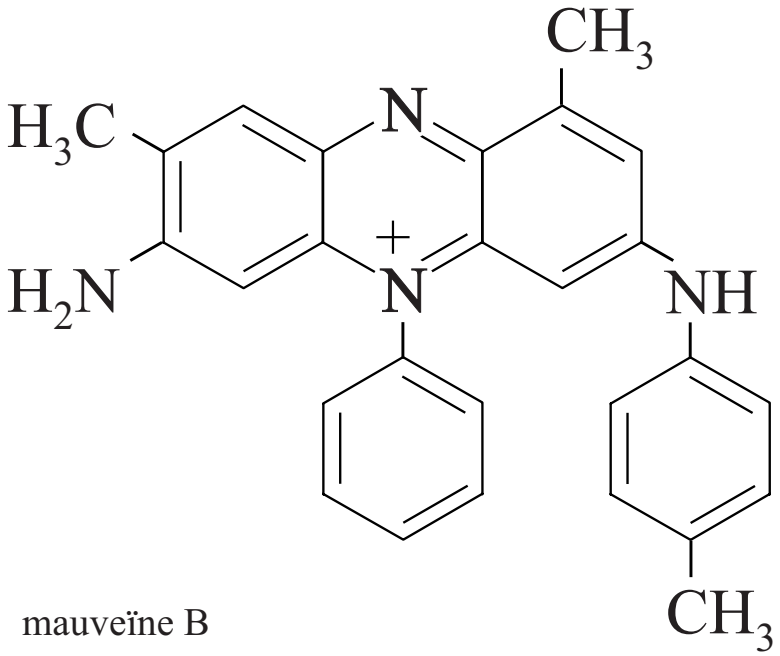
2p **26** Bereken hoeveel mol H_2 per minuut dan moet worden ingevoerd in R3.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

uitwerkbijlage

Naam kandidaat _____ Kandidaatnummer _____

1

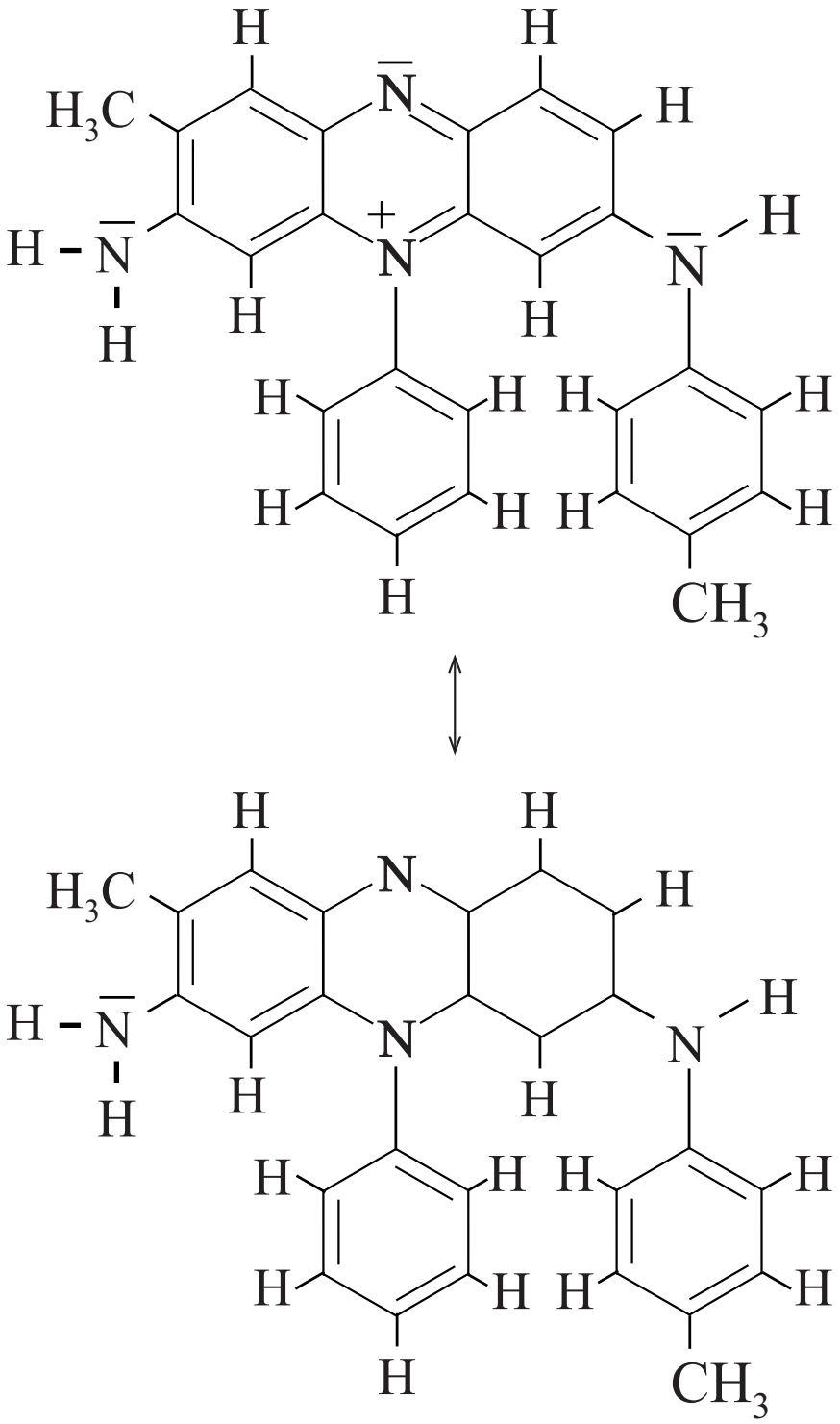


mauveïne B

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

5

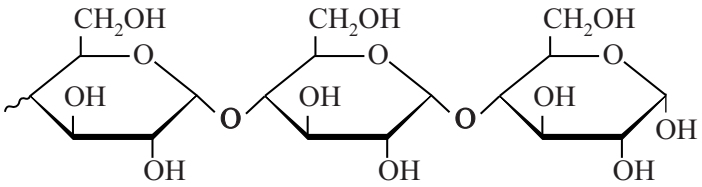
mauveïne A



Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Naam kandidaat _____ Kandidaatnummer _____

7



+ .....

→ + ...

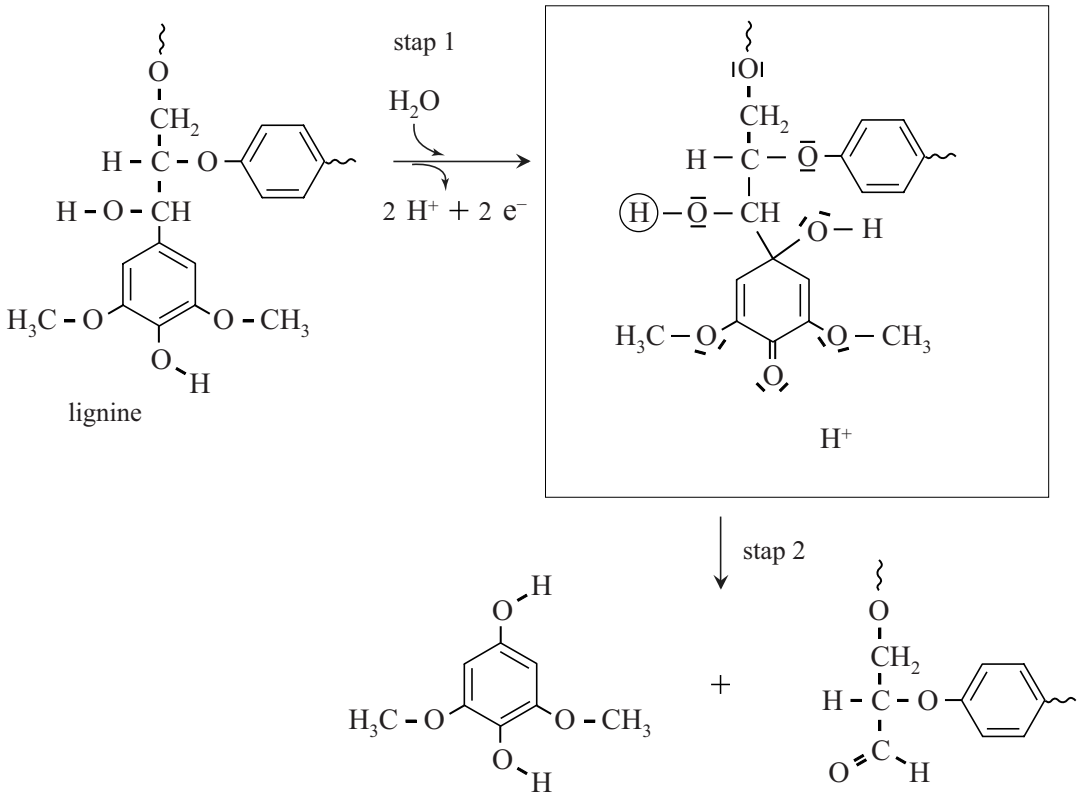
9

Elektronenschil van het omgezette oxide-ion in reactief **rPOM**$^{3-}$	Aantal elektronen
K	
L	
M	
N	
O	

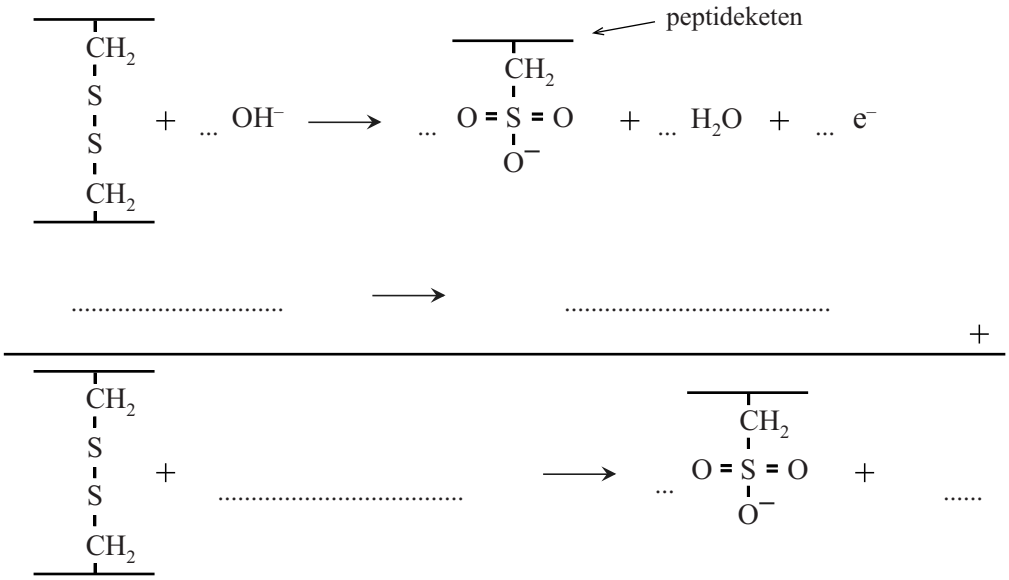
Elektronenschil van het omgezette molybdeen-ion in reactief **rPOM**$^{3-}$	Aantal elektronen
K	
L	
M	
N	
O	0

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

10

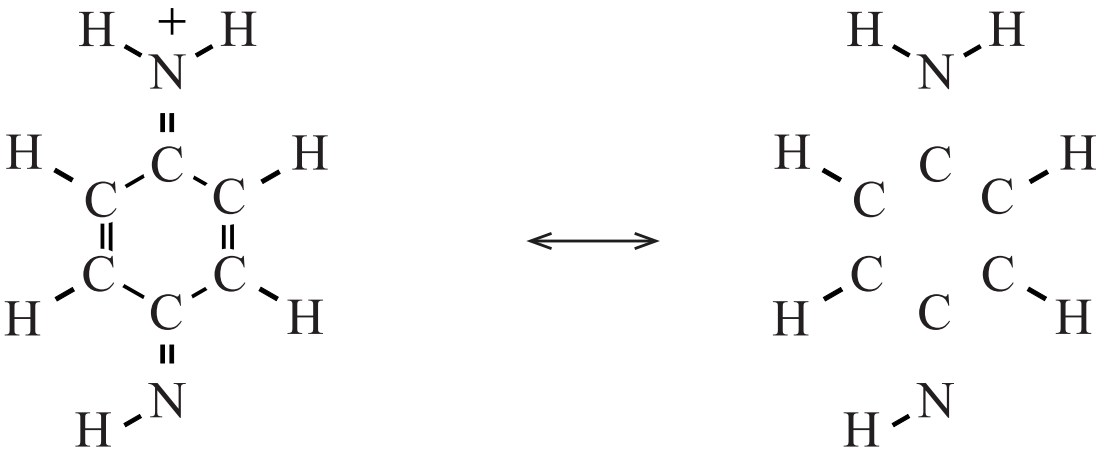


15 en 16



Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

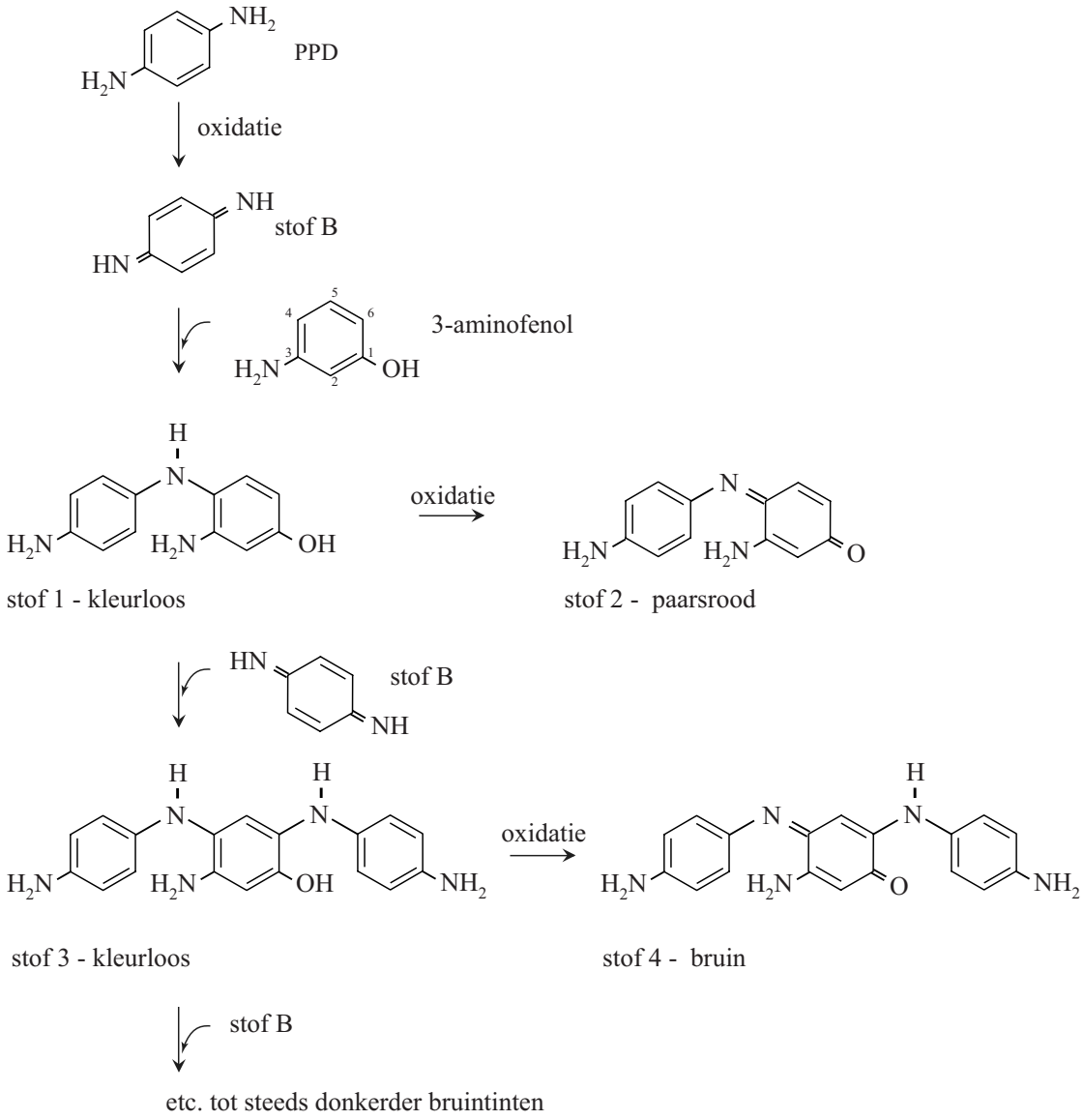
17



HB^+

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

19



VERGEET NIET DEZE UITWERKBIJLAGE IN TE LEVEREN

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Examen VWO

2017

tijdvak 1
donderdag 18 mei
13.30 - 16.30 uur

scheikunde

Bij dit examen hoort een uitwerkbijlage.

Dit examen bestaat uit 28 vragen.
Voor dit examen zijn maximaal 67 punten te behalen.
Voor elk vraagnummer staat hoeveel punten met een goed antwoord behaald kunnen worden.

Als bij een vraag een verklaring, uitleg, berekening of afleiding gevraagd wordt, worden aan het antwoord meestal geen punten toegekend als deze verklaring, uitleg, berekening of afleiding ontbreekt.

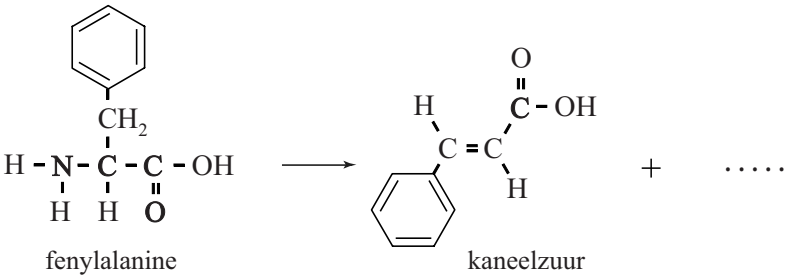
Geef niet meer antwoorden (redenen, voorbeelden e.d.) dan er worden gevraagd. Als er bijvoorbeeld twee redenen worden gevraagd en je geeft meer dan twee redenen, dan worden alleen de eerste twee in de beoordeling meegeteld.

VW-1028-a-17-1-o

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

PAL is een enzym dat voorkomt in planten en micro-organismen. PAL zet het aminozuur fenylalanine om tot kaneelzuur. De omzetting van fenylalanine door PAL is in figuur 1 weergegeven met een onvolledige vergelijking.

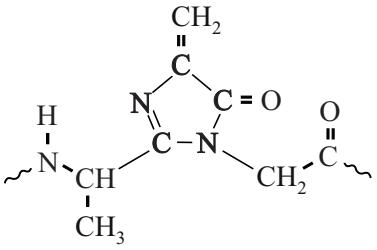
figuur 1



1p **1** Geef de formule van het ontbrekende deeltje.

Uit onderzoek naar de structuur van PAL bleek dat in PAL een opvallende kenmerkende groep aanwezig is: de zogeheten MIO-groep. De MIO-groep is in figuur 2 weergegeven. De MIO-groep wordt bij de synthese van PAL gevormd door ringsluiting van een deel van de eiwitketen dat kan worden weergegeven met ~ Ala – Ser – Gly ~.

figuur 2



De eerste stap in de vorming van de MIO-groep is de sluiting van de in figuur 2 weergegeven vijfring door een additiereactie binnen het enzymmolecuul. In de reacties die leiden tot MIO worden twee watermoleculen afgesplitst. Hierbij wordt onder andere de C=C binding gevormd.

4p **2** Geef de structuurformule van het gedeelte ~ Ala – Ser – Gly ~.
Geef in de structuurformule met een pijl/pijlen aan welke twee atomen met elkaar worden verbonden bij de ringsluiting.
Omcirkel in de structuurformule de H atomen en de O atomen die bij de vorming van de MIO-groep worden afgesplitst.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

De onderzoekers vermoedden dat de MIO-groep een rol speelt in de omzetting van fenylalanine tot kaneelzuur. Om vast te stellen welke aminozuureenheden nog meer een rol spelen bij de omzetting, hebben ze rondom de MIO-groep veranderingen aangebracht in de aminozuur-samenstelling van PAL. Wanneer op positie 110 het aminozuur Phe werd ingebouwd, bleek de gevormde PAL nauwelijks nog katalytische activiteit te vertonen. In actieve PAL is op plaats 110 de aminozuureenheid Tyr (Tyr110) aanwezig.

2p **3** Geef twee chemische redenen waarom Phe is gekozen als vervanger van Tyr110. Licht je antwoord toe, zodat duidelijk wordt waarom dit voor het onderzoek relevante redenen zijn.

Om deze PAL-variant te kunnen produceren, hebben de onderzoekers in een micro-organisme een puntmutatie aangebracht in het deel van het DNA dat codeert voor PAL. Een puntmutatie is de vervanging van een basenpaar in het DNA door een ander basenpaar. De code voor het eerste aminozuur van PAL begint bij het basenpaar met nummer 1.

3p **4** Geef de symbolen van het basenpaar van de puntmutatie, zowel voor de actieve PAL met Tyr110 als voor de inactieve PAL met Phe110.
Gebruik Binas-tabel 71G.
Noteer je antwoord als volgt en licht je antwoord toe:

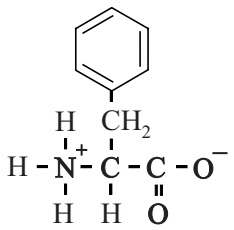
	actieve PAL	inactieve PAL
base op coderende streng:	…..	…..
base op matrijsstreng:	…..	…..

Toelichting: …..

2p **5** Geef aan wat het nummer is van het basenpaar van de puntmutatie.
Licht je antwoord toe.

Het pH-optimum van PAL ligt bij pH = 8,80. Bij deze pH komen moleculen fenylalanine vooral voor in de vorm zoals hiernaast is weergegeven. De K_z van de $\sim NH_3^+$ groep in fenylalanine bedraagt $7{,}4 \cdot 10^{-10}$.

fenylalanine (pH = 8,80)



4p **6** Bereken hoeveel procent van de aminogroepen van fenylalanine aanwezig is als $\sim NH_3^+$ bij pH = 8,80 (T = 298 K).

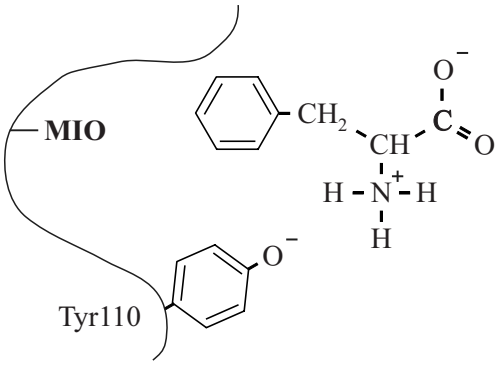
Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Nader onderzoek leidde uiteindelijk tot opheldering van de rol van de MIO-groep en van Tyr110 bij de omzetting van fenylalanine tot kaneelzuur. De volgende punten zijn vastgesteld:

- De MIO-groep bevindt zich in een holte van het enzym en katalyseert de omzetting van fenylalanine;
- de restgroep van Tyr110 bevindt zich bij de ingang van deze holte;
- bij het pH-optimum van PAL heeft de restgroep van Tyr110 een negatieve lading.

In figuur 3 is schematisch weergegeven hoe volgens de onderzoekers een fenylalanine-deeltje het actieve centrum van een molecuul PAL nadert.

figuur 3



Tyr110 oefent aantrekkende en afstotende krachten uit op atoomgroepen van een fenylalanine-deeltje. Door deze interacties wordt het fenylalanine-deeltje georiënteerd zoals in figuur 3 is weergegeven.

2p **7** Leg uit welke twee elektrostatische interacties tussen een fenylalanine-deeltje en het Tyr110 ervoor zorgdragen, dat een fenylalanine-deeltje de holte binnengaat op de manier zoals is weergegeven in figuur 3.
Geef ook aan welke atoomgroep van het fenylalanine-deeltje betrokken is bij elke afzonderlijke interactie.

In een meting bleek een monster van 148 mg onzuivere PAL de vorming van 158 μmol kaneelzuur per minuut te katalyseren.
Het monster bestond voor 90 massa% uit PAL. De overige 10 massa% bestond uit enzymen zonder katalytisch effect op de reactie.
Met behulp van deze gegevens is het mogelijk de turnover frequency (TOF) te berekenen. De TOF is gedefinieerd als het aantal substraatmoleculen dat per minuut door één molecuul PAL kan worden omgezet.

3p **8** Bereken de TOF van PAL.
De molaire massa van PAL bedraagt $2{,}75 \cdot 10^5$ g mol^{-1}.

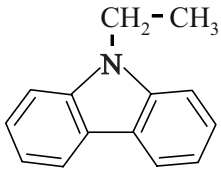
Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Waterstofopslag in carbazool

Waterstof wordt pas een alternatief voor het gebruik van benzine als autobrandstof, wanneer waterstofauto's met een volle tank eenzelfde afstand kunnen afleggen als een gangbare benzineauto met een tank gevuld met 50 liter benzine. Uit metingen is gebleken dat een benzineauto voor het afleggen van eenzelfde afstand tweemaal zoveel chemische energie nodig heeft als een waterstofauto.

3p **9** Bereken hoeveel kilogram waterstof een auto moet tanken om dezelfde afstand af te leggen als een benzineauto met een tank gevuld met 50 liter benzine ($T = 298$ K , $p = p_0$).
Bij beide verbrandingen komt het water als gas vrij.
Bij de verbranding van 1,0 m^3 benzine komt $3{,}3 \cdot 10^{10}$ J vrij.

Waterstof als brandstof heeft als groot nadeel dat het onder hoge druk moet worden opgeslagen. Daarom wordt veel onderzoek gedaan naar manieren om waterstof chemisch te binden aan een drager. Recent onderzoek richt zich op N-ethylcarbazool als waterstofdrager. N-ethylcarbazool bindt waterstof door additie. Alle dubbele bindingen in N-ethylcarbazool worden hierbij omgezet tot enkelvoudige bindingen. Het product wordt perhydro-N-ethylcarbazool genoemd. De massa neemt hierbij minder dan 10% toe.



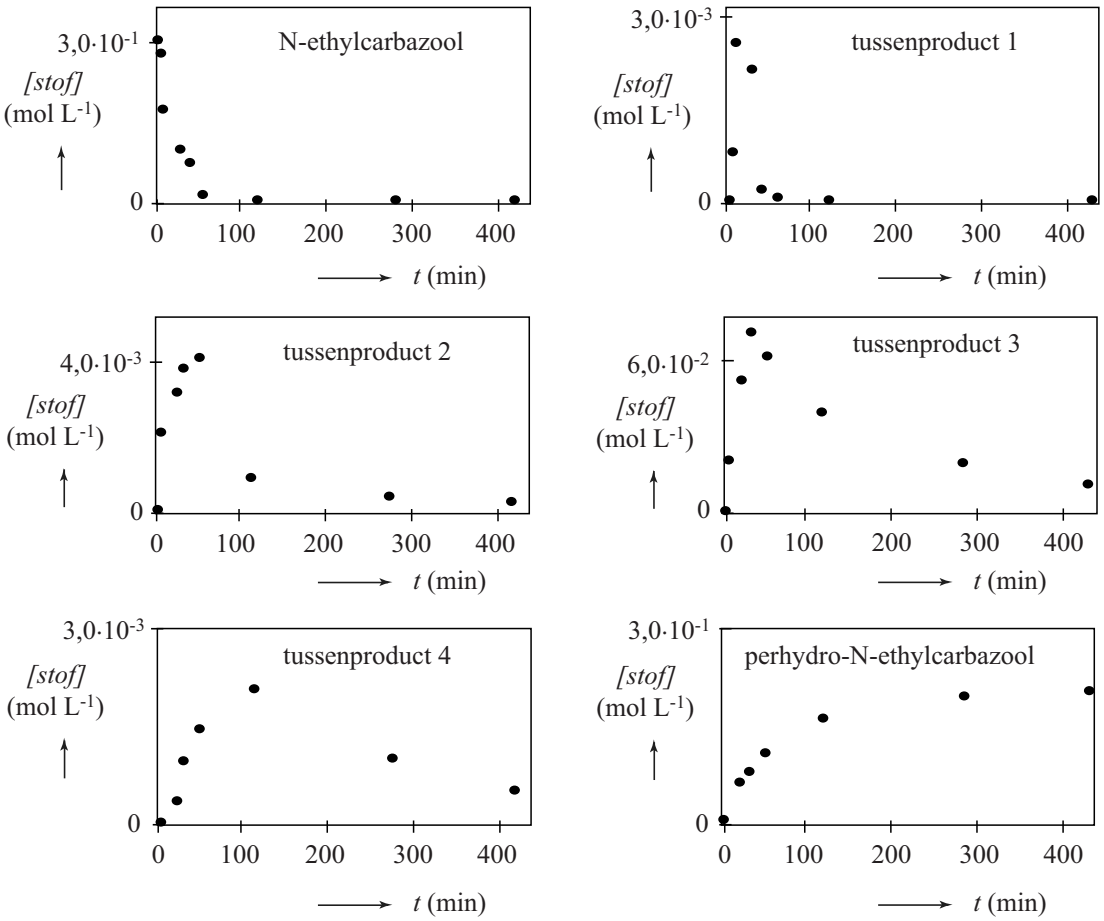
N-ethylcarbazool

2p **10** Bereken met welk percentage van zijn oorspronkelijke massa de massa van N-ethylcarbazool toeneemt als alle dubbele bindingen in N-ethylcarbazool worden omgezet tot enkelvoudige bindingen.
Geef je antwoord in twee significante cijfers.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

In een experiment is het verloop van de additie van waterstof aan N-ethylcarbazool onderzocht. Het bleek dat in de loop van het experiment enkele tussenproducten konden worden aangetoond. Van de beginstof en het eindproduct en van een aantal tussenproducten is het verloop van de concentraties gemeten. In figuur 1 zijn enkele resultaten van de metingen weergegeven. De schaal op de *y*-assen verschilt per diagram. Het volume van het reactiemengsel was gedurende het gehele experiment constant.

figuur 1



2p **11** Leg aan de hand van de diagrammen in figuur 1 uit of na 400 minuten een volledige omzetting tot perhydro-N-ethylcarbazool is bereikt.

Uit de diagrammen kan worden opgemaakt welke van de vijf weergegeven omzettingen de snelheidsbepalende stap is voor de omzetting van N-ethylcarbazool tot perhydro-N-ethylcarbazool.

2p **12** Leg aan de hand van de diagrammen in figuur 1 uit welke omzetting de snelheidsbepalende stap is.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

In de waterstofauto wordt het perhydro-N-ethylcarbazool in aanwezigheid van een katalysator verwarmd tot 200 °C. In een endotherme reactie wordt waterstof gevormd dat in de auto naar een brandstofcel wordt gevoerd. Zuivere waterstof is zeer explosiegevaarlijk. Door het gebruik van perhydro-N-ethylcarbazool als waterstofdrager wordt dit probleem voorkomen.

2p **13** Leg uit dat bij opslag en vervoer van perhydro-N-ethylcarbazool het risico op een explosie van waterstof erg klein is.
Gebruik bij de beantwoording van deze vraag drie gegevens uit bovenstaande tekst.

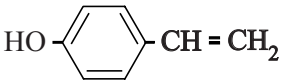
Op de uitwerkbijlage bij dit examen is het energiediagram voor de vorming van waterstof uit perhydro-N-ethylcarbazool onvolledig weergegeven. Hierin ontbreekt onder andere het niveau van de reactieproducten.
De invloed van de katalysator op het verloop van deze reactie kan met behulp van dit energiediagram duidelijk worden gemaakt door energieniveaus met bijbehorende bijschriften te plaatsen.

2p **14** Maak op de uitwerkbijlage het energiediagram voor de vorming van waterstof uit perhydro-N-ethylcarbazool af door energieniveaus met bijbehorende bijschriften te plaatsen, zodat duidelijk wordt wat de invloed van de katalysator is op het verloop van de reactie.

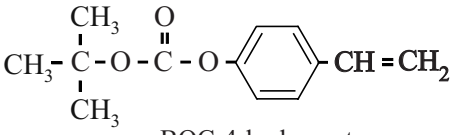
Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Polymeren maken de chip

Een computerchip wordt gemaakt van een dunne plaat van puur silicium, een zogeheten wafer. Hierop worden patronen van afwisselend geleidende en niet-geleidende materialen aangebracht. Om deze patronen aan te brengen, maakt men gebruik van een fotogevoelig materiaal, waarvan de oplosbaarheid verandert onder invloed van uv-licht. Een veelgebruikt fotogevoelig materiaal bevat onder andere een copolymeer dat door additiepolymerisatie is ontstaan uit 4-hydroxystyreen en BOC-4-hydroxystyreen. Dit copolymeer noemen we in deze opgave copolymeer X.



4-hydroxystyreen



BOC-4-hydroxystyreen

BOC-4-hydroxystyreen wordt gemaakt uit 4-hydroxystyreen en di-*tert*-butyldicarbonaat. Bij deze reactie ontstaan, behalve BOC-4-hydroxystyreen, ook methylpropaan-2-ol en één andere stof. Op de uitwerkbijlage vind je een onvolledige vergelijking voor deze reactie.

2p **15** Maak de vergelijking op de uitwerkbijlage compleet. Gebruik structuurformules.

Op de wafer wordt eerst een laag siliciumdioxide aangebracht. Daarop wordt een fotogevoelige laag aangebracht. De fotogevoelige laag bevat copolymeer X en een fotogevoelige stof, PAG. De fotogevoelige laag wordt met uv-licht in het gewenste patroon beschenen. Onder invloed van uv-licht vormt een molecuul PAG één H^+ ion. De gevormde H^+ ionen zitten niet vast op één plek, maar diffunderen langzaam door de fotogevoelige laag. De H^+ ionen katalyseren de omzetting van de BOC-4-hydroxystyreen-eenheden uit copolymeer X tot 4-hydroxystyreen-eenheden, methylpropeen en koolstofdioxide.

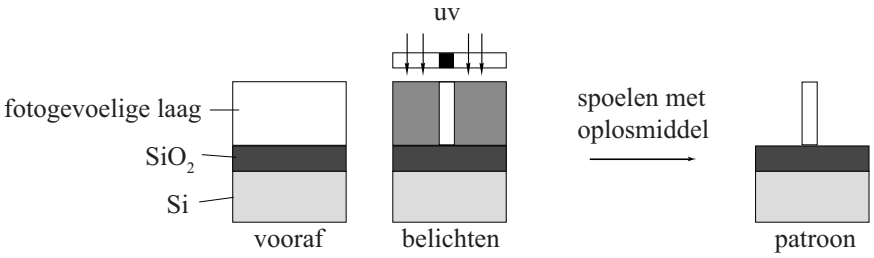
3p **16** Geef de vergelijking in structuurformules van de omzetting van één BOC-4-hydroxystyreen-eenheid uit copolymeer X tot één 4-hydroxystyreen-eenheid.

2p **17** Leg uit of je verwacht of de molverhouding $\frac{\text{PAG}}{\text{BOC-4-hydroxystyreen-eenheden}}$ in de fotogevoelige laag groter is dan 1, kleiner is dan 1 of gelijk is aan 1.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Na het belichten zijn in de belichte delen alle BOC-4-hydroxystyreen-eenheden omgezet. Vervolgens wordt de wafer gespoeld met een oplosmiddel. In figuur 1 is het belichten en spoelen van een deel van de wafer schematisch weergegeven.

figuur 1



Poly-4-hydroxystyreen en copolymeer X verschillen in hun oplosbaarheid. Ze lossen beide niet goed op in water. Maar poly-4-hydroxystyreen lost wel op in een basische oplossing en copolymeer X niet. Door te spoelen met een basische oplossing lossen alleen die delen van de fotogevoelige laag op die met uv-licht zijn beschenen.
De oplosbaarheid van poly-4-hydroxystyreen in een basische oplossing is te verklaren met behulp het gegeven dat de OH groep van elke 4-hydroxystyreeneenheid in een basische oplossing een H^+ afstaat.

2p **18** Geef een verklaring op microniveau voor het gegeven dat poly-4-hydroxystyreen dan goed oplost.

Wanneer methoxybenzeen als oplosmiddel wordt gebruikt bij het ontwikkelen, lossen alleen die delen van de fotogevoelige laag op die niet met uv-licht zijn beschenen.

2p **19** Geef een verklaring voor het gegeven dat de delen van de fotogevoelige laag die niet met uv-licht zijn beschenen, oplossen als methoxybenzeen als oplosmiddel wordt gebruikt.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Nadat de wafer is ontwikkeld, wordt hij geëtst met een gasmengsel van CF_4 en H_2. Hierbij wordt de SiO_2 laag verwijderd op de plekken waar deze niet wordt beschermd door de fotogevoelige laag. Zo ontstaat het gewenste patroon in de SiO_2 laag.
Onder de gebruikte omstandigheden valt een groot deel van de moleculen CF_4 en H_2 uiteen en worden radicalen en dubbelradicalen gevormd.
Het mengsel dat zo ontstaat wordt een plasma genoemd. In dit plasma treden de volgende reacties op:

$CF_4 \rightarrow CF_2{\bullet\bullet} + 2\ F\bullet$ (reactie 1)

$H_2 \rightarrow 2\ H\bullet$ (reactie 2)

$H\bullet + F\bullet \rightarrow HF$ (reactie 3)

Dit plasma reageert vervolgens met SiO_2:

$SiO_2\ (s) + 4\ F\bullet \rightarrow SiF_4\ (g) + 2\ O{\bullet\bullet}$ (reactie 4)

$SiO_2\ (s) + 2\ CF_2{\bullet\bullet} \rightarrow SiF_4\ (g) + 2\ CO\ (g)$ (reactie 5)

Op plekken waar de SiO_2 laag weg gereageerd is, kan het plasma ook met het silicium reageren volgens:

$Si\ (s) + 4\ F\bullet \rightarrow SiF_4\ (g)$ (reactie 6)

Het doel van het etsen is om uitsluitend de SiO_2 laag te verwijderen terwijl de Si laag intact blijft. De concentratie H_2 in het plasmamengsel beïnvloedt zowel de snelheid waarmee SiO_2 wordt geëtst (de etssnelheid) als de mate waarin SiO_2 ten opzichte van Si wordt geëtst (de selectiviteit).

3p **20** Neem onderstaande zinnen over en kies het juiste woord. Licht je antwoord toe aan de hand van bovenstaande reacties.
- Als de H_2 concentratie wordt verlaagd, neemt de etssnelheid toe/af.
- Als de H_2 concentratie wordt verlaagd, neemt de selectiviteit toe/af.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Chemicaliën uit biomassa

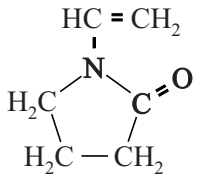
Chemicaliën die in de chemische industrie in grote hoeveelheden worden gebruikt (bulkchemicaliën) worden nu vaak gemaakt van aardolie. Om het gebruik van aardolie terug te dringen, wordt veel onderzoek gedaan om deze bulkchemicaliën te produceren op basis van biomassa.
Glutaminezuur is in veel plantenafval het meest voorkomende aminozuur. In een onderzoek is gekeken of glutaminezuur uit plantenafval gewonnen kan worden met behulp van een zogenoemde reactieve extractie.
Daartoe werden water en een overmaat butaan-1-ol toegevoegd aan een hoeveelheid gehydrolyseerd plantenafval. Butaan-1-ol lost slecht op in water en vormt een laag boven op het water.
Het glutaminezuur vormt een di-ester met butaan-1-ol. De gevormde di-ester lost vervolgens op in de laag butaan-1-ol.

2p **21** Geef de structuurformule van de di-ester van glutaminezuur en butaan-1-ol. Gebruik Binas-tabel 67H1.

Behalve glutaminezuur reageren ook de andere aminozuren met butaan-1-ol tot esters. De vorming van deze esters treedt op aan het grensoppervlak van beide vloeistoffen. De omzetting verloopt sneller wanneer het reactiemengsel intensief wordt geroerd.

2p **22** Leg uit met behulp van het botsende deeltjesmodel waarom de omzetting van een aminozuur tot de ester sneller verloopt, wanneer het reactiemengsel intensief wordt geschud.

Na het afscheiden van de gevormde (di-)esters van aminozuren uit butaan-1-ol worden de esters gehydrolyseerd. Uit het onderzoek bleek dat het mogelijk is om op deze wijze uit plantenafval een mengsel van aminozuren te winnen met een hoog gehalte aan glutaminezuur.
Een Nederlandse onderzoeker heeft in zijn proefschrift een vervolgonderzoek hierop gepubliceerd. Hij heeft onderzocht of uit het onzuivere glutaminezuur twee belangrijke bulkchemicaliën kunnen worden geproduceerd.
Deze chemicaliën zijn N-vinylpyrrolidon (NVP) en N-methylpyrrolidon (NMP). NVP is het monomeer voor het veelgebruikte polymeer polyvinylpyrrolidon dat via additiepolymerisatie wordt gevormd uit NVP.

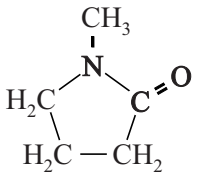


NVP

2p **23** Geef een gedeelte uit het midden van een molecuul polyvinylpyrrolidon in structuurformule weer. Dit gedeelte moet zijn ontstaan uit twee eenheden NVP.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

NMP is een oplosmiddel dat op grote schaal wordt gebruikt om koolwaterstoffen op te lossen. Het is ook goed oplosbaar in water. De oplosbaarheid van NMP in water is te verklaren met behulp van de Lewisstructuur van een mesomere grensstructuur van NMP. In deze Lewisstructuur komen formele ladingen voor.

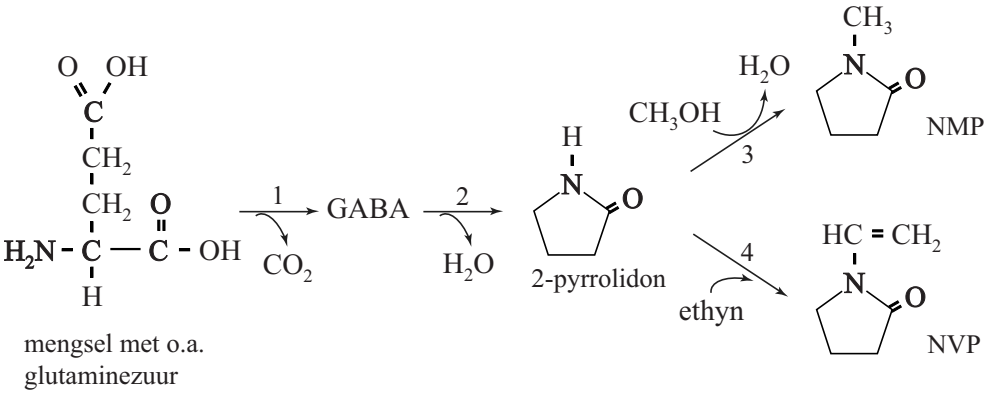


NMP

3p **24** Geef de Lewisstructuur van het hierboven weergegeven NMP en van de andere mesomere grensstructuur van NMP. Geef formele ladingen aan in de structuren. De Lewisstructuren moeten voldoen aan de oktetregel.

In figuur 1 zijn de routes weergegeven die de onderzoeker voorstelt om glutaminezuur uit het mengsel van aminozuren om te zetten tot NMP en NVP. In figuur 1 is een aantal structuurformules schematisch weergegeven.

figuur 1



In reactie 1 uit figuur 1 wordt het onzuivere glutaminezuur omgezet tot de stof GABA en CO_2. In een scheidingsruimte wordt GABA gescheiden van het afval, waarin onder andere ongereageerde aminozuren aanwezig zijn. In reactie 2 treedt ringsluiting van GABA op waarbij water ontstaat.

2p **25** Geef de structuurformule van GABA.

In reactie 2 ontstaat 2-pyrrolidon, de grondstof voor zowel NMP als NVP. Voor de productie van NVP laat men in reactie 4 het 2-pyrrolidon reageren met ethyn.

2p **26** Leg uit of reactie 4 uit figuur 1 een additie- of een substitutiereactie is.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

De onderzoeker heeft de verschillende stappen voor de productie van NMP en NVP uit glutaminezuur onderzocht met behulp van laboratoriumreactoren. Op basis van de resultaten heeft hij een industrieel productieproces ontworpen. Dit proces kan worden weergegeven met een blokschema. Dit blokschema is op de uitwerkbijlage onvolledig weergegeven.

Hieronder is het productieproces van NMP en NVP beschreven.

1 In reactor R1 wordt een mengsel van aminozuren ingevoerd. In R1 vindt reactie 1 uit figuur 1 plaats.
Voor reactie 1 zijn zowel de omzetting als de selectiviteit 100%.
2 In scheidingsruimte S1 wordt het mengsel afkomstig uit R1 volledig gescheiden in GABA en afval van de ongereageerde aminozuren.
3 In R2 vindt reactie 2 plaats.
Voor reactie 2 zijn zowel de omzetting als de selectiviteit 100%.
4 In R2 treedt ook reactie 3 op. Methanol is hier in overmaat aanwezig.
Voor reactie 3 is de omzetting 50% en de selectiviteit 92%.
5 In S2 wordt het mengsel afkomstig uit R2 met behulp van destillatie gescheiden in vier stromen: NMP, 2-pyrrolidon, methanol en afval.
De overmaat methanol kan voor 95% worden teruggevoerd naar R2.
De overige 5% bevindt zich met onder andere water in het afval van S2.
6 Het 2-pyrrolidon dat in R2 niet heeft gereageerd wordt volledig doorgevoerd naar reactor R3. Hier treedt reactie 4 op.
Voor reactie 4 is de omzetting 100% en de selectiviteit 90%.
7 In S3 wordt ten slotte het NVP gescheiden van een afvalstroom.

De term omzetting geeft aan welk percentage van het aantal mol beginstof in een reactie is omgezet. De term selectiviteit geeft aan welk percentage van het aantal mol omgezette stof heeft gereageerd tot het gewenste product.

3p **27** Maak het blokschema op de uitwerkbijlage compleet.
– Noteer ontbrekende pijlen en ontbrekende stoffen bij de pijlen. Houd daarbij rekening met hergebruik van stoffen.
– Waar in het blokschema een * voorkomt, hoeft niets te worden aangegeven.

De bovenstaande meetgegevens zijn verkregen in een laboratoriumopzet van de fabriek. De metingen zijn gedaan aan een mengsel van aminozuren waarin 1538 kg glutaminezuur aanwezig was.

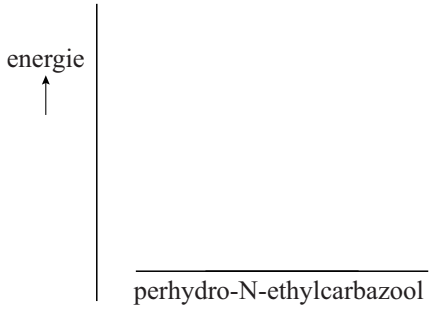
3p **28** Bereken de massa NMP en de massa NVP die uit deze hoeveelheid glutaminezuur werden gevormd.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

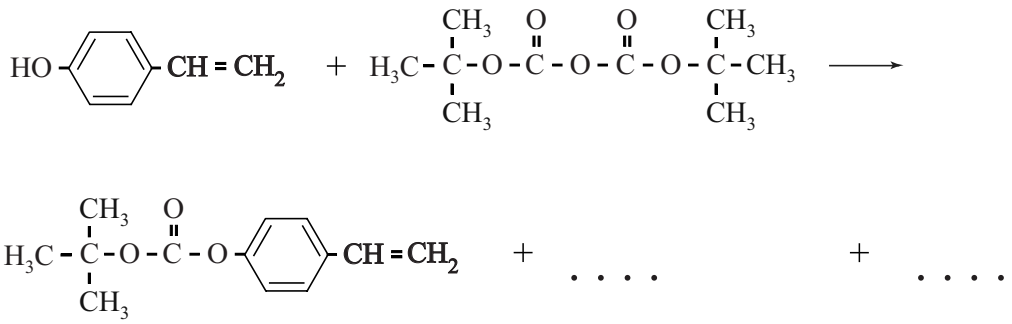
uitwerkbijlage

Naam kandidaat _____ Kandidaatnummer _____

14

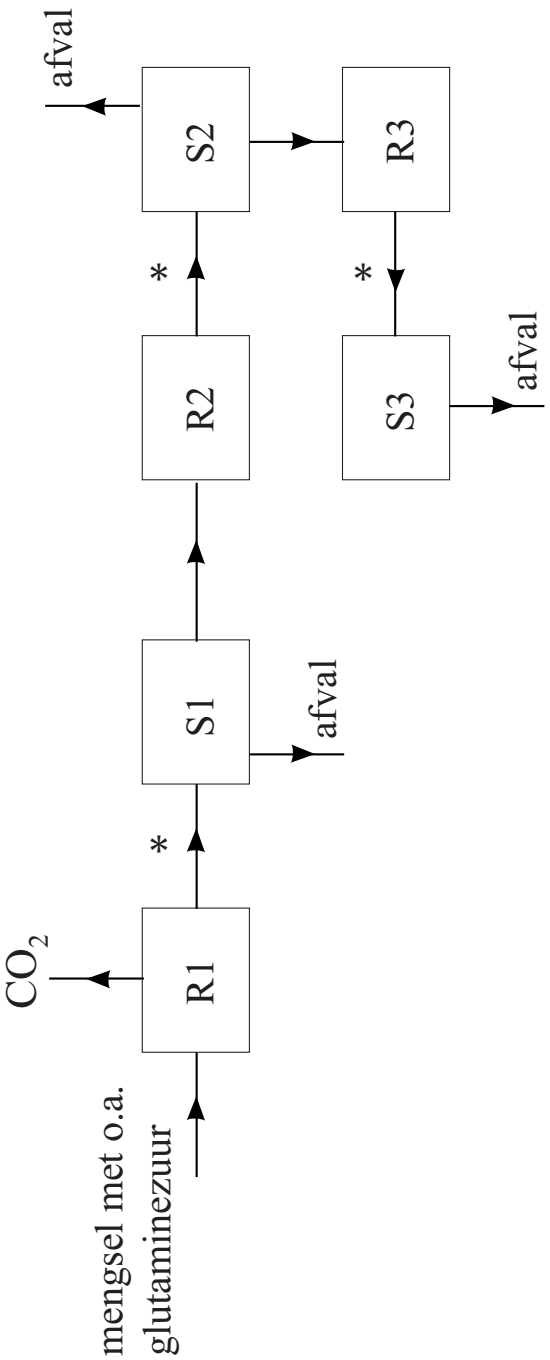


15



Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

27



VERGEET NIET DEZE UITWERKBIJLAGE IN TE LEVEREN

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Examen VWO

2017

tijdvak 2
dinsdag 20 juni
13.30 - 16.30 uur

scheikunde

Bij dit examen hoort een uitwerkbijlage.

Dit examen bestaat uit 28 vragen.
Voor dit examen zijn maximaal 68 punten te behalen.
Voor elk vraagnummer staat hoeveel punten met een goed antwoord behaald kunnen worden.

Als bij een vraag een verklaring, uitleg, berekening of afleiding gevraagd wordt, worden aan het antwoord meestal geen punten toegekend als deze verklaring, uitleg, berekening of afleiding ontbreekt.

Geef niet meer antwoorden (redenen, voorbeelden e.d.) dan er worden gevraagd. Als er bijvoorbeeld twee redenen worden gevraagd en je geeft meer dan twee redenen, dan worden alleen de eerste twee in de beoordeling meegeteld.

VW-1028-a-17-2-o

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Kerosine uit zonlicht

Europese chemici zijn erin geslaagd om vliegtuigbrandstof (kerosine) te produceren uit koolstofdioxide en water. De onderzoekers gebruikten voor deze omzetting een zogeheten solar-reactor. Hierin wordt zonlicht gebundeld waardoor in de reactor een zeer hoge temperatuur ontstaat. De reactie (reactie 1) tussen koolstofdioxide en water verloopt bij hoge temperatuur (1000 K).

$4\ H_2O + 2\ CO_2 \rightarrow 2\ CO + 4\ H_2 + 3\ O_2$ (reactie 1)

3p **1** Bereken de reactiewarmte voor reactie 1 per mol water.
Neem aan dat onder deze omstandigheden de waardes van de vormingswarmten uit Binas mogen worden gebruikt.

De gevormde zuurstof moet worden verwijderd voordat het gasmengsel verder kan worden gebruikt. De onderzoekers hebben hiervoor in de reactor een fijn gaas aangebracht, bedekt met cerium(III)oxide.
Als cerium(III)oxide reageert met zuurstof ontstaat cerium(IV)oxide (reactie 2). Uiteindelijk wordt door reacties 1 en 2 een mengsel van CO en H_2 verkregen.

2p **2** Geef de vergelijking voor reactie 2.

2p **3** Geef aan hoeveel mol cerium(III)oxide minimaal aanwezig moet zijn per mol CO_2 voor het wegvangen van alle zuurstof die ontstaat bij reactie 1.
Licht je antwoord toe.

Het in de reactor gevormde cerium(IV)oxide kan door sterke verhitting weer worden omgezet tot cerium(III)oxide (reactie 3).
De onderzoekers willen reacties 1 en 2 uitvoeren met een continue instroom en uitstroom van de gassen.
Om de productie van CO en H_2 uit te voeren als een continuproces moeten reacties 1 en 3 tegelijk plaatsvinden.

3p **4** Geef een mogelijk blokschema van deze productie van CO en H_2.
Uit het antwoord moet blijken dat het proces als een continuproces verloopt. Geef reactoren en stofstromen weer. Zet bij alle stofstromen de namen en/of formules van de stoffen.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Het gasmengsel waar de zuurstof uit is verwijderd, ook wel syngas genoemd, werd door de onderzoekers met het Fischer-Tropsch-proces omgezet tot kerosine. De gevormde kerosine had een gemiddelde molecuulformule van $C_{14}H_{28}$. Als bijproduct ontstond alleen water.

2p **5** Geef de vergelijking voor de vorming van deze kerosine met het Fischer-Tropsch-proces.

3p **6** Bereken hoeveel ton CO_2 wordt afgevangen voor het produceren van 20 m^3 van deze kerosine (T = 298 K, $p = p_0$). Ga er bij de berekening van uit dat geen andere koolwaterstoffen dan kerosine ontstaan. Maak gebruik van de volgende gegevens:
- neem aan dat H_2 in overmaat beschikbaar is;
- de dichtheid van de kerosine bedraagt $7{,}9 \cdot 10^{-1}$ g mL^{-1}.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Stikstofoxiden (NO_x) worden voornamelijk uitgestoten door motorvoertuigen en zijn een belangrijke veroorzaker van luchtvervuiling en zure regen. Vooral het roodbruine NO_2 is giftig en een belangrijke veroorzaker van smog. In Makati, een grote stad in de Filipijnen, is een groot project van start gegaan om de NO_x-uitstoot te verminderen.
Het gemeten gemiddelde volumepercentage NO_2 op de plek van het project (metrostation Guadalupe) was in 2009 meer dan $9{,}6 \cdot 10^{-6}$ %.

3p **7** Laat met een berekening zien of het gemeten gemiddelde volumepercentage NO_2 hoger of lager was dan de grenswaarde van NO_2 (TGG 8 uur). (T = 298 K, $p = p_0$)

In Makati verfde men het drukke metrostation Guadalupe met een speciaal soort verf: de zogeheten KNOxOUT™-verf van de Filipijnse firma Boysen. Deze verf zorgde ervoor dat de NO_x-concentratie drastisch daalde. Dit succes is te danken aan de katalysator TiO_2 die in de verf verwerkt is. TiO_2 zet water- en zuurstofmoleculen onder invloed van uv-straling om volgens reactie 1.

$$H_2O + O_2 \rightarrow H^+ + HO\bullet + O_2^- \qquad \text{(reactie 1)}$$

2p **8** Leg mede aan de hand van de formules van de betrokken deeltjes uit of deze omzetting van water en zuurstof kan worden opgevat als een redoxreactie of als een zuur-basereactie.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

De gevormde deeltjes reageren met NO_x tot salpeterzuur. Hierbij wordt uit elk deeltje NO_x één deeltje salpeterzuur gevormd.
Het gevormde salpeterzuur wordt vervolgens door het in de verf aanwezige calciumcarbonaat ($CaCO_3$) volledig geneutraliseerd. De stoffen die bij deze reactie ontstaan, spoelen tijdens een regenbui weg. Als het gevormde salpeterzuur volledig wordt geneutraliseerd door calciumcarbonaat ontstaan CO_2 en opgelost calciumnitraat.

3p **9** Geef de vergelijking van de reactie van calciumcarbonaat met opgelost salpeterzuur waarbij onder andere CO_2 en opgelost calciumnitraat ontstaan.

In het experiment in Makati werd in totaal 4100 m^2 muur geverfd.
Gemiddeld zette de verf per m^2 muur 0,26 gram aan NO_x per dag om tot salpeterzuur. Er is gepland om de muur elke vijf jaar opnieuw te verven.

4p **10** Leg uit, met behulp van een berekening van de benodigde massa aan calciumcarbonaat per m^2 muur, of de verf gedurende vijf jaar het ontstane salpeterzuur kan neutraliseren.
Maak onder andere gebruik van de volgende gegevens:
- per m^2 muur is 0,40 L verf nodig;
- de dichtheid van de verf bedraagt 1,52 kg L^{-1};
- de gemiddelde molaire massa van NO_x is 30,8 g mol^{-1}.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Batterijen opladen met NaSi

In 2012 werd op een vakantiebeurs een draagbare batterijoplader gepresenteerd om bijvoorbeeld een mobieltje op te laden.
In de oplader bevindt zich een eenmalig te gebruiken capsule met natriumsilicide. Het benodigde natriumsilicide wordt bereid door siliciumpoeder en vloeibaar natrium met elkaar te laten reageren bij 400 °C.
De verhoudingsformule van natriumsilicide is NaSi. Natriumsilicide is opgebouwd uit Na^+ en Si_4^{4-} ionen. Een Si_4^{4-} ion heeft de vorm van een tetraëder. Op elk hoekpunt van de tetraëder is een Si deeltje aanwezig.

3p **11** Geef de Lewisstructuur van een ion Si_4^{4-}. Geef formele ladingen aan.

In de oplader wordt het natriumsilicide in contact gebracht met water, waarbij waterstof ontstaat (reactie 1).

$$2\ NaSi\ (s) + 5\ H_2O\ (l) \rightarrow Na_2Si_2O_5\ (s) + 5\ H_2\ (g) \qquad \text{(reactie 1)}$$

In de technische toelichting bij de oplader staat dat een capsule 4,5 g natriumsilicide-poeder bevat.
Per capsule ontstaat 4,0 L waterstofgas (T = 298 K, $p = p_0$).

3p **12** Bereken het rendement van de waterstofproductie in de oplader (T = 298 K, $p = p_0$).

De gevormde waterstof stroomt naar het andere deel van de oplader waar zich een waterstofbrandstofcel bevindt. In de waterstofbrandstofcel wordt de waterstof omgezet tot water.
Bijzonder aan deze oplader is dat de oplader voor gebruik moet worden gevuld met water. Een persbericht over deze oplader kreeg daarom als titel ‘Mobieltje opladen met water’. Deze titel lijkt te suggereren dat de oplader zijn energie uit water haalt.

2p **13** Geef de vergelijking van de reactie die verloopt in de waterstofbrandstofcel en leg uit dat de energie die de oplader levert niet wordt geleverd door het toegevoegde water.

De oplader wordt in persberichten aangeprezen als duurzaam.
Om dat te onderbouwen, noemt de fabrikant de volgende punten:
- natriumsilicide wordt bereid uit grondstoffen die zeer ruimschoots aanwezig zijn op aarde: natriumchloride en siliciumdioxide (zand);
- de reactie waarbij natriumsilicide wordt gevormd uit natrium en silicium kost geen energie en levert geen enkel bijproduct op;
- tijdens stroomlevering komt alleen waterdamp in de atmosfeer;
- de capsule kan na gebruik bij het gewone afval omdat de uitgewerkte capsule geen schadelijke stoffen bevat.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Twee leerlingen twijfelen over de duurzaamheid van deze oplader.
Ze merken dat de fabrikant positieve punten noemt, zoals de goede atoomeconomie van de vorming van natriumsilicide. Om een goede afweging te kunnen maken of deze oplader duurzaam is in productie en gebruik, vullen ze de bovenstaande opsomming aan. Ze noteren enkele gegevens over productie en gebruik van de oplader, waaruit blijkt dat niet wordt voldaan aan enkele uitgangspunten in de groene chemie.

3p **14** Noteer bij elk van de volgende uitgangspunten in de groene chemie een gegeven waaruit blijkt dat niet wordt voldaan aan deze uitgangspunten. Gebruik gegevens uit de voorgaande teksten over de productie en het gebruik van de oplader. Gebruik onder andere Binas-tabel 97F.
Noteer je antwoord als volgt:
- Uitgangspunt 2: …
- Uitgangspunt 6: …
- Uitgangspunt 12: …

Om de waterstofproductie per gram poeder te verhogen heeft de fabrikant nog een andere capsule ontwikkeld waarin behalve natriumsilicide ook natriumboorhydride ($NaBH_4$) aanwezig is.
De reactie tussen natriumsilicide-poeder en water verloopt snel en exotherm. Natriumboorhydride-poeder reageert maar heel langzaam met water. Opmerkelijk is dat in het mengsel van natriumsilicide-poeder en natriumboorhydride-poeder beide stoffen snel worden omgezet.

1p **15** Geef een verklaring voor het gegeven dat zuiver natriumboorhydride slechts moeizaam met water reageert, maar wel snel reageert als het is gemengd met natriumsilicide.

De fabrikant vermeldt niet in welke verhouding de twee stoffen gemengd zijn, maar wel dat 100 g van het mengsel na de reactie met water maximaal 15,7 g waterstof kan leveren.
Uit de reactie van natriumboorhydride met water ontstaan waterstof, natriumhydroxide en $B(OH)_3$. Dit is reactie 2.

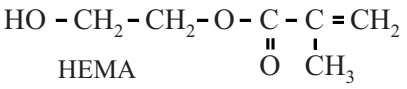
2p **16** Geef de vergelijking van reactie 2.

4p **17** Bereken met behulp van reacties 1 en 2 hoeveel gram natriumsilicide aanwezig is in 100 g van dit mengsel.
Neem aan dat het rendement van beide reacties 100% bedraagt.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Zwetende gebouwen koelen af

Het koelen van kantoorgebouwen kost veel energie. Een manier om de energiekosten voor het koelen te verminderen is het dak van het gebouw met sponsachtig materiaal te bedekken dat regenwater opneemt. Wanneer later de zon schijnt, verdampt het water waardoor het gebouw minder opwarmt. Een groep wetenschappers heeft onderzocht of een hydrogel hiervoor een geschikt materiaal is. Een hydrogel is een homogeen mengsel van een polymeer met water. De watermoleculen zijn ingesloten tussen de polymeerketens. Interacties tussen de ketens zorgen ervoor dat het mengsel niet vloeibaar is en niet ontmengt.
Wetenschappers onderzochten eerst of een hydrogel gebaseerd op het polymeer pHEMA geschikt was om gebouwen te koelen.
pHEMA is het additiepolymeer van HEMA.



pHEMA wordt bereid door aan een mengsel van HEMA met water een kleine hoeveelheid ammoniumpersulfaat, $(NH_4)_2S_2O_8$, toe te voegen. De initiatiereactie van de polymerisatie is hieronder weergegeven.

$S_2O_8^{2-} \rightarrow 2\ SO_4^-$ (initiatie)

Het deeltje SO_4^- is het radicaal dat de polymerisatie op gang brengt.

2p **18** Geef een mogelijke Lewisstructuur van het deeltje SO_4^-, waaruit blijkt dat het deeltje een radicaal is. Geef formele ladingen aan.
Neem aan dat de covalentie van zwavel zes is.

Het radicaal SO_4^- reageert met HEMA, waardoor uiteindelijk pHEMA ontstaat.

3p **19** Geef de vergelijking van de propagatiereactie van een deeltje SO_4^- met een molecuul HEMA. Geef het deeltje SO_4^- aan met R•.
Geef met pijlen aan hoe elektronen zich verplaatsen tijdens de reactie.

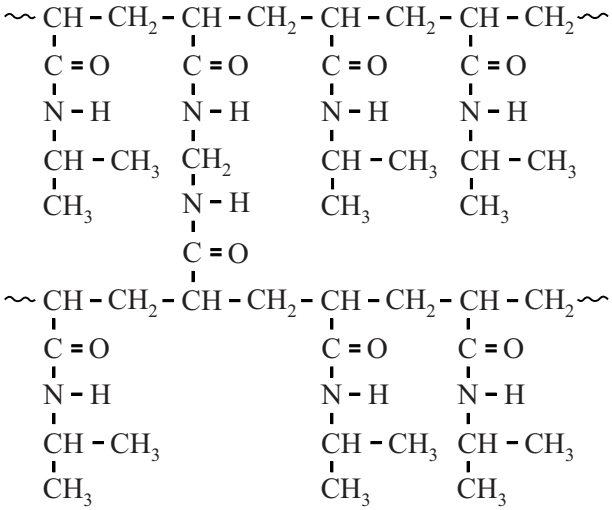
pHEMA kan veel water opnemen. Als pHEMA geheel met water wordt verzadigd, bedraagt het massapercentage water in de ontstane hydrogel 72%.

2p **20** Bereken hoeveel moleculen water per monomeereenheid in deze hydrogel van pHEMA worden opgenomen.
Neem aan dat het massapercentage ammoniumpersulfaat in de hydrogel te verwaarlozen is.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Omdat pHEMA in de praktijk bleek tegen te vallen, is het verwante polymeer pNIPAM onderzocht. In figuur 1 is een gedeelte van de microstructuur van pNIPAM weergegeven. pNIPAM is een netwerkpolymeer dat wordt gemaakt uit twee monomeren. Bij de polymerisatie treden uitsluitend additiereacties op.

figuur 1



2p **21** Geef de structuurformule van het monomeer dat voor de crosslinks in pNIPAM zorgt.

Als pNIPAM-korrels worden samengevoegd met water bij een temperatuur onder 33 °C zwelt het materiaal op door opname van water. Ketendelen van pNIPAM worden dan volledig omgeven door watermoleculen.
Op de uitwerkbijlage is figuur 1 nogmaals weergegeven.

2p **22** Geef op de uitwerkbijlage weer hoe twee watermoleculen gebonden zijn aan pNIPAM.

Als een dak wordt bedekt met een laag pNIPAM-korrels, kan het materiaal water opnemen tijdens regenbuien. Als dan later de zon schijnt neemt de natte hydrogel energie op én verdampt het water. Hierdoor zal een gebouw minder opwarmen. Omdat het proces herhaalbaar is, kan het materiaal langere tijd worden gebruikt.

Het eerder onderzochte pHEMA is niet geschikt voor deze toepassing omdat bij het verdampen van water zich een harde korst van pHEMA vormt. Hierdoor wordt de opname van water belemmerd.
De onderzoekers veronderstellen dat dit wordt veroorzaakt doordat tijdens het opdrogen de polymeerketens van pHEMA zich regelmatig rangschikken waardoor kristallijne gebieden worden gevormd. De interacties tussen de ketens zijn dan zo sterk dat watermoleculen niet meer tussen de ketens kunnen dringen.

2p **23** Leg uit op microniveau waarom in pNIPAM geen kristallijne gebieden worden gevormd tijdens het opdrogen.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Om de koelende werking van pNIPAM te onderzoeken, zijn temperatuurmetingen gedaan aan een miniatuurhuis waarvan het dak met een laag pNIPAM-korrels is bedekt. Aan het begin van de meting werd de laag verzadigd met water. Het miniatuurhuis werd vervolgens verwarmd onder een sterke lamp, terwijl de temperatuur van de natte hydrogel werd gemeten. De temperatuur van de natte hydrogel steeg van 24 °C tot 33 °C door de opname van energie.
Bij 33 °C bleef de temperatuur constant totdat al het aanwezige water was verdampt.
De totale hoeveelheid energie die op dat moment is opgenomen door de pNIPAM-laag hoeft niet meer door koeling te worden afgevoerd.

3p **24** Bereken hoeveel energie per m^2 is opgenomen door de pNIPAM-laag als gevolg van de temperatuurstijging en het verdampen van het water.
Maak onder andere gebruik van de volgende gegevens:
- in de laag was 2,8 kg water per m^2 aanwezig;
- het massapercentage water in de pNIPAM-laag bedroeg 84%;
- de soortelijke warmte van de natte hydrogel bedraagt $4{,}0 \cdot 10^3$ J kg^{-1};
- de verdampingswarmte van water bedraagt $2{,}26 \cdot 10^6$ J kg^{-1}.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

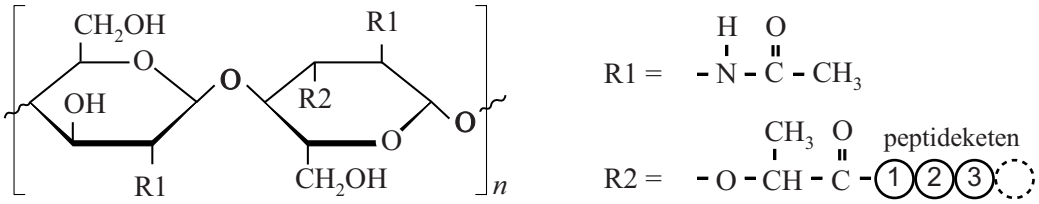
Ga verder op de volgende pagina.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

De bacteriële celwand

Bacteriën hebben behalve een celmembraan ook een celwand om hun cellen. Het belangrijkste bestanddeel van deze celwand is mureïne. Mureïne bestaat uit lange sacharide-ketens die door korte peptideketens met elkaar zijn verbonden. In de sacharide-keten zijn afwisselend eenheden NAG en NAM aanwezig. In figuur 1 is een deel van de keten van mureïne weergegeven.

figuur 1

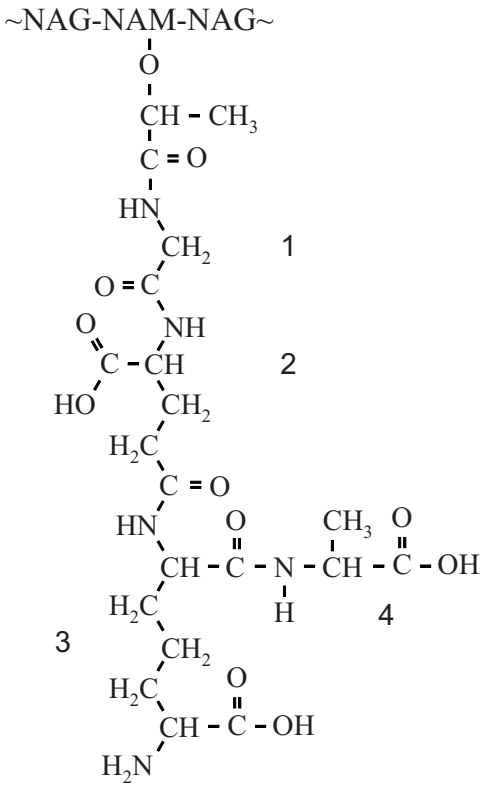


NAG en NAM zijn beide afgeleid van één van de monosachariden die zijn weergegeven in Binas-tabel 67F.

1p **25** Geef de naam van de monosacharide waarvan NAG en NAM beide zijn afgeleid.

Aan iedere NAM-eenheid is in R_2 een korte peptideketen gebonden. Zowel het aantal aminozuren in de peptideketen als de samenstelling van de aminozuren is hierbij afhankelijk van de bacteriesoort. In figuur 2 is de peptideketen weergegeven die voorkomt in mureïne van de bacteriesoort *E. coli*. Aminozuur 2 in deze peptideketen is op een afwijkende manier in de keten opgenomen.

figuur 2



2p **26** Geef de naam van aminozuur 2 en geef aan wat er afwijkend is in de manier waarop dit aminozuur in de peptideketen is opgenomen.
Gebruik Binas-tabel 67H.

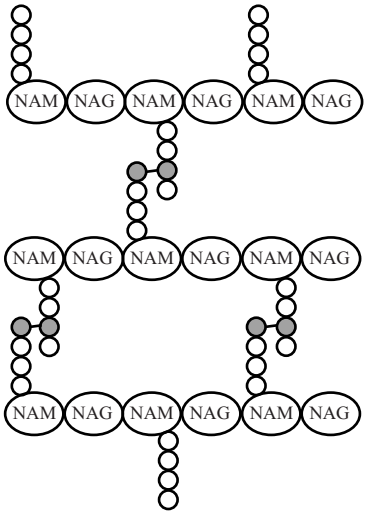
Aminozuur 3 in de peptideketen bij *E. coli* is het zogeheten diaminopimelinezuur (DAP).

2p **27** Geef de structuurformule van het aminozuur DAP. Gebruik figuur 2.
Het aminozuur DAP is niet in Binas opgenomen.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

De verschillende sacharide-ketens van mureïne liggen parallel aan elkaar. Tussen de peptideketens aan de NAM-eenheden worden peptidebindingen gevormd. Hierdoor ontstaan crosslinks zoals in figuur 3 schematisch is weergegeven.

figuur 3



In *E. coli* komen crosslinks voor tussen het derde en het vierde aminozuur in de peptideketens.
Op de uitwerkbijlage zijn de structuurformules van twee mureïne-ketens van *E. coli* tweemaal weergegeven: eenmaal vóór de vorming van de crosslink en eenmaal ná de vorming van de crosslink.
In de weergave ‘na vorming crosslink’ zijn van sommige aminozuren enkele O en H atomen weggelaten.

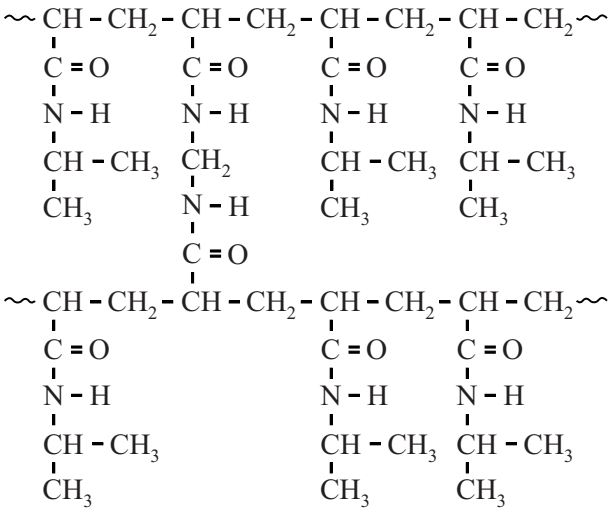
2p **28** Geef op de uitwerkbijlage in de weergave ‘na vorming crosslink’ weer hoe de peptideketens in mureïne van *E. coli* door middel van één peptidebinding met elkaar zijn verbonden.
Vul de weggelaten H en O atomen aan waar nodig.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

uitwerkbijlage

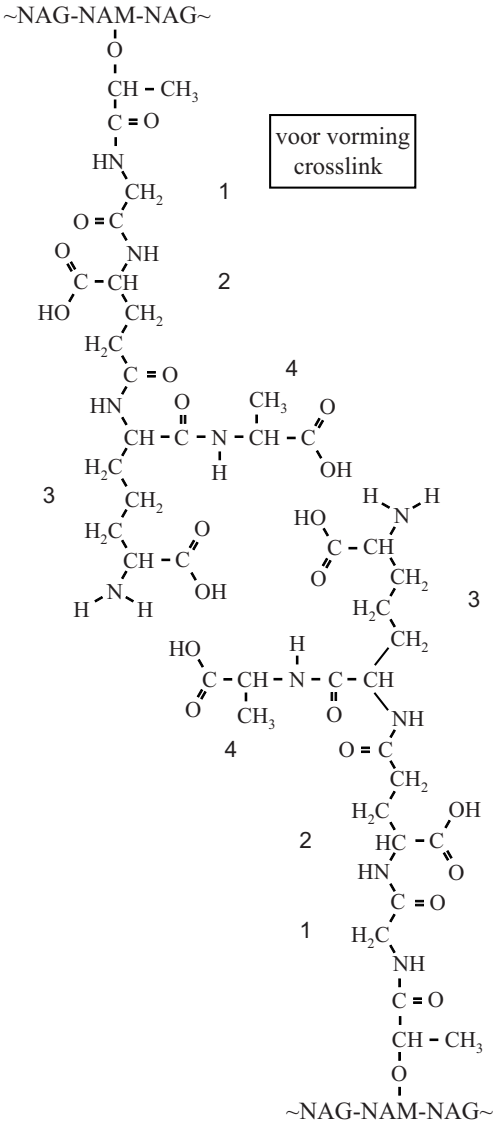
Naam kandidaat _____ Kandidaatnummer _____

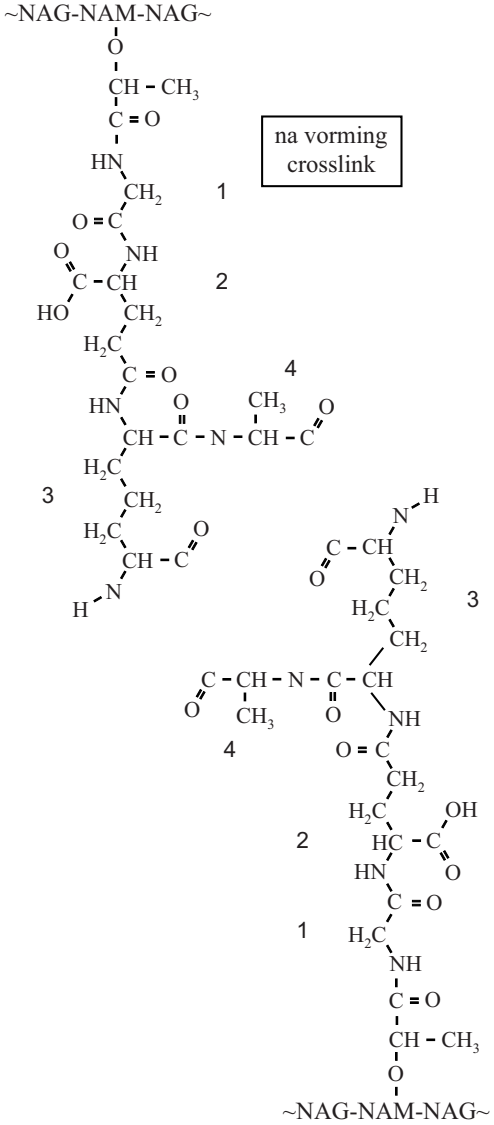
22



Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

28





VERGEET NIET DEZE UITWERKBIJLAGE IN TE LEVEREN

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Examen VWO

2016

tijdvak 1
vrijdag 13 mei
13.30 - 16.30 uur

scheikunde

Bij dit examen hoort een uitwerkbijlage.

Dit examen bestaat uit 23 vragen.
Voor dit examen zijn maximaal 69 punten te behalen.
Voor elk vraagnummer staat hoeveel punten met een goed antwoord behaald kunnen worden.

Als bij een vraag een verklaring, uitleg, berekening of afleiding gevraagd wordt, worden aan het antwoord meestal geen punten toegekend als deze verklaring, uitleg, berekening of afleiding ontbreekt.

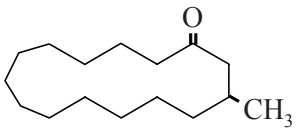
Geef niet meer antwoorden (redenen, voorbeelden e.d.) dan er worden gevraagd. Als er bijvoorbeeld twee redenen worden gevraagd en je geeft meer dan twee redenen, dan worden alleen de eerste twee in de beoordeling meegeteld.

VW-1028-a-16-1-o

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Nitromusks

Muskus is een belangrijke geur die onderdeel uitmaakt van vrijwel alle parfums. Al ver voor het begin van onze jaartelling werd er gehandeld in muskus. Door het geringe aanbod was natuurlijke muskus altijd uiterst kostbaar. De belangrijkste geurstof in muskus is muscon, een stof met de molecuulformule $C_{16}H_{30}O$. De structuurformule van muscon is hiernaast schematisch weergegeven.

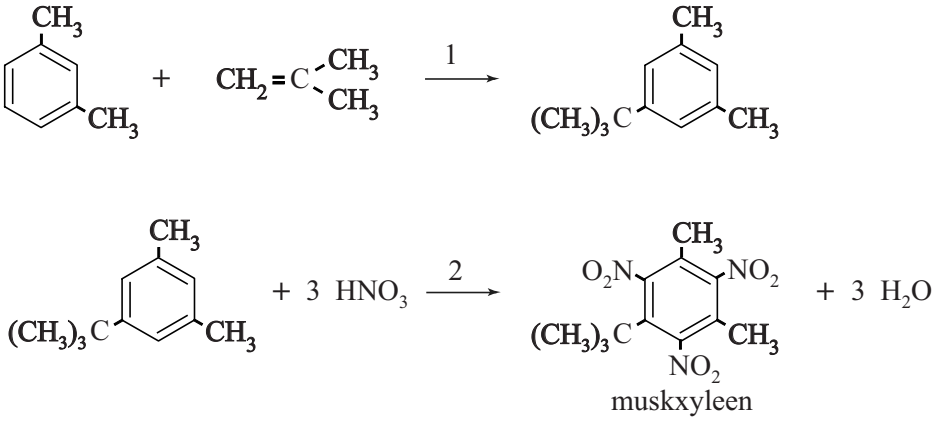


muscon

2p **1** Geef aan of er spiegelbeeldisomeren mogelijk zijn bij muscon. Licht je antwoord toe aan de hand van bovenstaande schematische structuurformule.

De productie van synthetische muscon is nooit van de grond gekomen. Het rendement van de voorgestelde bereidingswijzen was steeds erg laag, mede vanwege het grote aantal tussenstappen. Ook kwamen goedkopere vervangers voor muscon beschikbaar: de nitromusks. De nitromusks zijn eenvoudig te bereiden uit goedkope grondstoffen. Zo kan muskxyleen (MX) worden bereid in slechts twee stappen die in figuur 1 zijn weergegeven.

figuur 1



In stap 1 uit figuur 1 laat men 1,3-dimethylbenzeen reageren met methylpropeen. Deze omzetting heeft een rendement van 75%. Vervolgens laat men de ontstane stof na zuivering reageren met geconcentreerd salpeterzuur tot MX en water. Deze tweede stap heeft een rendement van 88%.

4p **2** Bereken de E-factor voor deze bereiding van MX uit 1,3-dimethylbenzeen. De molaire massa van MX bedraagt 297,3 g mol^{-1}. Neem aan dat bij de zuivering geen stof verloren gaat.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

MX hecht goed aan textiel, waardoor de geur lang blijft hangen. MX is hydrofoob. Daarom is het opmerkelijk dat MX goed hecht aan bijvoorbeeld katoen. Katoen bestaat vooral uit cellulose. Van katoen is bekend dat het goed water kan binden. Het blijkt dat de binding aan katoen vooral door de in MX aanwezige ~NO_2 groepen plaatsvindt.
Met behulp van Lewisstructuren kan worden verklaard waarom MX goed hecht aan katoen. Op de uitwerkbijlage die bij dit examen hoort, zijn een nitrogroep van MX en een gedeelte van een molecuul cellulose schematisch en onvolledig weergegeven.

3p **3** Geef op de uitwerkbijlage de Lewisstructuur van de nitrogroep van MX en de bovenste OH groep van cellulose. Geef in de tekening formele en partiële ladingen aan. De weergegeven Lewisstructuren moeten voldoen aan de oktetregel.

Het bleek dat nitromusks kunnen worden aangetoond in oppervlaktewater en in het vetweefsel van vissen en mensen. Omdat nitromusks ervan worden verdacht kankerverwekkend te zijn, is het gebruik sterk teruggedrongen.
Uit kwalitatief onderzoek aan vissen bleek dat MX wordt opgenomen uit het water via de huid, waarna het zich in het onderhuids vetweefsel ophoopt.
Onderzoekers stelden de hypothese op dat MX de huid in beide richtingen kan passeren. Het verdelingsevenwicht van MX in het water en in het vetweefsel kan worden voorgesteld als:

$$\mathrm{MX\ (aq)} \rightleftharpoons \mathrm{MX\ (vet)}$$

2p **4** Beschrijf welk onderzoek moet worden uitgevoerd om de hypothese te toetsen. Geef ook aan welke uitkomst van dit onderzoek de hypothese zou bevestigen.

Op basis van modelproeven leidden de onderzoekers af dat de waarde van de evenwichtsconstante K van bovengenoemd evenwicht ongeveer $4 \cdot 10^3$ moest bedragen. Om deze waarde te toetsen, werd een kwantitatief onderzoek aan vissen uitgevoerd. In een aquarium werden vissen blootgesteld aan een constant gehalte MX van 22,5 nanogram MX per liter. Men stelde vast dat [MX (vet)] in het vetweefsel van de vissen aanvankelijk snel steeg, maar zich na enige tijd stabiliseerde bij 105 microgram MX per liter vet.

2p **5** Ga met behulp van een berekening na of deze waarde redelijk in overeenstemming is met de voorspelde waarde van K.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Voor het snijden van ijzeren voorwerpen zoals spoorrails worden snijbranders gebruikt. In een snijbrander wordt vrijwel altijd acetyleen (ethyn, C_2H_2) gebruikt in combinatie met zuivere zuurstof. Met deze ethyn-zuurstofvlam kan een vlamtemperatuur van ruim boven het smeltpunt van ijzer worden bereikt. Andere koolwaterstoffen zoals ethaan (C_2H_6) zijn onbruikbaar voor het snijden van ijzer door een te lage vlamtemperatuur.
De temperatuur die een vlam maximaal kan bereiken, hangt vooral af van twee factoren:

– de reactiewarmte van de verbranding van de brandstof;
– welke verbrandingsproducten ontstaan en in welke hoeveelheden.

Als aangenomen wordt dat ethyn volledig verbrandt, ontstaan koolstofdioxide en waterdamp. Wanneer verlies van energie naar de omgeving wordt verwaarloosd, wordt de vrijkomende energie uitsluitend gebruikt om koolstofdioxide en waterdamp te verwarmen. Met behulp van de reactiewarmte van de verbranding (de verbrandingswarmte) van ethyn en de soortelijke warmtes van koolstofdioxide en water kan de temperatuurstijging van het gasmengsel berekend worden. Bij volledige verbranding van ethyn zou de maximale temperatuur van de vlam boven $7 \cdot 10^3$ K liggen.
De soortelijke warmte van een stof kan worden gedefinieerd als het aantal joule dat nodig is om 1 g stof 1 K in temperatuur te laten stijgen.

4p **6** Laat met behulp van een berekening zien dat bij volledige verbranding van ethyn een temperatuurstijging van meer dan $7 \cdot 10^3$ K wordt bereikt. Neem aan dat alle energie wordt gebruikt om de ontstane waterdamp en koolstofdioxide te verwarmen. Maak onder andere gebruik van de volgende gegevens:

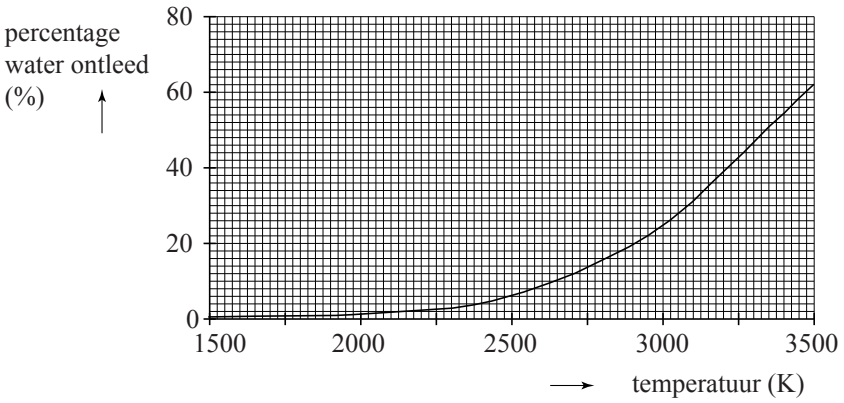
– de verbrandingswarmte van ethyn waarbij water als waterdamp vrijkomt, bedraagt $-1{,}26 \cdot 10^6$ J mol^{-1};
– de soortelijke warmte van waterdamp bedraagt 2,8 J g^{-1} K^{-1};
– de soortelijke warmte van koolstofdioxidegas bedraagt 1,3 J g^{-1} K^{-1}.

De berekende waarde van de temperatuur van de ethyn-zuurstofvlam is veel hoger dan de temperatuur die in werkelijkheid gehaald wordt. De grote afwijking tussen de berekende en de gemeten vlamtemperatuur kan worden verklaard uit de chemische eigenschappen van onder andere waterdamp.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Als waterdamp wordt verhit, blijkt water namelijk te ontleden in waterstof en zuurstof. In diagram 1 is weergegeven welk percentage van de watermoleculen is ontleed afhankelijk van de temperatuur.

diagram 1



Tussen 2000 K en 3500 K is de ontleding van waterdamp een evenwicht.

4p **7** Geef de evenwichtsvoorwaarde van dit evenwicht en leg met behulp van diagram 1 uit hoe de waarde van de evenwichtsconstante K verandert als de temperatuur stijgt.

Uit metingen blijkt dat bij de reactie van ethyn met zuurstof vooral koolstofmonoöxide en waterstof worden gevormd.

3p **8** Bereken de reactiewarmte per mol ethyn van de reactie waarbij ethyn met zuurstof reageert tot koolstofmonoöxide en waterstof.
Gebruik Binas-tabel 57.

Op basis van de aanname dat de verbrandingsproducten van de ethyn-zuurstofvlam CO en H_2 zijn, kan worden berekend dat dan een temperatuurstijging van ruim $3 \cdot 10^3$ K bereikt wordt.
De temperatuurstijging die kan worden bereikt met een ethaan-zuurstofvlam, waarbij ook CO en H_2 ontstaan, is lager dan van de ethyn-zuurstofvlam.
Dit wordt onder andere veroorzaakt doordat bij de ethaan-zuurstofvlam meer mol gas moet worden verwarmd. Ook is de reactiewarmte lager.
Op de uitwerkbijlage bij dit examen zijn twee energiediagrammen weergegeven. Hierin zijn de energieniveaus van de niet-ontleedbare stoffen en de reactieproducten al aangegeven.

3p **9** Maak op de uitwerkbijlage de energiediagrammen voor beide reacties af zodat duidelijk wordt waarom de reactiewarmte van de ethaan-zuurstofvlam lager is dan die van de ethyn-zuurstofvlam.
Gebruik Binas-tabel 57B.
Geef in de diagrammen het volgende aan:
– de ontbrekende energieniveaus van de beginstoffen;
– de molecuulformules en coëfficiënten van de reacties.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Methaan uit aardgas levert in Nederland per jaar ongeveer $1{,}5 \cdot 10^{18}$ J aan energie. In 2007 werd in het rapport “Vol gas vooruit!” het doel gesteld dat op korte termijn 3,0% van deze energie wordt geleverd door biogas.
Biogas ontstaat wanneer biomassa door een mengsel van bacteriën wordt afgebroken onder zuurstofarme omstandigheden. De hoofdbestanddelen van biogas zijn koolstofdioxide en methaan.
De reactiewarmte bij de verbranding van biogas bedraagt gemiddeld $-2{,}0 \cdot 10^{7}$ J m^{-3}. Deze energiewaarde kan vooral worden toegeschreven aan het aanwezige methaan.
Hieronder is een reactievergelijking voor het totale proces van de vorming van biogas uit biomassa weergegeven. Voor biomassa wordt de verhoudingsformule $C_cH_hO_oN_nS_s$ gebruikt.

$$C_cH_hO_oN_nS_s + y\,H_2O \rightarrow x\,CH_4 + n\,NH_3 + s\,H_2S + (c\text{-}x)\,CO_2$$

$$x = 0{,}125(4c + h - 2o - 3n + 2s)$$

$$y = 0{,}250(4c - h - 2o + 3n + 2s)$$

Een bepaalde fractie biomassa kan worden voorgesteld met de volgende verhoudingsformule: $C_{38}H_{60}O_{26}N_3$.

5p **10** Bereken hoeveel ton van deze biomassa moet worden vergist tot biogas om bovengenoemde doelstelling te bereiken. Maak onder andere gebruik van de volgende gegevens:
- de molaire massa van $C_{38}H_{60}O_{26}N_3$ bedraagt 975 g mol^{-1};
- biogas bevat 46 vol% methaan;
- het molair volume bedraagt $2{,}4 \cdot 10^{-2}$ m^3 mol^{-1}.

Biomassa bestaat voornamelijk uit koolhydraten, vetten en eiwitten. De vorming van biogas uit biomassa gebeurt in vier stappen. Deze stappen verlopen tegelijkertijd.
Stap 1: hydrolyse. Tijdens deze stap worden de koolhydraten, eiwitten en vetten met behulp van enzymen buiten de bacteriecellen afgebroken tot suikers, aminozuren, vetzuren en glycerol. De producten van de hydrolyse worden door bacteriën opgenomen.

4p **11** Geef de reactievergelijking in structuurformules voor de hydrolyse van het eiwitfragment ~ Ala – Ser – Met tot ~ Ala en de losse aminozuren.

Stap 2: verzuring. De in stap 1 gevormde stoffen worden in de bacteriën omgezet tot zuren en alcoholen. Hierbij ontstaan tevens waterstof en koolstofdioxide. Als bijproducten worden ammoniak en waterstofsulfide (H_2S) gevormd.

2p **12** Geef aan uit welke soort(en) stof(fen) die na stap 1 aanwezig zijn in het reactiemengsel, ammoniak en waterstofsulfide kunnen worden gevormd. Licht je antwoord toe.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Stap 3: azijnzuurvorming. Zogenoemde azijnzuurvormende bacteriën zetten de in stap 2 gevormde zuren en alcoholen met water om tot ethaanzuur en waterstof. Als in een zuur of alcohol een oneven aantal C atomen aanwezig is, ontstaat hierbij tevens CO_2. Bij een even aantal C atomen ontstaat geen CO_2. De reacties in stap 3 kunnen worden voorgesteld als evenwichtsreacties.

3p **13** Geef de reactievergelijking voor de omzetting van hexaanzuur in stap 3.

In stap 4 wordt door methaanvormende bacteriën ten slotte methaan en CO_2 gevormd. Hierbij verbruiken ze het in stap 2 gevormde waterstof.
In sommige bronnen van biomassa, zoals havenslib, zijn veel sulfaationen aanwezig. De aanwezigheid van sulfaat-afbrekende bacteriën in een reactor kan dan de methaanproductie verminderen. Deze bacteriën verbruiken namelijk het aanwezige waterstof om sulfaationen om te zetten tot H_2S. De vergelijking van de halfreactie van het sulfaation is hieronder weergegeven.

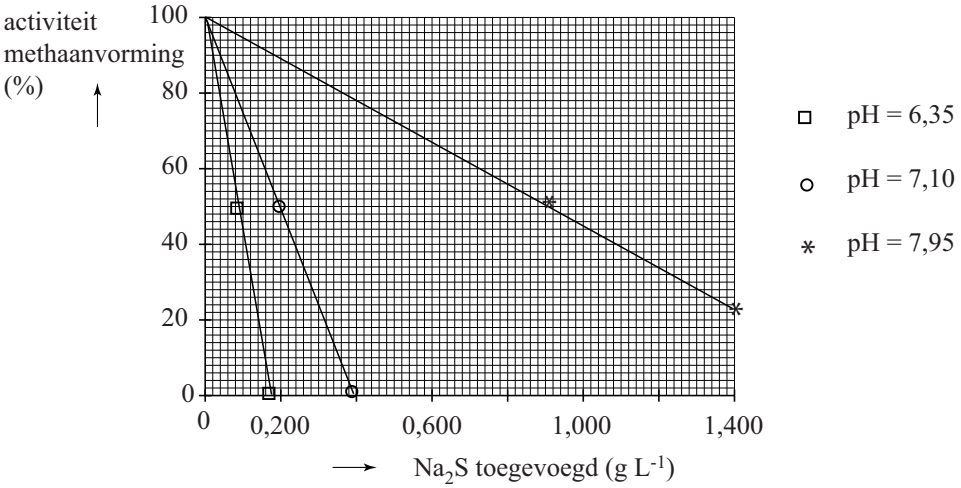
$$SO_4^{2-} + 10\ H^+ + 8\ e^- \rightarrow H_2S + 4\ H_2O$$

2p **14** Leid met behulp van de vergelijkingen van de halfreacties de totale reactievergelijking af voor deze bacteriële omzetting van SO_4^{2-} tot H_2S. Gebruik Binas-tabel 48.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Het gevormde H_2S en het tevens aanwezige HS^- zijn bij een hoge concentratie giftig voor de methaanvormende bacteriën.
Om het remmende effect van H_2S en HS^- op de methaanproductie te onderzoeken werd in een laboratoriumopstelling de methaanproductie van methaanvormende bacteriën bepaald na toevoeging van verschillende hoeveelheden Na_2S. Dit experiment werd uitgevoerd bij drie pH-waarden, die met behulp van buffers werden ingesteld. De overige omstandigheden werden constant gehouden. In diagram 1 is het resultaat van de metingen weergegeven.

diagram 1



Bij de gebruikte pH-waarden worden de opgeloste S^{2-} ionen volledig omgezet tot H_2S en HS^-.
In de oplossing stelt zich het volgende evenwicht in:

$$H_2S + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + HS^-$$

3p **15** Leg met behulp van diagram 1 uit welk deeltje de methaanvorming het sterkst remt: H_2S of HS^-.

Bij pH = 7,10 is een afname van 50% van de methaanvorming gemeten na het toevoegen van 0,20 g Na_2S per liter. Berekend kan worden dat dan de concentratie H_2S 0,041 g L^{-1} bedraagt.
Bij pH = 7,95 is dezelfde afname van de methaanvorming gemeten na het toevoegen van 0,90 g Na_2S per liter. Hoewel in deze proef meer Na_2S is toegevoegd, is er toch ongeveer evenveel H_2S aanwezig als in de genoemde proef bij pH = 7,10.

5p **16** Bereken hoeveel gram H_2S per liter in de reactor bij pH = 7,95 aanwezig is, wanneer 0,90 g Na_2S per liter is toegevoegd (T = 298 K , $p = p_0$).
Neem aan dat het H_2S in de reactor geheel is opgelost in water.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

99,999999999% zuiver silicium

Chips voor elektronica worden gemaakt van dunne ronde schijven zeer zuiver silicium, wafers genoemd. Het benodigde silicium wordt gewonnen uit de steensoort kwartsiet. Hieruit kan silicium worden verkregen met een zuiverheid van ruim 98%. Dit wordt metallurgical-grade silicium (MGS) genoemd. MGS dient als grondstof voor de bereiding van electronical grade silicium (EGS), dat een zuiverheid heeft van 99,999999999%.
Het productieproces van EGS uit MGS staat in de uitwerkbijlage die bij dit examen hoort in een onvolledig blokschema weergegeven.
In reactor R1 reageert MGS met HCl. Hierbij wordt het silicium uit MGS omgezet tot $SiHCl_3$ en waterstof. Het HCl reageert hierbij volledig.

2p **17** Geef de vergelijking voor de reactie van Si (uit MGS) en HCl tot $SiHCl_3$ en waterstof.

Behalve $SiHCl_3$ en waterstof ontstaan nog allerlei andere reactieproducten in R1. De voornaamste reactieproducten en hun kookpunten staan vermeld in tabel 1. De siliciumverbindingen die in R1 worden gevormd, hebben verschillende kookpunten. Dit kan worden verklaard aan de hand van de sterkte van de bindingen tussen de moleculen. Tussen de moleculen van een aantal van de in tabel 1 genoemde stoffen is een dipool-dipoolbinding aanwezig. Deze binding wordt veroorzaakt door de aanwezigheid van één of meer polaire $Si–Cl$ atoombindingen.

tabel 1

Atoomsoorten in MGS	Kookpunt (K)	Reactieproduct na reactie met HCl	Kookpunt (K)
Si	3538	SiH_3Cl	243
		SiH_2Cl_2	281
		$SiHCl_3$	306
		$SiCl_4$	331
Al	2792	$AlCl_3$	466
Fe	3134	$FeCl_2$	1296
		$FeCl_3$	589

2p **18** Leg uit bij welke van de in tabel 1 genoemde siliciumverbindingen dipool-dipoolbindingen tussen de moleculen aanwezig zijn in de zuivere stof.

2p **19** Leg uit welke soort binding(en) tussen de moleculen van de siliciumverbindingen de grootste bijdrage levert (leveren) aan de hoogte van het kookpunt.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

De in R1 ontstane stoffen $AlCl_3$, $FeCl_2$ en $FeCl_3$ worden in R1 al direct afgevoerd als afval. Het mengsel van gassen en vloeistoffen dat overblijft, wordt in S1 gedestilleerd bij 308 K. In alle destillatiestappen in dit proces komt (komen) de stof(fen) met het laagste kookpunt boven uit de destillatiekolom.
In S2 wordt het uit S1 afkomstige mengsel gedestilleerd bij 303 K, waardoor zeer zuiver $SiHCl_3$ wordt verkregen.
In reactor R2 wordt het $SiHCl_3$ met waterstof weer omgezet tot gasvormig silicium en HCl. In R2 vindt dus de omgekeerde reactie plaats van R1. Het silicium rijpt hierbij op een kristallisatiekern van zeer zuiver silicium. Zo ontstaat een staaf vast silicium (EGS).
$SiHCl_3$ reageert in R2 echter ook met het in R2 gevormde HCl, waarbij $SiCl_4$ en H_2 ontstaan. In R2 reageert niet al het $SiHCl_3$ met H_2, waardoor slechts een rendement van 30% wordt behaald.
In S3 wordt het gasmengsel afkomstig uit S2 en R2 gebracht. In S3 worden waterstof en HCl gescheiden van de siliciumverbindingen. De siliciumverbindingen worden weer teruggevoerd in het proces.
In S4 worden waterstof en HCl van elkaar gescheiden, waarna ze elk worden teruggevoerd in het proces.
Het $SiCl_4$ afkomstig uit S1 wordt niet teruggevoerd in het proces.
In het proces wordt geen H_2 van buiten aangevoerd.

5p **20** Vul het blokschema op de uitwerkbijlage aan door in het blokschema de ontbrekende pijlen te tekenen. Geef bij alle pijlen de ontbrekende stofstromen aan met de volgende nummers:

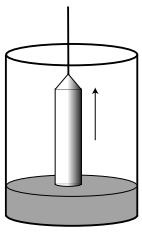
1	SiH_3Cl	4	$SiCl_4$
2	SiH_2Cl_2	5	H_2
3	$SiHCl_3$	6	HCl

Het silicium (EGS) dat volgens dit proces ontstaan is, is nog niet bruikbaar als materiaal voor computerchips. De kristalstructuur bevat nog te veel onregelmatigheden.
Een van de meest schadelijke verontreinigingen in silicium voor chips is het element boor. De aanwezigheid van deeltjes boor heeft invloed op de roosteropbouw en de geleidbaarheid van het silicium.

2p **21** Geef twee aspecten waarom de aanwezigheid van boor gevolgen heeft voor de roosteropbouw van het silicium.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Om het gevormde EGS nog verder te zuiveren wordt het omgesmolten via het Czochralski-proces.
Men laat een kristal zeer zuiver silicium, de zogeheten kiem, neer op een hoeveelheid gesmolten EGS. Aan het oppervlak van de kiem stolt het silicium. Door het geheel langzaam omhoog te trekken, ontstaan uiteindelijk lange staven zeer zuiver silicium. Dit silicium is geschikt voor toepassing in computerchips.



Het stollingsproces zorgt voor extra zuivering van het silicium. De extra zuivering is te verklaren door de verschillende oplosbaarheden van een onzuiverheid in vast en vloeibaar silicium. Aan het grensvlak tussen vast en vloeibaar silicium stelt zich namelijk een verdelingsevenwicht in.
De waarde van de evenwichtsconstante K voor dit verdelingsevenwicht kan worden berekend volgens:

$$K = \frac{C_s}{C_l}$$

Hierin is C_s de concentratie in mol L^{-1} van de onzuiverheid in vast silicium en C_l de concentratie van de onzuiverheid in vloeibaar silicium.
Voor enkele onzuiverheden in silicium zijn de waarden van K vermeld in tabel 2.

tabel 2

Element	Al	As	B	C	Cu	Fe	Sb
K	$2 \cdot 10^{-3}$	$3 \cdot 10^{-1}$	$8 \cdot 10^{-1}$	$7 \cdot 10^{-2}$	$4 \cdot 10^{-6}$	$8 \cdot 10^{-6}$	$2 \cdot 10^{-2}$

Uit tabel 2 is af te leiden hoe groot het gedeelte van een aanwezige verontreiniging is, dat in het vaste silicium terechtkomt.

2p **22** Leg uit van welk element uit tabel 2 het grootste gedeelte wordt verwijderd uit het silicium als gevolg van het Czochralski-proces.

Het silicium dat in het Czochralskiproces wordt ingevoerd, bevat minder dan 1 deeltjes-ppb boor. Eén deeltjes-ppb is één deeltje onzuiverheid per 10^9 deeltjes. Een nadeel van het Czochralskiproces is dat voor een goede kwaliteit van de siliciumstaven, niet al het vloeibare silicium kan worden gekristalliseerd. Dit komt doordat gedurende het proces, de concentratie van de vervuiling in het vloeibare silicium stijgt.

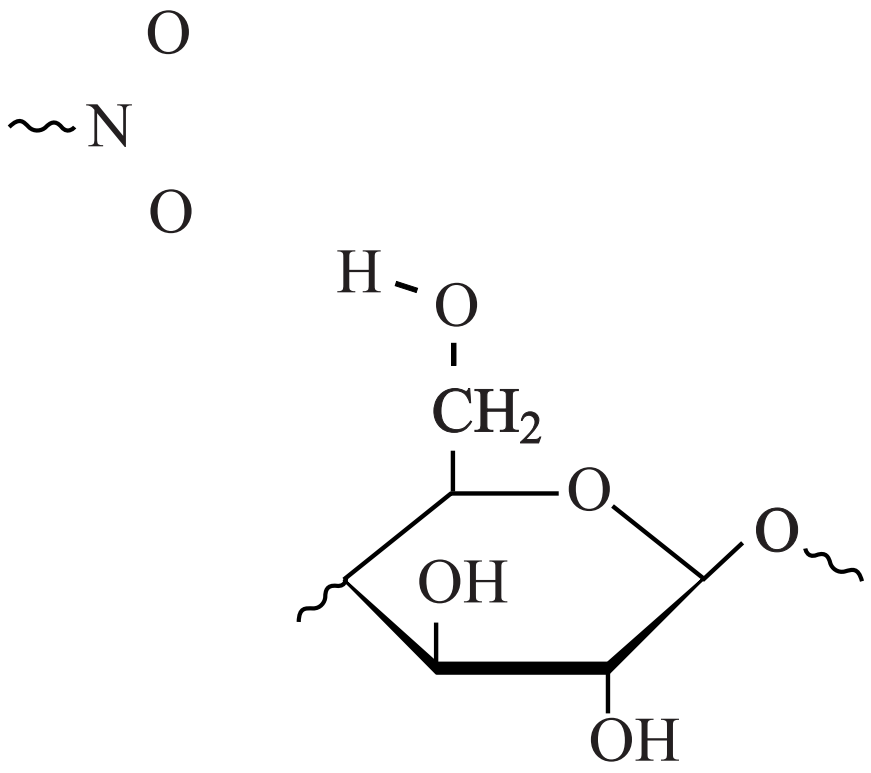
3p **23** Bereken vanaf welke concentratie in mol L^{-1} boor in vloeibaar silicium het gehalte boor in de siliciumstaaf boven de 1,0 deeltjes-ppb komt.
De dichtheid van vast silicium bij de smelttemperatuur bedraagt $2{,}2 \cdot 10^3$ kg m^{-3}.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

uitwerkbijlage

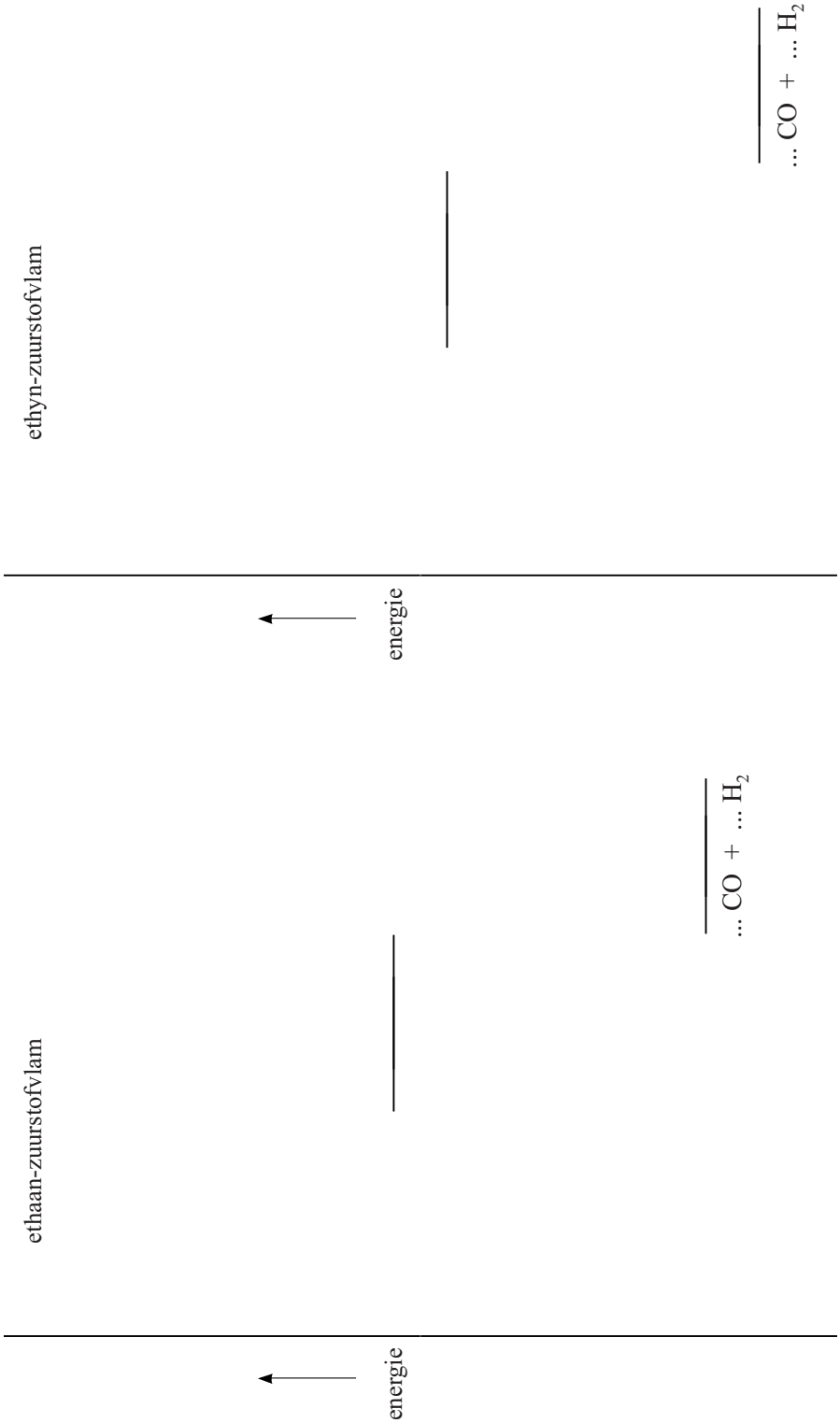
Naam kandidaat _____ Kandidaatnummer _____

3



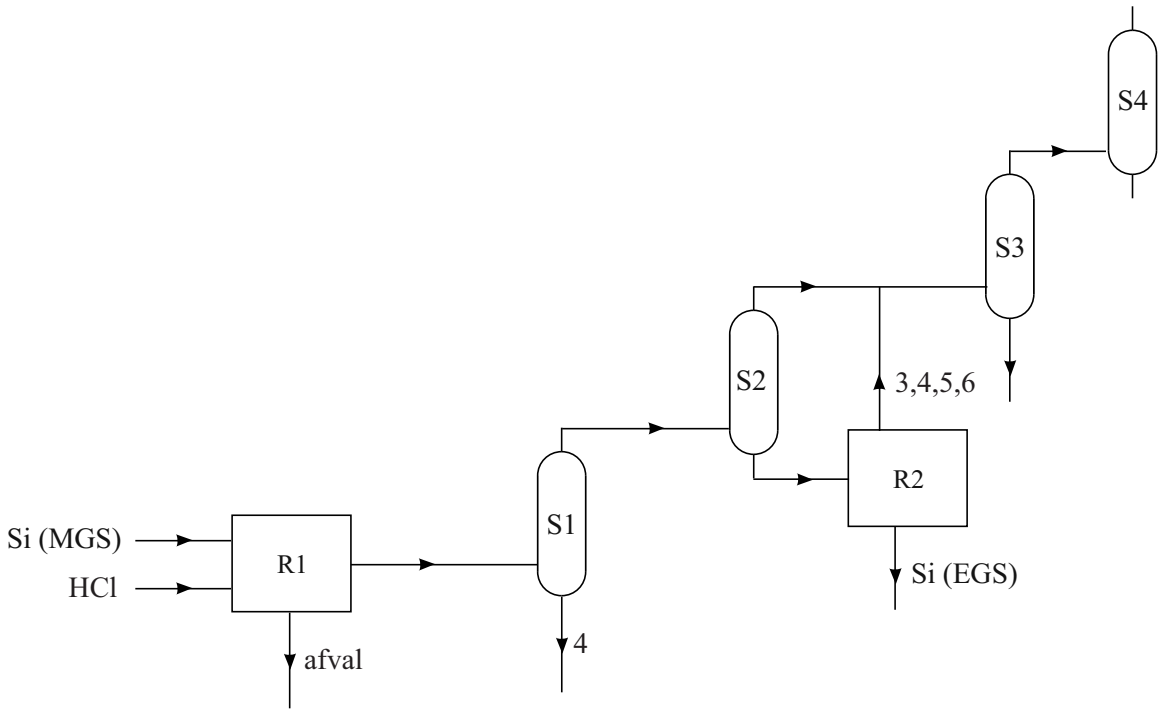
Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

9



Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

20



VERGEET NIET DEZE UITWERKBIJLAGE IN TE LEVEREN

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Examen VWO

2016

tijdvak 1
vrijdag 13 mei
13.30 - 16.30 uur

oud programma **scheikunde**

Bij dit examen hoort een uitwerkbijlage.

Dit examen bestaat uit 24 vragen.
Voor dit examen zijn maximaal 69 punten te behalen.
Voor elk vraagnummer staat hoeveel punten met een goed antwoord behaald kunnen worden.

Als bij een vraag een verklaring, uitleg, berekening of afleiding gevraagd wordt, worden aan het antwoord meestal geen punten toegekend als deze verklaring, uitleg, berekening of afleiding ontbreekt.

Geef niet meer antwoorden (redenen, voorbeelden e.d.) dan er worden gevraagd. Als er bijvoorbeeld twee redenen worden gevraagd en je geeft meer dan twee redenen, dan worden alleen de eerste twee in de beoordeling meegeteld.

VW-1028-h-16-1-o

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

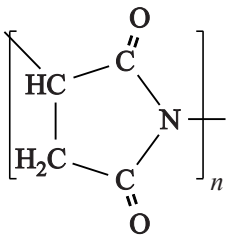
Polyaspartaat

In veel industriële processen wordt koelwater gebruikt. Wanneer koelwater warm wordt, vormt zich daarin vaak ketelsteen. Eén van de bestanddelen van ketelsteen is calciumcarbonaat. Calciumcarbonaat ontstaat in een reactie waarbij calciumionen en waterstofcarbonaationen betrokken zijn.

3p **1** Geef de reactievergelijking voor deze vorming van calciumcarbonaat.

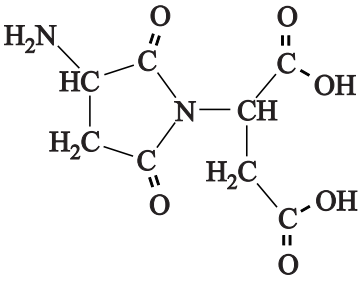
Omdat de vorming van ketelsteen in koelwater ongewenst is, worden stoffen toegevoegd die dit verhinderen. Natriumpolyaspartaat is één van de stoffen die daarvoor worden gebruikt.
Natriumpolyaspartaat wordt in twee reacties uit asparaginezuur (zie Binas-tabel 67C) gevormd.

Reactie 1:
Asparaginezuur wordt gepolymeriseerd tot polysuccinimide.
Polysuccinimide kan worden weergegeven met de volgende structuurformule:



Reactie 2:
Polysuccinimide wordt met behulp van natronloog gehydrolyseerd. Na indampen ontstaat natriumpolyaspartaat.

De polymerisatie (reactie1) verloopt in een groot aantal stappen. In de eerste stap reageren twee moleculen asparaginezuur met elkaar. Hierbij ontstaat het volgende dimeer:



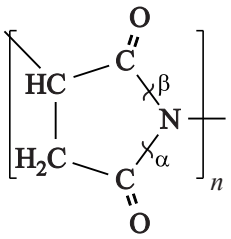
Daarna reageert het dimeer met een molecuul asparaginezuur onder vorming van een trimeer. Enzovoorts.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

De atomen in de vijfring van de repeterende eenheid van het molecuul polysuccinimide zijn afkomstig van twee verschillende asparaginezuurmoleculen. Op de uitwerkbijlage bij deze opgave is de repeterende eenheid van een molecuul polysuccinimide nogmaals weergegeven. Bij één van de atomen uit de vijfring is een ① gezet.

3p **2** Geef op de uitwerkbijlage, ook met een ① , aan welk atoom / welke atomen in de vijfring van hetzelfde asparaginezuurmolecuul afkomstig is/zijn als het atoom waarbij een ① is gezet.

Tijdens de hydrolyse (reactie 2) worden C – N bindingen verbroken. Dit is op te vatten als de hydrolyse van peptidebindingen. Het maakt verschil welke van de twee C – N bindingen bij deze reactie wordt verbroken. Daardoor lijkt het alsof de keten die na reactie 2 is ontstaan, is opgebouwd uit twee verschillende monomeren.
In nevenstaande structuurformule van polysuccinimide zijn de twee C – N bindingen, die kunnen worden verbroken, aangegeven met respectievelijk α en β.



Tijdens de hydrolyse wordt zoveel natronloog toegevoegd, dat in het reactieproduct alle $\overset{O}{\overset{\|}{C}}-OH$ groepen in de keten zijn omgezet tot $\overset{O}{\overset{\|}{C}}-O^-$ groepen. Op deze wijze ontstaan polyaspartaationen.

3p **3** Geef de structuurformule van een brokstuk van twee opeenvolgende monomeereenheden van een polyaspartaation. Het brokstuk moet bestaan uit een eenheid die is ontstaan door het verbreken van een binding die in bovenstaande figuur is aangegeven met α en een eenheid die is ontstaan door het verbreken van een binding die is aangegeven met β.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

De werking van het polyaspartaat is onder andere afhankelijk van de gemiddelde ketenlengte van de polyaspartaationen. Tijdens een practicum hebben studenten die gemiddelde ketenlengte bepaald door vast natriumpolyaspartaat op te lossen in ongeveer 100 mL water, waarna ze de ontstane oplossing titreerden met zoutzuur.
Bij zo'n bepaling werd 0,536 g natriumpolyaspartaat afgewogen en opgelost. Voor de titratie was 19,50 mL 0,198 M zoutzuur nodig.
De studenten gingen uit van de volgende schematische formule voor natriumpolyaspartaat: $H-(NaAsp)_n-OH$, waarbij n de gemiddelde ketenlengte is. Verder namen zij aan dat tijdens de titratie per monomeereenheid
één $\overset{O}{\overset{\|}{C}}-O^-$ groep reageert met één H_3O^+ ion.

5p **4** Bereken de gemiddelde waarde voor n die uit het bovenbeschreven experiment volgt. Gebruik onder andere het gegeven dat de massa van één monomeereenheid $(NaAsp)$ 137,1 u bedraagt.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

WC-reinigers

WC-reinigers kunnen in twee groepen worden ingedeeld:
1 middelen die kalk verwijderen; de werking berust op de aanwezigheid van één of meer zwakke zuren;
2 middelen die een blekende werking hebben; de werking berust op de aanwezigheid van een bleekmiddel.

Een bepaalde WC-reiniger van groep 2 bevat chloorbleekloog. Chloorbleekloog wordt gemaakt door chloor te laten reageren met natronloog. Chloor reageert daarbij als reductor, waarbij hypochlorietionen (ClO^-) ontstaan.

3p **5** Geef de vergelijking van de halfreactie waarbij hypochlorietionen worden gevormd uit chloor. In deze vergelijking komen behalve de formules van chloor en hypochloriet onder andere ook H_2O en OH^- voor.

Een groepje leerlingen onderzoekt twee zure WC-reinigers. Zij weten dat beide reinigers uitsluitend een eenwaardig zwak zuur als werkzame stof bevatten.
Ze meten eerst de pH van de oplossingen. De pH van reiniger A blijkt lager dan van reiniger B.
Daarna meten zij van beide reinigers 10 mL af en onderzoeken hoeveel kalk daarmee kan reageren.

3p **6** Beschrijf een experiment waarmee je kunt bepalen hoeveel kalk met 10 mL van een WC-reiniger kan reageren.

Met 10 mL van reiniger B reageert meer kalk dan met 10 mL van reiniger A. De leerlingen zijn daarover verbaasd. Omdat reiniger B een hogere pH heeft, hadden zij verwacht dat met 10 mL van reiniger B minder kalk zou reageren.

2p **7** Leg uit hoe het mogelijk is dat meer kalk met 10 mL van reiniger B reageert dan met 10 mL van reiniger A, ook al heeft reiniger B een hogere pH dan reiniger A.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Van een derde WC-reiniger, reiniger C, is gegeven dat deze oplossing mierenzuur (methaanzuur, $HCOOH$) en het driewaardige citroenzuur ($C_6H_8O_7$) bevat.
De leerlingen onderzoeken ook de samenstelling van deze WC-reiniger. Eerst bepalen zij het citroenzuurgehalte volgens het volgende voorschrift.

voorschrift

Bepaling van het gehalte aan citroenzuur in oplossingen met citroenzuur en mierenzuur

De bepaling is gebaseerd op de neerslagreactie tussen bariumionen en citraationen (zuurrestionen van citroenzuur):

$$3\ Ba^{2+} + 2\ C_6H_5O_7^{3-} + 7\ H_2O \rightarrow Ba_3(C_6H_5O_7)_2.7H_2O$$

Pipetteer 25,00 mL van de te onderzoeken oplossing en breng dit over in een bekerglas. Voeg zoveel natronloog (circa 1 M) toe tot de oplossing neutraal is. Voeg vervolgens een verzadigde bariumnitraatoplossing toe totdat geen neerslag meer ontstaat. Filtreer de ontstane suspensie. Droog het residu voorzichtig en bepaal de massa van het residu.

De massa van het verkregen residu is 1,34 g.

3p **8** Bereken het gehalte, in g per 100 mL, aan citroenzuur in reiniger C. Gebruik daarbij als gegevens dat de massa van een mol citroenzuur 192,1 g is en de massa van een mol neerslag 916,3 g. Neem verder aan dat alle citroenzuur als $Ba_3(C_6H_5O_7)_2.7H_2O$ is neergeslagen.

Om ook het gehalte aan mierenzuur te bepalen mengen ze 1,00 mL van reiniger C met wat water. Na toevoegen van een geschikte indicator wordt het mengsel getitreerd met natronloog. Tijdens deze titratie reageren het mierenzuur en het citroenzuur volledig. Mede met behulp van het aantal mol OH^- dat voor deze titratie nodig is en het aantal mol citroenzuur per 100 mL dat de leerlingen bij de eerste bepaling hebben gevonden, berekenen zij het gehalte aan mierenzuur van reiniger C in g per 100 mL. Deze berekening bestaat uit een aantal stappen. In hun werkplan hebben de leerlingen in een schema deze stappen beschreven, uitgaande van het aantal mol OH^- dat voor de titratie nodig is. In het schema hebben ze van elke stap aangegeven wat wordt berekend en hoe de berekening wordt uitgevoerd. Op de uitwerkbijlage bij dit examen is zo'n schema gedeeltelijk opgenomen. Als voorbeeld is hierin de eerste stap van de berekening gegeven.

3p **9** Beschrijf de stappen die je moet doen om het gehalte aan mierenzuur, in g per 100 mL, van reiniger C te berekenen. Vul daartoe het schema op de uitwerkbijlage aan.
Je mag ervan uitgaan dat de massa van een mol mierenzuur bekend is.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Ozon meten

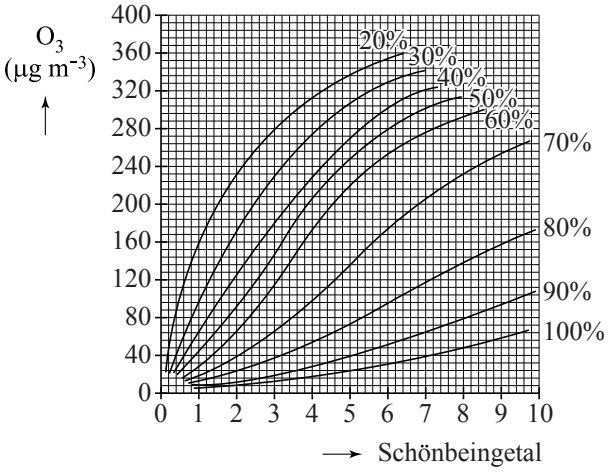
Mourad en Cathelijne maken hun profielwerkstuk over ozon. Op internet vinden ze een historische methode om ozongehaltes in lucht te meten waarbij zogenoemde Schönbeinpapiertjes worden gebruikt.
Schönbeinpapiertjes zijn strookjes papier, bevochtigd met een KI oplossing waaraan stijfsel is toegevoegd. De papiertjes worden daarna gedroogd in een ozonvrije ruimte en in een afgesloten plastic zakje bewaard.
Tijdens een ozonmeting is een papiertje voortdurend in contact met de lucht waarvan het ozongehalte bepaald moet worden. In de optredende reactie zet ozon, samen met vocht uit de lucht, jodide om tot jood:

$$O_3 + 2\,KI + H_2O \rightarrow 2\,KOH + O_2 + I_2$$

Het papiertje krijgt daardoor een bruinviolette kleur.

Metingen met Schönbeinpapiertjes duren acht uur. Daarna wordt de kleur van het papiertje vergeleken met een bijbehorend kleurenkaartje waarop het zogenoemde Schönbeingetal is af te lezen. Om vervolgens het ozongehalte te bepalen, moet de luchtvochtigheid tijdens de meting bekend zijn.
In een diagram met ijkcurven (zie hieronder) voor verschillende luchtvochtigheden (in %) bij kamertemperatuur kan bij elk Schönbeingetal het ozongehalte (in $\mu g\,m^{-3}$; 1 µg = $1 \cdot 10^{-6}$ g) worden afgelezen.
De methode geeft een redelijke indicatie van het gemiddelde ozongehalte.

diagram met ijkcurven



Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Mourad en Cathelijne doen een ozonmeting met een Schönbeinpapiertje in de fotokopieerruimte van de school. Bij het maken van fotokopieën ontstaat namelijk ozon. Na 8 uur stellen zij met behulp van het kleurenkaartje een Schönbeingetal van 4,5 vast. De luchtvochtigheid in de ruimte was 45% en er heerste kamertemperatuur.

2p **10** Leg uit of de MAC-waarde voor ozon (0,12 mg m^{-3}) in de fotokopieerruimte is overschreden.
Ga ervan uit dat de ozon gelijkmatig over de ruimte is verdeeld.

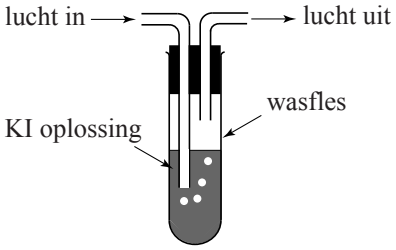
Op Malta is door monniken tussen 1884 en 1900 elke dag het ozongehalte in de lucht gemeten. Ze gebruikten daarbij geen Schönbeinpapiertjes maar zogenoemde Lenderpapiertjes. Die papiertjes werden op vergelijkbare wijze gemaakt als de Schönbeinpapiertjes, maar de getallen liepen van 0 – 14 in plaats van van 0 – 10. De gegevens over deze ozonmetingen zijn enige tijd geleden teruggevonden: een lijst met Lendergetallen zonder correctie voor de luchtvochtigheid. De monniken hadden wel uitgebreide gegevens genoteerd over het weer tijdens de metingen (temperatuur, windkracht, windrichting, luchtvochtigheid). Medewerkers van de Universiteit van Malta hebben uit de genoteerde Lendergetallen ozongehaltes afgeleid. Omdat de bijbehorende kleurenkaartjes niet meer beschikbaar waren, hebben ze de Lendergetallen omgezet naar Schönbeingetallen. Dat was mogelijk omdat in Wenen van 1853 – 1873 dagelijks ozonmetingen met Schönbeinpapiertjes zijn verricht en van 1872 – 1920 dagelijks metingen met Lenderpapiertjes.

2p **11** Leg uit hoe je uit de Lendergetallen ozongehaltes (in µg m^{-3}) kunt afleiden.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Mourad en Cathelijne zoeken een snellere manier voor ozonmetingen. Ze vinden op internet een meetopstelling die met eenvoudige onderdelen zelf kan worden gebouwd.
Met een aquariumpompje wordt lucht door een aangezuurde KI oplossing in een wasfles geleid.

meetopstelling



De in de lucht aanwezige ozon zet een deel van het jodide om tot jood volgens:

$$O_3 + 2\,H^+ + 2\,I^- \rightarrow O_2 + H_2O + I_2$$

De pH moet tijdens de proef niet te laag zijn. Bij lage pH kan namelijk een nevenreactie optreden. Daarbij zet een andere stof in de lucht jodide om tot jood.

2p **12** Geef de naam van die stof en leg met behulp van Binas-tabel 48 uit dat die stof bij lage pH jodide kan omzetten tot jood.

Bij pH = 5 treedt de nevenreactie niet op. Om de pH op ongeveer 5 te houden, wordt een buffer toegevoegd aan de KI oplossing. De leerlingen maken de buffer zelf. Zij beschikken over 1,0 M ethaanzuuroplossing en 0,50 M natriumethanoaatoplossing.

4p **13** Bereken in welke verhouding deze oplossingen bij elkaar moeten worden gevoegd om een buffer met pH = 5,00 te verkrijgen.

Noteer je antwoord als: $\dfrac{\text{mL ethaanzuuroplossing}}{\text{mL natriumethanoaatoplossing}} = \dfrac{1{,}0}{\ldots}$

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Nadat enige tijd lucht is doorgeleid, wordt aan de KI oplossing stijfsel toegevoegd waardoor een bruinviolette kleur ontstaat. Vervolgens wordt in een colorimeter de extinctie (E) van de oplossing gemeten.
Met een aantal standaardoplossingen van jood en stijfsel is het volgende verband tussen de extinctie en de joodconcentratie van de oplossingen bepaald:

$$E = -0{,}016 + 1{,}60 \cdot 10^5 \times [I_2]$$

Mourad en Cathelijne gaan met bovenbeschreven meetopstelling het ozongehalte van de lucht in het scheikundelokaal bepalen. Ze leiden gedurende 30 minuten lucht door 5,0 mL KI oplossing waaraan 1,0 mL van de bufferoplossing is toegevoegd. Per minuut werd 250 cm^3 lucht doorgeleid. Daarna voegen ze 1,0 mL stijfseloplossing toe. Uiteindelijk vullen ze de oplossing met water aan tot 10,0 mL. De extinctie bedraagt 0,210.

5p **14** Bereken met bovenstaande gegevens het ozongehalte van de lucht in $\mu g\ m^{-3}$ in het scheikundelokaal. Neem aan dat ozon de enige stof is die met jodide reageert.

Mourad en Cathelijne bespreken in hun verslag de mogelijke invloed van SO_2 op hun metingen.
Als SO_2 in de lucht aanwezig is, wordt het in de wasfles omgezet tot SO_4^{2-}. Die reactie beïnvloedt de hoeveelheid jood die uiteindelijk in de wasfles ontstaat.
SO_2 kan uit de lucht worden verwijderd door deze eerst door een aangezuurde waterstofperoxide-oplossing te leiden. Daarna wordt de lucht (zonder SO_2) door de wasfles met de KI oplossing geleid.

3p **15** Geef de vergelijkingen van de twee halfreacties en leid daarmee de totale reactievergelijking af van de reactie tussen SO_2 en een aangezuurde waterstofperoxide-oplossing.

2p **16** Leg uit of het berekende ozongehalte te hoog of te laag uitvalt als je de in lucht aanwezige SO_2 vooraf niet verwijdert.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Vetharding

Plantaardige olie is een belangrijk bestanddeel van onze voeding. Van deze olie wordt gebruik gemaakt in de margarine-industrie. Plantaardige olie bestaat voornamelijk uit triglyceriden (glyceryltri-esters van diverse vetzuren). Ga er in deze opgave vanuit dat vetten en oliën uitsluitend uit triglyceriden bestaan.
Van de veresterde vetzuren in plantaardige olie is een groot deel onverzadigd.
Plantaardige olie heeft een laag smelttraject. Om plantaardige olie te kunnen toepassen in margarine, laat men de olie reageren met waterstofgas. De daarbij optredende additiereactie met waterstof wordt hydrogenering of vetharding genoemd. Het gehalte aan verzadigde veresterde vetzuren neemt daarbij toe en daardoor wordt het smelttraject van het vet of de olie hoger.
In zonnebloemolie, dat veel wordt gebruikt voor margarineproductie, komt een hoog gehalte triglyceriden voor met twee veresterde linolzuurmoleculen en één veresterd oliezuurmolecuul.

3p **17** Geef de structuurformules van de triglyceriden die aan deze beschrijving voldoen. In deze structuurformules mag je de koolwaterstofketens weergeven met C_xH_y, waarbij voor x en y de juiste getallen zijn ingevuld. Houd in je antwoord geen rekening met stereo-isomerie. Maak gebruik van Binas-tabel 67B.

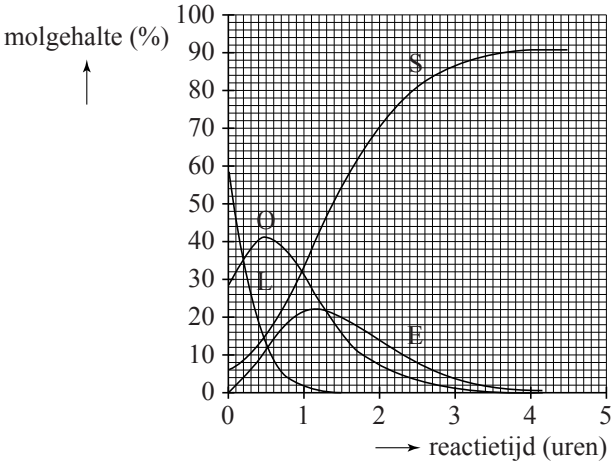
Behalve additie van waterstof vindt tijdens de vetharding nog een reactie plaats. De onverzadigde veresterde vetzuren die de *cis*-configuratie bezitten, kunnen overgaan in de *trans*-configuratie. Indien deze omzetting plaatsvindt in een molecuul met veresterd oleaat, ontstaat een molecuul met veresterd elaïdaat. Elaïdaat is de zuurrest van elaïdinezuur.

2p **18** Teken de structuurformule van elaïdinezuur. Laat duidelijk uitkomen waarin de structuurformule van elaïdinezuur verschilt van die van oliezuur, zoals weergegeven in Binas-tabel 67B2.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Bij onderzoek naar de vetharding van zonnebloemolie heeft men het verloop van de gehaltes aan verschillende veresterde vetzuren gevolgd. Dit leverde het onderstaande diagram op.

diagram



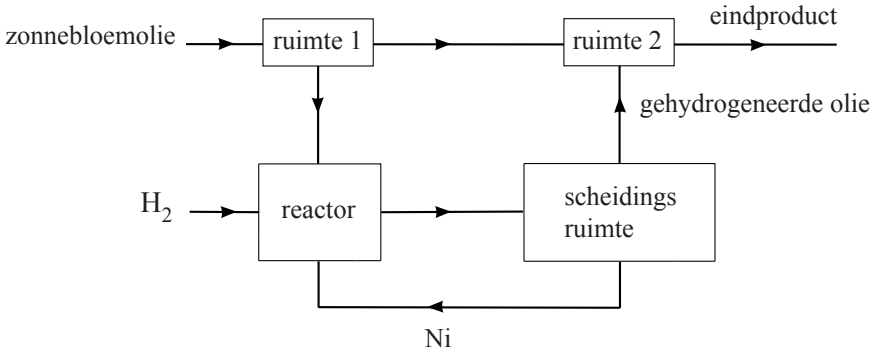
De veresterde vetzuren waarvan het gehalte is bepaald, zijn: oliezuur (O), elaïdinezuur (E), linolzuur (L) en stearinezuur (S).
De som van de molgehaltes is niet precies 100%. In zonnebloemolie komen namelijk nog kleine hoeveelheden triglyceriden voor waarin andere vetzuren zijn veresterd.
Gedurende het eerste half uur neemt het gehalte aan veresterd linolzuur sterk af en nemen de gehaltes aan veresterd oliezuur en veresterd elaïdinezuur toe.
Na een half uur is het totale molgehalte van de vier gemeten veresterde vetzuren kleiner dan op $t = 0$.

2p **19** Geef een mogelijke verklaring voor dit feit. Maak onder andere gebruik van structuurformules in Binas-tabel 67B2.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

In de voedingsmiddelenindustrie wordt een breed scala aan producten uit oliën en vetten geproduceerd. Zonnebloemolie is een veelgebruikte grondstof voor deze producten. Voor veel producten is het gewenst dat ze nog onverzadigde veresterde vetzuren bevatten. De hydrogenering van zonnebloemolie moet voor die producten dus niet volledig zijn. Omdat transvetzuren een nadelige invloed hebben op de gezondheid, is het belangrijk om het vethardingsproces zo uit te voeren dat het gehalte aan transvetzuren in het reactieproduct zo laag mogelijk is. Het gehalte aan het veresterde transvetzuur elaïdinezuur is echter aanzienlijk in zonnebloemolie die gedeeltelijk wordt gehydrogeneerd (zie bovenstaand diagram). In het volgende blokschema is weergegeven hoe vetharding in de industrie wordt uitgevoerd.

blokschema



In de reactor wordt de olie bij hoge temperatuur en druk gemengd met waterstof en fijnverdeeld nikkel. Dit mengsel wordt flink geroerd.

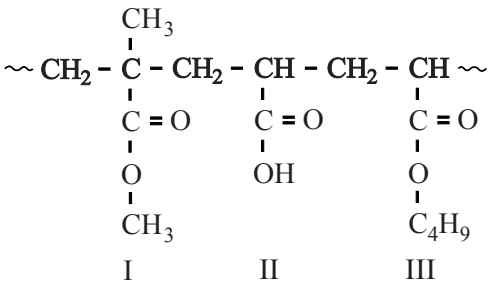
2p **20** Wat is de functie van het fijnverdeelde nikkel bij de reactie die in de reactor optreedt? Licht je antwoord toe.

3p **21** Beschrijf hoe volgens het beschreven proces uit zonnebloemolie een eindproduct kan worden geproduceerd met een maximaal gehalte van 2% aan veresterd elaïdinezuur en waarin de helft van de $C=C$ bindingen is omgezet tot $C-C$ bindingen. Maak hierbij onder andere gebruik van het diagram en het blokschema in deze opgave.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Lichtgevoelige hechtpleister

Een hechtpleister is voorzien van een kleeflaag. Vaak worden voor deze kleeflaag acrylpolymeren gebruikt. Zo'n polymeer bestaat vaak uit verschillende soorten monomeren. Een gedeelte uit zo'n polymeer kan als volgt in structuurformule worden weergegeven:



Bovenstaande structuurformule is een fragment van een additiepolymeer. In dit fragment komen drie monomeereenheden (I, II en III) voor.
Het monomeer dat als monomeereenheid I is aangeduid, is een ester.
Men kan de naam van een ester omschrijven. Zo kan men ethylethanoaat omschrijven als de ester van ethanol en ethaanzuur.

3p **22** Geef op de hierboven beschreven manier een omschrijving van de naam van het monomeer dat als monomeereenheid I is aangeduid.

Wanneer de kleeflaag van een hechtpleister op de huid wordt gedrukt, ontstaan er bindingen tussen polymeermoleculen in de kleeflaag en moleculen van het eiwit collageen, dat in de huid voorkomt. Collageen bestaat uit verschillende polypeptideketens. De aminozuurvolgorde van een kenmerkend stukje van een polypeptideketen van collageen is hieronder weergegeven:

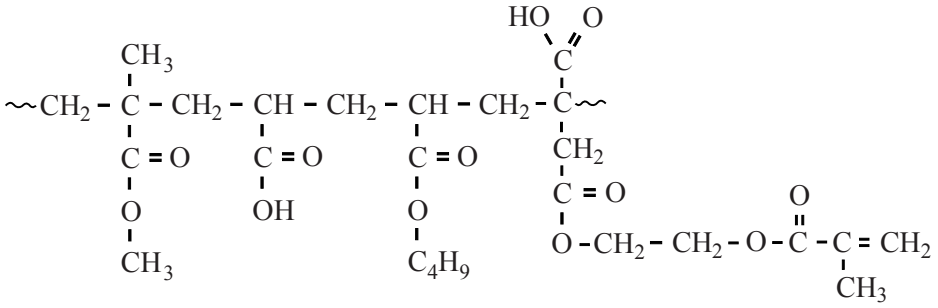
~ Gly – Pro – Hypro – Gly – Pro ~

De afkorting Hypro staat voor hydroxyproline. Een hydroxyproline-eenheid is ontstaan doordat, na de vorming van het eiwit, de zijgroep van een proline-eenheid is voorzien van een hydroxygroep.
De hechting van de kleeflaag aan de huid is een gevolg van de bindingen die bestaan tussen de zijgroepen van de monomeereenheden in het polymeer
van de kleeflaag en de zijgroepen van de aminozuureenheden in het collageen.

4p **23** Leg uit welke twee soorten bindingen bij het hechten van een pleister aan de huid kunnen worden gevormd tussen de zijgroepen van het stukje van de polymeerketen, dat boven vraag 22 is getekend, en de zijgroepen van het weergegeven stukje van de polypeptideketen van collageen. Geef daarbij van elk type binding aan tussen welke zijgroepen van de genoemde stukjes polymeerketen en polypeptideketen die binding wordt gevormd.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Het verwijderen van een hechtpleister is niet altijd pijnloos. Om deze verwijdering te vergemakkelijken, is de zogenoemde ‘lichtgevoelige hechtpleister’ ontwikkeld.
In de kleeflaag van zo’n pleister bevindt zich een ketenpolymeer dat zijgroepen bevat waarmee onder invloed van (zichtbaar) licht een reactie kan plaatsvinden. Bovendien bevat de kleeflaag een zogenoemde foto-initiator. Wanneer de kleeflaag aan licht wordt blootgesteld, brengt deze foto-initiator een reactie op gang. Hierdoor wordt het ketenpolymeer omgezet tot een netwerkpolymeer met een minder grote kleefkracht. De hechtpleister kan dan makkelijk worden losgetrokken.
Hieronder is de structuurformule van een gedeelte van zo’n ketenpolymeer weergegeven.



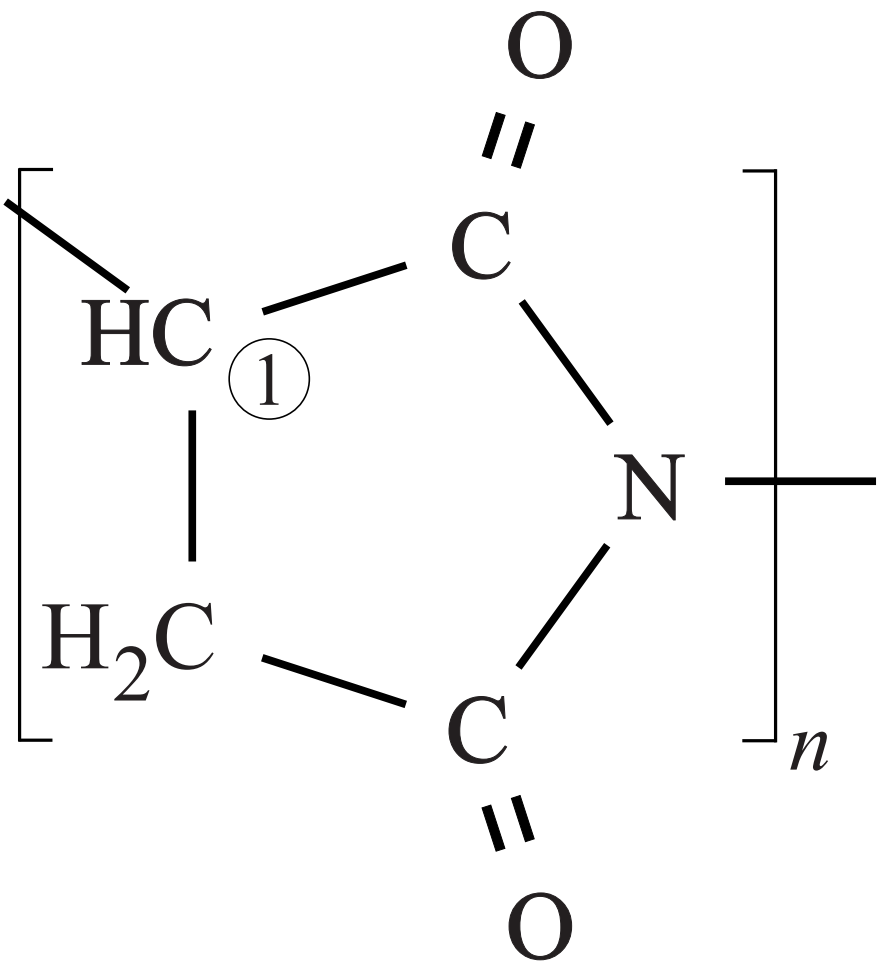
2p **24** Leg uit, aan de hand van bovenstaande structuurformule, dat een netwerkpolymeer ontstaat. Vermeld ook de naam van het type reactie dat daarbij plaatsvindt.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

uitwerkbijlage

Naam kandidaat _____

2



Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

9

stap	berekening van	door
1	het aantal mol OH^- dat nodig zou zijn voor de titratie van 100 mL WC-reiniger	het aantal mol OH^- dat voor deze titratie nodig was, vermenigvuldigen met 100
	het aantal gram mierenzuur in 100 mL WC-reiniger	

VERGEET NIET DEZE UITWERKBIJLAGE IN TE LEVEREN

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Examen VWO

2016

tijdvak 2
woensdag 22 juni
13.30 - 16.30 uur

scheikunde

Bij dit examen hoort een uitwerkbijlage.

Dit examen bestaat uit 29 vragen.
Voor dit examen zijn maximaal 69 punten te behalen.
Voor elk vraagnummer staat hoeveel punten met een goed antwoord behaald kunnen worden.

Als bij een vraag een verklaring, uitleg, berekening of afleiding gevraagd wordt, worden aan het antwoord meestal geen punten toegekend als deze verklaring, uitleg, berekening of afleiding ontbreekt.

Geef niet meer antwoorden (redenen, voorbeelden e.d.) dan er worden gevraagd. Als er bijvoorbeeld twee redenen worden gevraagd en je geeft meer dan twee redenen, dan worden alleen de eerste twee in de beoordeling meegeteld.

VW-1028-a-16-2-o

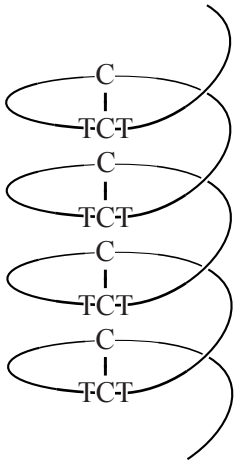
Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Chillen bij – 60 °C

Sommige kevers, zoals de *Upis ceramboides*, kunnen in poolgebieden een temperatuur van – 60°C overleven. Dat hebben ze onder andere te danken aan twee mechanismen die bevriezing van het water in hun lichaam voorkomen.

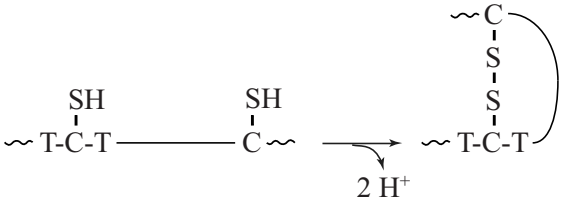
Mechanisme 1: ijs-bindende eiwitten
Sommige poolkevers maken speciale eiwitten (AFP's) aan. De AFP-moleculen binden met waterstofbruggen aan kleine ijskristallen en voorkomen zo het uitgroeien tot grotere ijskristallen die cellen en/of organen zouden beschadigen.
Een goed gekarakteriseerde AFP van een kever is TmAFP (zie figuur 1). AFP's van andere kevers lijken hierop: karakteristiek zijn de windingen van telkens 12 aminozuren. De aminozuurvolgorde van iedere winding kan worden weergegeven met de codering TCTxSxxCxxAx. In deze codering wordt elk aminozuur weergegeven met één letter (zie Binas-tabel 67H) en is een x gebruikt voor een willekeurig aminozuur.

figuur 1
schematische weergave van een gedeelte van TmAFP



4p **1** Geef het gedeelte ~ TCT ~ in een structuurformule weer en geef weer hoe een molecuul water aan dit gedeelte gebonden zit.

In de zich vormende AFP worden tussen de SH groepen van opeenvolgende cysteïne-eenheden covalente bindingen gevormd, de zogeheten zwavelbruggen. Deze reactie is een redoxreactie, die hieronder onvolledig is weergegeven.

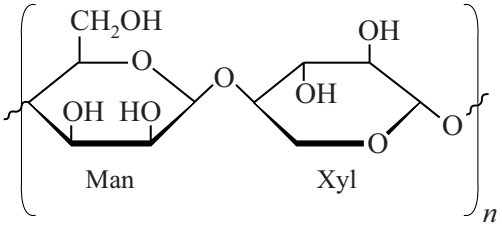


2p **2** Leg uit of voor de vorming van de zwavelbruggen de SH groepen met een oxidator of met een reductor moeten reageren.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Mechanisme 2: ijs-bindende suikers
Behalve de ijs-bindende eiwitten hebben de kevers een tweede beschermingsmechanisme. Op de celmembranen van bepaalde cellen van de kevers bevinden zich moleculen van een polysacharide, waarin de monosachariden mannose (afgekort Man) en xylose (afgekort Xyl) elkaar afwisselen (zie figuur 2). Deze moleculen verhinderen de vorming van ijskristallen tussen de cellen.

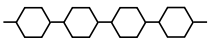
figuur 2



Bij het onderzoek werd de polysacharide onder invloed van een enzym bij pH = 7,5 volledig gehydrolyseerd. De ontstane oplossing bleek het beschermende effect tegen bevriezing niet te bezitten.
Op de uitwerkbijlage is de structuurformule van zo'n polysacharide weergegeven.

3p **3** Geef op de uitwerkbijlage de reactievergelijking in structuurformules van de volledige hydrolyse van deze polysacharide.

In de oplossing die ontstond na de hydrolyse waren ook vrije vetzuren aanwezig. Een onderzoeker vermoedde dat moleculen van de polysacharide veresterd zijn met één of meerdere moleculen van de vetzuren. Hij stelde de volgende hypothese op: "Moleculen van de antivriesstof bevinden zich in de vloeistof buiten de cel. Deze moleculen zijn verankerd in het celmembraan door de staarten van één of meerdere vetzuren."
Op de uitwerkbijlage staat een celmembraan schematisch weergegeven.

2p **4** Geef schematisch op de uitwerkbijlage weer hoe een molecuul van de antivriesstof volgens deze onderzoeker in het celmembraan verankerd is.
Geef het polysacharide-gedeelte weer als  .
Geef het vetzuur-gedeelte weer als .
Geef de verestering weer als .

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Waterstof-brandstofcel

In het eerste waterstof-tankstation van Nederland wordt waterstofgas bij een druk van 700 bar overgepompt in de tank van de auto. De druk wordt zo hoog gehouden omdat de energiedichtheid van de waterstof dan veel hoger is dan wanneer waterstof bij gewone druk zou worden gebruikt.
De energiedichtheid van benzine bij volledige verbranding bedraagt 46 MJ kg^{-1}, wat overeenkomt met $3{,}3 \cdot 10^4$ MJ m^{-3}. Het ontstane water komt hierbij vrij als gas.
De energiedichtheid van waterstof bij 700 bar is hoger dan die van benzine wanneer deze wordt uitgedrukt in MJ kg^{-1}, maar lager wanneer deze wordt uitgedrukt in MJ m^{-3}.

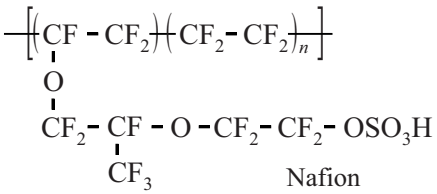
3p **5** Bereken de energiedichtheid van waterstof. Geef je antwoord zowel in MJ kg^{-1} als MJ m^{-3}. Het ontstane water komt vrij als gas.
Het molair volume bedraagt dan $5{,}3 \cdot 10^{-5}$ m^3 mol^{-1}. Neem aan dat onder deze omstandigheden de waardes van de reactiewarmtes uit Binas mogen worden gebruikt.

Als de waterstof door elektrolyse van water wordt bereid, gaat 35% van de toegevoerde elektrische energie verloren. Het energie-rendement van een waterstof-brandstofcel bedraagt gemiddeld 45%. In beide gevallen is het verlies aan energie vooral te wijten aan de ontwikkeling van warmte. Overige rendementsverliezen worden hierbij verwaarloosd. Het totale energie-rendement van de vorming van waterstof uit water, waarna het in een brandstofcel wordt gebruikt, is hierdoor laag.

2p **6** Bereken het totale energie-rendement.

Veel onderzoek richt zich op het membraan dat tussen de elektrodes aanwezig is. Het meest gebruikte membraanmateriaal is Nafion-117. Een molecuul van Nafion is opgebouwd uit twee monomeren. In figuur 1 is een gedeelte uit een molecuul Nafion weergegeven.

figuur 1



Omdat de waarde van n kan variëren, bestaan verschillende typen Nafion. De aanduiding 117 geeft daarom informatie over de structuur van het membraan. De eerste twee cijfers geven aan dat per 1100 gram materiaal één mol sulfonzuurgroepen (~OSO_3H) voorkomt.
Het cijfer 7 geeft informatie over de dikte van het membraan.

3p **7** Bereken de gemiddelde waarde van n voor Nafion-117.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Als Nafion in contact wordt gebracht met water zwelt het materiaal op door opname van water. Door het sterk hydrofiele karakter van de zijketens vormen zich holtes en kanalen in het materiaal. In deze holtes is water aanwezig. De sulfonzuurgroepen die aan het eind van de zijketens van het polymeer aanwezig zijn, steken in de holtes. Deze groepen gedragen zich in water als sterk zuur, waardoor in de holtes H^+ ionen aanwezig zijn.
Het zure karakter van de sulfonzuurgroep wordt onder andere veroorzaakt doordat van de geconjugeerde $R–OSO_3^-$ groep meerdere grensstructuren mogelijk zijn.

4p **8** Geef de Lewisstructuur van de groep $R–OSO_3^-$ en leg uit dat van deze groep meerdere grensstructuren bestaan. Geef in de tekening formele lading(en) aan.
Neem aan dat de covalentie van zwavel 6 is. De overige atomen in de weergegeven Lewisstructuur moeten voldoen aan de oktetregel. Laat hierbij de groep R buiten beschouwing.

Tijdens stroomlevering bewegen gehydrateerde H^+ ionen door het materiaal heen. Door de reacties die in de brandstofcel optreden en de beweging van gehydrateerde H^+ ionen wordt het watergehalte in het membraan beïnvloed. Voor een optimale werking moet het gehalte water in het membraan constant blijven.
De halfreacties aan de elektrodes in een waterstof-brandstofcel zijn hieronder weergegeven.

$H_2 \rightarrow 2\ H^+ + 2\ e^-$ (negatieve elektrode)
$O_2 + 4\ H^+ + 4\ e^- \rightarrow 2\ H_2O$ (positieve elektrode)

De H^+ ionen die aan de negatieve elektrode gevormd zijn, bewegen door het membraan naar de andere elektrode. Uit onderzoek blijkt dat elk H^+ ion gemiddeld 2,7 moleculen water meesleept van de ene kant van het membraan naar de andere kant. Om het watergehalte in het membraan constant te houden moet dus aan de elektrodes water worden aangevoerd dan wel worden afgevoerd.

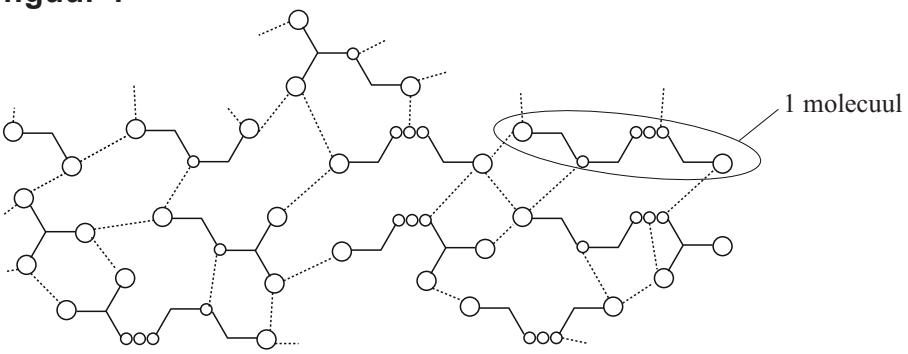
3p **9** Bereken voor beide elektrodes hoeveel gram water moet worden aangevoerd of afgevoerd per gram waterstof die in de cel wordt verbruikt om de hoeveelheid water bij beide elektrodes constant te houden.
Geef je antwoord als volgt weer:
– bij de … elektrode moet … g water worden aangevoerd;
– bij de … elektrode moet … g water worden afgevoerd.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Zelfherstellend rubber

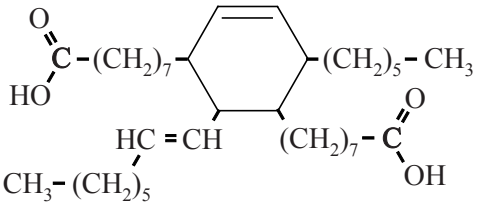
Een groep onderzoekers heeft een elastisch materiaal ontwikkeld met zelfherstellende eigenschappen. Als een elastiekje van dit materiaal wordt doorgesneden, hechten de twee delen bij samendrukken weer aan elkaar. Na afloop is het elastiekje weer net zo sterk en elastisch.
Het materiaal bestaat uit allerlei verschillende moleculen, die elk zijn opgebouwd uit een aantal dezelfde basiseenheden. In figuur 1 is de microstructuur van dit materiaal schematisch weergegeven.

figuur 1



De stippellijnen geven waterstofbruggen weer tussen de verschillende moleculen. Door de vele waterstofbruggen vormen de moleculen een stevige netwerkstructuur, waardoor het materiaal elastische eigenschappen krijgt.
De vorming van het materiaal kan in drie stappen worden weergegeven.
Stap 1: door een additiereactie van twee moleculen van een meervoudig onverzadigd vetzuur wordt een dizuur gevormd.
Het mechanisme van deze additiereactie is hiernaast vereenvoudigd weergegeven.

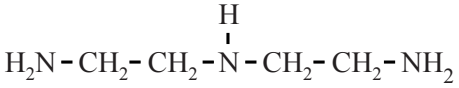
De structuurformule van het dizuur dat volgens deze additiereactie is gevormd, is hieronder weergegeven.



3p **10** Geef de structuurformule van het vetzuur dat als grondstof voor het dizuur is gebruikt. Je hoeft bij de beantwoording geen rekening te houden met eventuele stereo-isomerie.

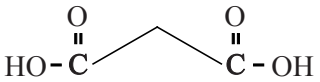
Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Stap 2: men laat het dizuur reageren met diëthyleentriamine (DET) om aan het gevormde dizuur waterstofbrugvormende groepen aan te brengen. De structuurformule van DET is hieronder weergegeven.

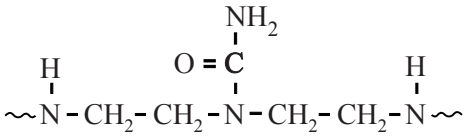


Afhankelijk van de gekozen molverhouding tussen het dizuur en DET worden verschillende producten gevormd.

3p **11** Geef de vergelijking van de reactie wanneer twee moleculen DET reageren met één molecuul van het dizuur. Gebruik structuurformules en geef het dizuur schematisch weer zoals hiernaast.



Stap 3: om nog meer waterstofbrugvormende groepen aan te brengen laat men de in stap 2 gevormde producten reageren met ureum. Atoomgroepen van de eenheden DET vormen atoombindingen met ureum-moleculen, waarbij onder andere atoomgroepen worden gevormd zoals hieronder is weergegeven.



In deze reactie wordt nog een andere stof gevormd.

1p **12** Geef de naam van de andere stof die wordt gevormd als ureum met een eenheid DET reageert. Gebruik Binas-tabel 67J.

Als een stukje van dit materiaal wordt doorgesneden, worden de waterstofbruggen tussen de moleculen aan weerszijden van de snede verbroken. Door de beide zijden tegen elkaar te drukken, komen de waterstofbrugvormende groepen weer met elkaar in contact en worden weer waterstofbruggen gevormd. De mate waarin het materiaal eenvoudig hersteld kan worden, hangt onder andere sterk af van de temperatuur. Bij 23 °C kan nog volledig herstel worden verkregen tot een week na de breuk, bij 40 °C tot 48 uur en bij 90 °C tot 15 minuten.

2p **13** Geef een verklaring op microniveau waarom de tijd waarin het rubber nog hersteld kan worden, afneemt bij hogere temperatuur.

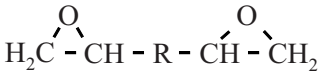
De toepassing van dit materiaal is beperkt tot droge omstandigheden. Als het materiaal onder vochtige omstandigheden beschadigd raakt, is het niet meer mogelijk een breuk te herstellen.

2p **14** Leg uit op microniveau waarom het zelfherstellend vermogen verdwijnt bij vochtige omstandigheden.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

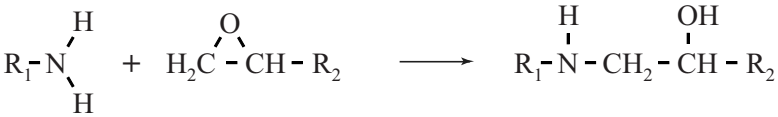
Carbon

Carbon is een composiet samengesteld uit een netwerkpolymeer en koolstofvezels. Het netwerkpolymeer in carbon is een epoxyhars. De epoxyhars wordt gevormd uit twee monomeren: een amine en een zogeheten di-epoxide.
Moleculen van het di-epoxide bevatten aan beide uiteinden een epoxidegroep.



di-epoxide

Wanneer het di-epoxide wordt gemengd met de amine treedt de hieronder weergegeven reactie op.
Met R_1 en R_2 worden de overige delen van de moleculen aangeduid.



De amine treedt hierbij op als een nucleofiel deeltje.
Op de uitwerkbijlage bij deze opgave is de reactie onvolledig weergegeven in twee stappen. In stap 2 verplaatst zich een H atoom.

3p **15** Maak de stappen op de uitwerkbijlage af door ontbrekende elektronenparen en atomen aan te vullen. Gebruik Lewisstructuren.
Geef met pijlen aan hoe elektronenparen zich verplaatsen.
Geef formele ladingen aan.

Een epoxidegroep is op te vatten als een cyclische ethergroep.
Van alle ethers blijken de stoffen met een epoxidegroep in de moleculen veel reactiever te zijn dan de lineaire ethers. De reden hiervoor is dat de bindingshoeken in de ring van een epoxidegroep afwijken van wat de VSEPR-theorie voorspelt. Hierdoor is de activeringsenergie voor het verbreken van de C–O binding in een epoxidegroep veel lager dan bij een lineaire ether.

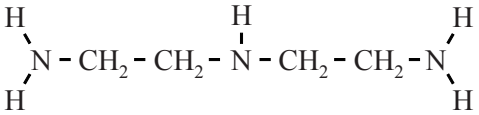
2p **16** Leg uit dat de bindingshoeken in de ring van een epoxidegroep afwijken van wat de VSEPR-theorie voorspelt.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Men streeft ernaar dat in het materiaal geen reactieve groepen meer over zijn. Daarom moeten de ~NH groepen en de epoxidegroepen in een molverhouding 1:1 gemengd worden.
Voor de gebruiker vermelden fabrikanten daarom twee waardes op de verpakking: de EEM en de AHEM. Deze waardes zijn als volgt gedefinieerd:

- EEM: het aantal gram van het di-epoxide per mol epoxidegroepen;
- AHEM: het aantal gram van de amine per mol aan stikstof gebonden waterstofatomen.

Hieronder is de structuur van de veelgebruikte diëthyleentriamine (DET) weergegeven.

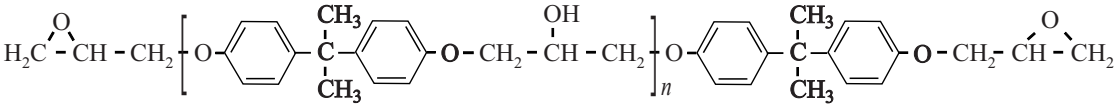


2p **17** Bereken de AHEM voor DET.
Geef je antwoord in twee significante cijfers.

Bij een bereiding van epoxyhars wordt een di-epoxide gebruikt met een EEM van 189 gram en een amine met een AHEM van 15 gram.

2p **18** Bereken hoeveel gram di-epoxide nodig is voor de bereiding van 100 gram van deze epoxyhars.

Omdat de amine-moleculen meerdere reactieve plaatsen hebben, vormen deze crosslinks tussen de moleculen van het di-epoxide.
De structuur van het meest gebruikte di-epoxide voor carbon is hieronder weergegeven. De waarde van n in dit monomeer kan liggen tussen 0 tot 25.



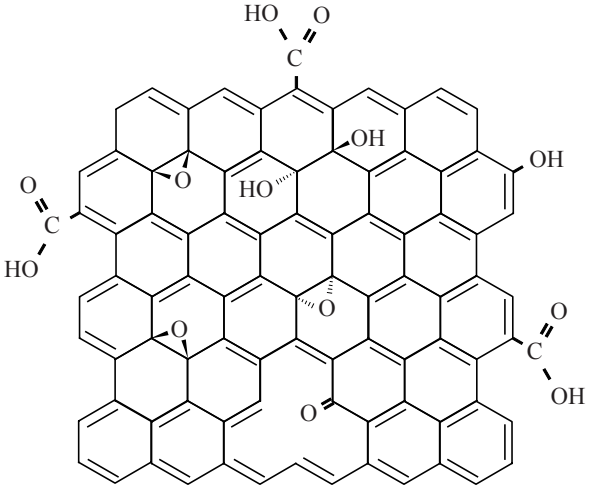
De waarde van n heeft onder meer invloed op de vervormbaarheid van de gevormde epoxyhars.

2p **19** Leg uit dat een grotere waarde van n zal leiden tot een grotere vervormbaarheid van de epoxyhars.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Om een voorwerp van carbon te produceren worden de twee monomeren samen met de koolstofvezels in een mal geperst.
Voor de sterkte van het gevormde carbon is van belang dat de koolstofvezels goed hechten aan de epoxyhars. Op microniveau bestaan de vezels uit meerdere koolstoflaagjes van elk één atoom dik, vergelijkbaar met grafiet (zie Binas-tabel 67E). Dankzij de platte vorm liggen de lagen dicht op elkaar.
Om de hechting met het netwerkpolymeer te verbeteren worden de koolstofvezels voorbehandeld met een oxidator. In figuur 1 is weergegeven hoe een laagje er dan uit kan zien.

figuur 1



2p **20** Leg uit op microniveau waarom deze voorbehandeling van de koolstofvezels leidt tot een betere hechting tussen de koolstofvezels en de hierboven beschreven epoxyhars.

Door deze voorbehandeling blijkt de sterkte van de koolstofvezels zelf af te nemen. Men verklaart dit uit een afname van de onderlinge hechting van de koolstoflaagjes.

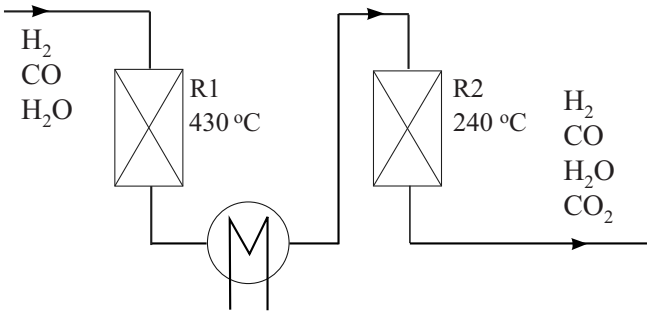
2p **21** Geef een verklaring op microniveau waarom de onderlinge hechting van de koolstoflaagjes afneemt door de voorbehandeling.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Duurzame ammoniak

Ammoniak wordt in Europa vooral geproduceerd uit stikstof en methaan. Methaan treedt in het proces op als energiebron maar ook als bron van waterstofatomen. Om waterstof te produceren uit methaan wordt bij hoge temperatuur en druk methaan in reactie gebracht met water en zuurstof. Hierbij wordt een gasmengsel van CO, H_2O en H_2 verkregen. Om een groot deel van het aanwezige CO te verwijderen, wordt vervolgens in twee reactoren de zogeheten gas-shift reactie uitgevoerd.
In figuur 1 is weergegeven hoe dit deel van het proces wordt uitgevoerd. Zowel in R1 als in R2 is een katalysator aanwezig en heerst een hoge druk.

figuur 1



In beide reactoren treedt onderstaand evenwicht op.

$$CO + H_2O \rightleftharpoons CO_2 + H_2$$

In de gasstroom na R1 bedraagt het volumepercentage CO nog 2-4% en na R2 is er nog 1% CO.

2p **22** Leg uit of de reactie naar rechts van dit evenwicht exotherm of endotherm is.

1p **23** Geef aan welk doel de hogere temperatuur in R1 heeft.

De waterstof afkomstig uit R2 wordt in een aantal stappen afgescheiden van de rest van het gasmengsel. Allereerst wordt water afgescheiden. Daarna wordt CO_2 gescheiden van de overige gassen.

2p **24** Leg uit op welke wijze CO_2 kan worden afgescheiden uit het gasmengsel dat is ontstaan na het verwijderen van water uit het gasmengsel afkomstig van R2.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

De gezuiverde waterstof wordt in een volgende reactor in reactie gebracht met stikstof. Het totaalproces van de productie van ammoniak uit onder andere methaan kan worden weergegeven met onderstaande reactievergelijking (reactie 1):

$$0{,}40\ CH_4 + 0{,}050\ O_2 + 0{,}70\ H_2O + 0{,}50\ N_2 \rightarrow 0{,}40\ CO_2 + 1{,}0\ NH_3$$

Als in een proces deze molverhoudingen worden toegepast, is het proces ongeveer energieneutraal. Dat betekent dat vrijwel geen extra energie nodig is of overtollige warmte ontstaat.

3p **25** Bereken het energie-effect van het totaalproces volgens reactie 1 per mol gevormde ammoniak.
Neem aan dat H_2O in gasvorm aanwezig is. Rond bij deze berekening niet tussentijds af en geef je antwoord in twee significante cijfers.

In de praktijk blijkt dat de meest efficiënte ammoniakfabrieken 25% meer energie nodig hebben dan wat op basis van reactie 1 kan worden berekend. In het proces wordt dan ook 25% meer methaan per mol ammoniak gebruikt. De extra hoeveelheid methaan levert dan de benodigde energie.

3p **26** Geef de vergelijking van reactie 1 voor de praktijksituatie.

De waterstof die nodig is voor de productie van ammoniak kan ook worden verkregen uit andere processen. In tabel 1 is het relatieve energieverbruik weergegeven voor de productie van waterstof uit een aantal grondstoffen.
In de reacties zijn de grondstoffen zware stookolie en nafta weergegeven met de gemiddelde verhouding tussen het aantal C atomen en het aantal H atomen in deze grondstoffen.

tabel 1

grondstof (proces)	**reactie**	**relatief energie-verbruik**
kolen	$C + 2\ H_2O \rightarrow 2\ H_2 + CO_2$	170%
zware stookolie	$CH + 2\ H_2O \rightarrow 2\frac{1}{2}\ H_2 + CO_2$	135%
nafta	$CH_2 + 2\ H_2O \rightarrow 3\ H_2 + CO_2$	104%
aardgas	$CH_4 + 2\ H_2O \rightarrow 4\ H_2 + CO_2$	100%

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Zware stookolie en nafta zijn producten afkomstig van de destillatie van aardolie. Als onvoldoende aardgas beschikbaar is, kan aan de hand van tabel 1 een afweging worden gemaakt tussen de grondstoffen zware stookolie en nafta.

2p **27** Leg uit welke van de twee grondstoffen, zware stookolie of nafta, de voorkeur verdient voor de productie van waterstof. Geef twee argumenten op basis van tabel 1.

Onderzocht is of het mogelijk is om gedroogd houtafval als duurzaam alternatief voor methaan te gebruiken voor de productie van ammoniak. In het onderzoek leverde 2,7 kg houtafval voldoende waterstof voor de productie van 1,0 kg ammoniak. De omzetting van alle koolstof uit het houtafval leidt uiteindelijk tot een CO_2-uitstoot van 3,3 kg CO_2 per kg ammoniak.

2p **28** Laat door berekening zien dat de omzetting van alle koolstof uit het houtafval leidt tot een CO_2-uitstoot van 3,3 kg CO_2 per kg ammoniak.
Gebruik onder andere de volgende gegevens:
- het vochtgehalte van het houtafval bedroeg 35 massa%;
- gedroogd houtafval bevat 51 massa% koolstof.

In het onderzoek is met behulp van modellen berekend dat de CO_2-uitstoot bij de productie van ammoniak uit aardgas 1,9 kg CO_2 per kg ammoniak bedraagt. De productie van ammoniak uit houtafval levert een CO_2-uitstoot van 4,1 kg CO_2 per kg ammoniak.
In de modellen is ook de CO_2-uitstoot die optreedt buiten de ammoniakfabriek opgenomen. Op basis van de gemodelleerde CO_2-uitstoot van beide processen kan worden berekend dat houtafval een lagere bijdrage levert aan het versterkte broeikaseffect dan aardgas.

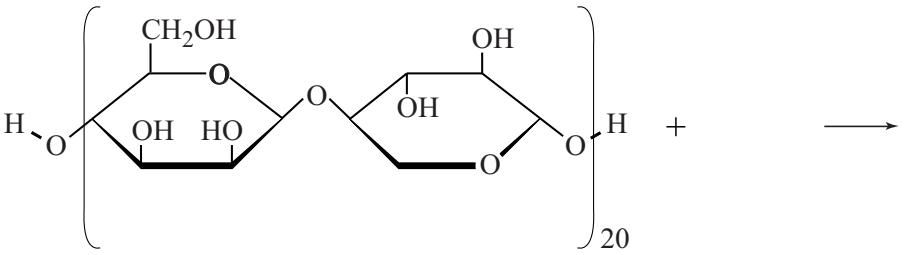
2p **29** Voer de volgende opdrachten uit:
- Bereken hoeveel kg CO_2 per kg ammoniak netto wordt bespaard door gebruik te maken van houtafval.
- Licht je berekening toe.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

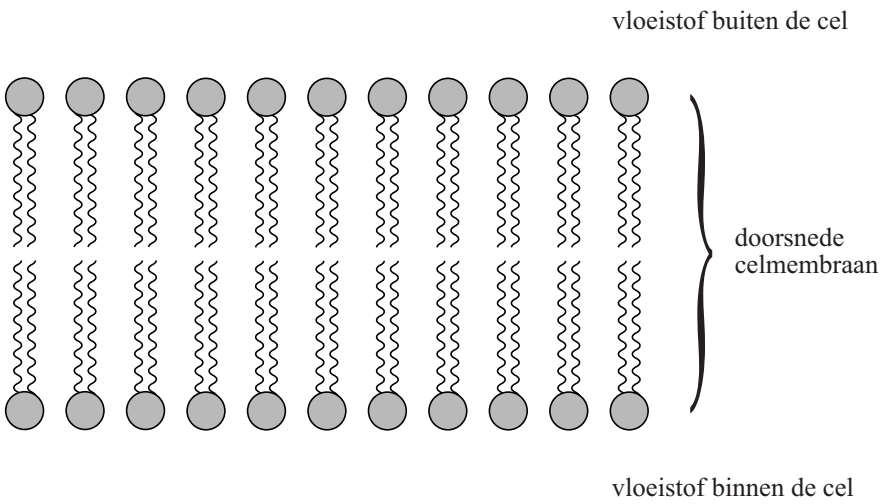
uitwerkbijlage

Naam kandidaat _____ Kandidaatnummer _____

3

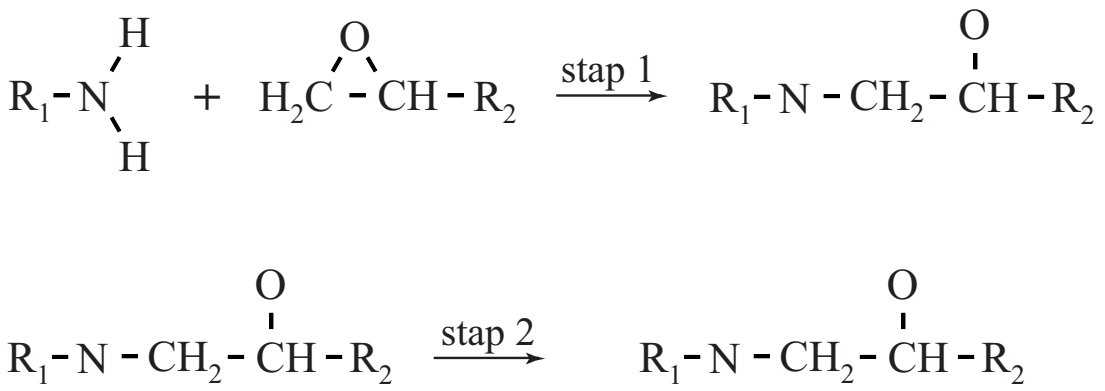


4



Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

15



VERGEET NIET DEZE UITWERKBIJLAGE IN TE LEVEREN

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Examen VWO

2015

tijdvak 1
woensdag 27 mei
13.30 - 16.30 uur

scheikunde

Bij dit examen hoort een uitwerkbijlage.

Dit examen bestaat uit 27 vragen.
Voor dit examen zijn maximaal 70 punten te behalen.
Voor elk vraagnummer staat hoeveel punten met een goed antwoord behaald kunnen worden.

Als bij een vraag een verklaring, uitleg, berekening of afleiding gevraagd wordt, worden aan het antwoord meestal geen punten toegekend als deze verklaring, uitleg, berekening of afleiding ontbreekt.

Geef niet meer antwoorden (redenen, voorbeelden e.d.) dan er worden gevraagd. Als er bijvoorbeeld twee redenen worden gevraagd en je geeft meer dan twee redenen, dan worden alleen de eerste twee in de beoordeling meegeteld.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Stanyl®

Stanyl® is een hittebestendig polymeer dat bij ongeveer 300 °C vloeibaar wordt. Het is een condensatiepolymeer van de monomeren hexaandizuur en 1,4-butaandiamine.
Stanyl® wordt onder andere toegepast in printplaten van computers en mobieltjes. Doordat het pas bij hoge temperatuur vloeibaar wordt, is solderen mogelijk zonder dat de printplaat smelt of krom trekt.

3p **1** Geef een gedeelte van een molecuul Stanyl® in structuurformule weer. Dit gedeelte moet komen uit het midden van het molecuul en bestaan uit één eenheid van elk van beide monomeren.

Het 1,4-butaandiamine wordt in een aantal stappen bereid.
In de laatste stap wordt 1,4-butaandiamine bereid uit waterstof en 1,4-butaandinitril ($N{\equiv}C{-}CH_2{-}CH_2{-}C{\equiv}N$).

3p **2** Bereken hoeveel m^3 waterstof ($T = 298$ K , $p = p_0$) minimaal nodig is om 1,0 ton 1,4-butaandiamine te produceren uit 1,4-butaandinitril.
Een ton is 10^3 kg.

Hexaandizuur wordt bereid door cyclohexanol ($C_6H_{12}O$) te laten reageren met geconcentreerd salpeterzuur. Bij de reactie ontstaan ook salpeterigzuur (HNO_2) en water.

3p **3** Geef de vergelijking van de halfreactie van de omzetting van cyclohexanol tot hexaandizuur. Gebruik molecuulformules. In de vergelijking van de halfreactie komen ook H_2O en H^+ voor.

3p **4** Geef de vergelijking van de halfreactie van salpeterzuur tot salpeterigzuur en leid de vergelijking van de totaalreactie af.

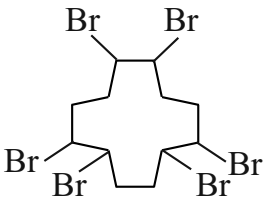
Om het werken met salpeterzuur te vermijden, past men ook een andere methode toe om hexaandizuur te maken. Deze methode is gebaseerd op een reactie van cyclohexeen met waterstofperoxide (H_2O_2). Cyclohexeen reageert hierbij in een molverhouding van 1 : 4 met waterstofperoxide.
Cyclohexeen wordt in een reactor gemengd met een oplossing van 30 massaprocent waterstofperoxide in water.
Bij de gekozen reactieomstandigheden verloopt de reactie met een rendement van 93 procent.

3p **5** Bereken hoeveel ton waterstofperoxide-oplossing met 30 massaprocent H_2O_2 minimaal moet worden gebruikt om 1,0 ton hexaandizuur te maken uit cyclohexeen.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

1,2,5,6,9,10-hexabroomcyclododecaan, verder in de opgave HBCD genoemd, is een veelgebruikte vlamvertrager. Als aan producten HBCD is toegevoegd, wordt voorkomen dat producten snel vlam vatten en wordt de verspreiding van vuur vertraagd. Van HBCD bestaan veel verschillende stereo-isomeren. Een mengsel van drie van deze stereo-isomeren, alfa-, bèta- en gamma-HBCD genoemd, wordt toegepast als vlamvertrager.
In figuur 1 is de structuurformule van HBCD schematisch weergegeven.

figuur 1



Bij de synthese van HBCD vindt een reactie plaats tussen een onverzadigde cyclische koolwaterstofverbinding X en broom in de molverhouding 1 : 3.

2p **6** Geef de schematische structuurformule van verbinding X.
Gebruik een vergelijkbare weergave als in figuur 1.

Als HBCD in oppervlaktewater terecht komt, wordt de stof opgenomen door organismen zoals vissen en door visetende zoogdieren. Omdat HBCD sterk hydrofoob is, hoopt de stof zich op in het vetweefsel van deze dieren. Al bij een geringe vervuiling van het water met HBCD ontstaat zo een veel hogere concentratie HBCD in de vetweefsels van zeezoogdieren. Recent is aangetoond dat het HBCD een schadelijk effect heeft op het immuunsysteem en de voortplanting van zeezoogdieren.
De HBCD-samenstelling, die door de industrie wordt gebruikt, bestaat voor ongeveer 12 massa% uit alfa-HBCD, voor 8 massa% uit bèta-HBCD en voor 78 massa% uit gamma-HBCD. Deze samenstelling vindt men ook terug in het oppervlaktewater.
Zeer verrassend blijkt dat de HBCD-samenstelling in het vetweefsel van zeezoogdieren voor ongeveer 90 massa% uit alfa-HBCD bestaat en voor de rest uit bèta-HBCD en gamma-HBCD.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Voor het relatief veel grotere aandeel van alfa-HBCD in zeezoogdieren in vergelijking met het aandeel alfa-HBCD in het oppervlaktewater kunnen verschillende hypotheses worden opgesteld. Hieronder staan twee van deze hypotheses.

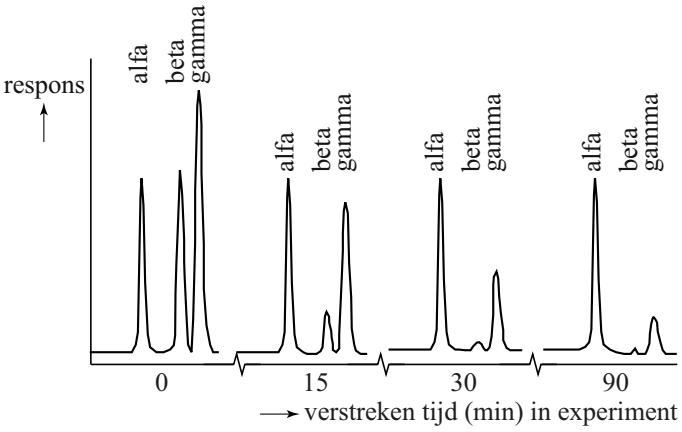
1 Het gamma-HBCD wordt in de lever van de zeezoogdieren via een isomerisatiereactie omgezet in alfa-HBCD.
2 Alfa-HBCD kan niet door de lever van de zeezoogdieren worden afgebroken en gamma-HBCD wel.

In een experiment werden geïsoleerde levercellen van proefdieren blootgesteld aan een oplossing van alfa-, bèta- en gamma-HBCD. Vervolgens werd op vier tijdstippen een monster genomen van het mengsel van de cellen en HBCD. Na het openbreken van de cellen werd met chromatografie bepaald wat de samenstelling van het mengsel van HBCD-isomeren is. Omdat de monsters vele stoffen bevatten, is door de onderzoekers voorafgaand aan het experiment een bepaling uitgevoerd met behulp van chromatografie. Uit de resultaten hiervan konden zij afleiden welke piek in de chromatogrammen van de monsters overeenkomt met alfa-, bèta- of gamma-HBCD.

2p **7** Leg uit welk experiment met behulp van chromatografie de onderzoekers hebben uitgevoerd. Geef aan welk resultaat / welke resultaten ze hebben gebruikt om vast te stellen welke piek afkomstig is van alfa-, bèta- of gamma-HBCD in de chromatogrammen van de monsters.

In figuur 2 zijn de chromatogrammen van de vier monsters uit het experiment in één figuur weergegeven. Op de y-as staat de respons van de detector. Dit is hier een maat voor de hoeveelheid van de betreffende stof.

figuur 2

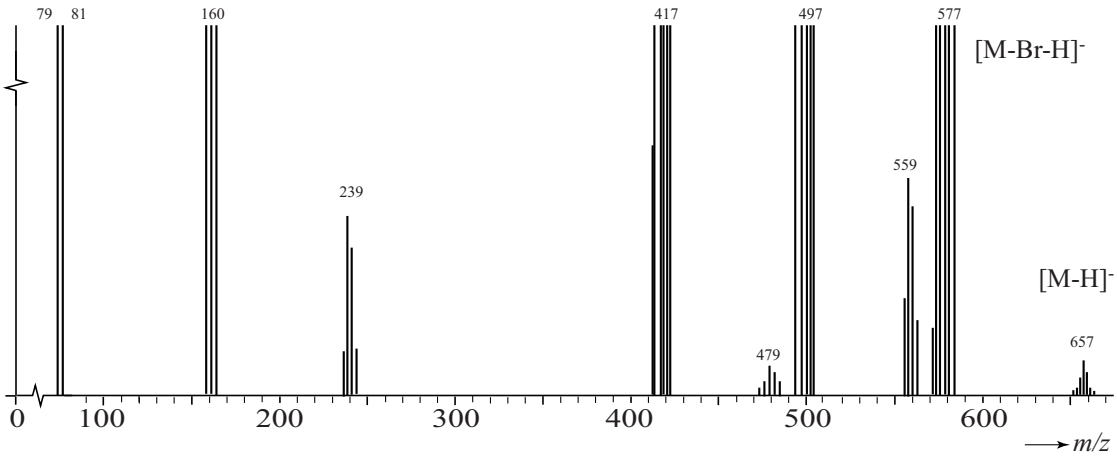


2p **8** Leg voor beide hypotheses uit of de hypothese in overeenstemming is met de resultaten van deze experimenten.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Na afloop van het experiment is uit de levercellen een stof M geïsoleerd. Stof M is door de levercellen gevormd uit HBCD. Het massaspectrum van de stof M is in figuur 3 weergegeven. Met de gebruikte techniek worden uitsluitend negatieve fragmentionen gevormd.
Boven een aantal pieken staat genoteerd aan welk fragmention de piek wordt toegeschreven. Hierbij staat bijvoorbeeld $[M\text{-}H]^-$ voor het negatief geladen fragmention waarbij aan het molecuul van de geïsoleerde stof M één H atoom ontbreekt.
Om kleine pieken zichtbaar te maken, is het spectrum sterk uitvergroot. Hierdoor ontbreekt de schaalverdeling op de *y*-as en zijn er geen verschillen in hoogte te zien bij de hogere pieken.
Waar bundels van pieken voorkomen is de *m/z*-waarde van de middelste piek aangegeven.

figuur 3



Rond *m/z* = 160 worden drie pieken waargenomen. Deze pieken verschillen in hoogte. De pieken zijn afkomstig van ionen Br_2^-.

3p **9** Leg uit dat rond *m/z* = 160 drie pieken aanwezig zijn, afkomstig van ionen Br_2^- en leg uit welke van de drie pieken de hoogste is.
Gebruik Binas-tabel 25.

Op basis van het bovenstaande massaspectrum en de massa van een molecuul HBCD ($C_{12}H_{18}Br_6$) is na te gaan wat de molecuulformule is van de stof M. Van dit reactieproduct is ook bepaald dat de ringstructuur van HBCD behouden is en dat deze stof iets beter oplost in water dan HBCD.

3p **10** Leg uit mede met behulp van figuur 3 wat de molecuulformule is van de stof waarin HBCD is omgezet.

2p **11** Geef aan welke karakteristieke groep mogelijk gevormd is in stof M.
Licht je antwoord toe.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Koolstofdioxide-afvang

Aardgas gewonnen in het Sleipner aardgasveld in het Noorse gedeelte van de Noordzee bevat ongeveer 10 volume% CO_2. Om het aardgas als brandstof te kunnen verkopen aan huishoudens en elektriciteitscentrales is het echter vereist dat het CO_2-gehalte onder de 2,5 volume% ligt. Het CO_2 zal dus gedeeltelijk moeten worden gescheiden (afgevangen) van het aardgas, voordat het verkocht kan worden. Op het aardgasplatform Sleipner West wordt deze scheiding uitgevoerd voordat het aardgas naar de wal wordt getransporteerd.
Voor het afvangen van CO_2 gebruikt men oplossingen van zwakke basen in water. Als CO_2 in contact komt met een dergelijke oplossing, treden twee evenwichtsreacties op. Als eerste zal het CO_2 oplossen in water, volgens evenwicht 1:

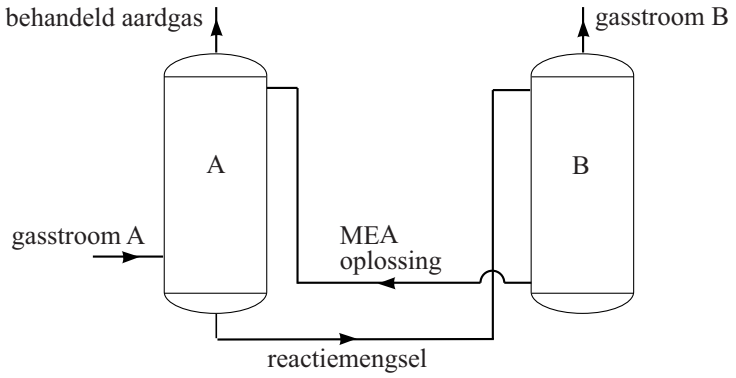
CO_2 (g) $\rightleftarrows$ CO_2 (aq) (evenwicht 1)

Het CO_2 (aq) reageert vervolgens met een zwakke base. Dit is evenwicht 2. De gebruikte zwakke base is MEA (2-amino-ethanol).

3p **12** Geef de vergelijking van de evenwichtsreactie die plaatsvindt wanneer opgelost CO_2 reageert met MEA. Geef de organische verbindingen weer met behulp van structuurformules.

Het afvangen van CO_2 op zee gebeurt met reactoren die naast het aardgasplatform gebouwd zijn. Een vereenvoudigd blokschema van het proces is weergegeven in figuur 1.

figuur 1



In reactor A wordt van onder af het aardgas dat rijk is aan CO_2 (gasstroom A in figuur 1) ingeleid. Van boven naar beneden wordt een oplossing van MEA geleid. MEA en het CO_2 reageren in reactor A bij 65 °C en 100 bar. In reactor A is de reactie naar rechts van evenwicht 2, waarbij opgelost CO_2 reageert met MEA, exotherm. Aan de bovenkant van reactor A bevindt zich de uitstroom van het behandelde aardgas. Het reactiemengsel wordt naar reactor B geleid.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

In reactor B zijn de omstandigheden zo gekozen dat het CO_2 weer als gas vrijkomt. Het CO_2 verlaat samen met enkele andere gassen reactor B aan de bovenkant (gasstroom B in figuur 1). De vloeistofstroom met MEA wordt teruggevoerd naar reactor A.

2p **13** Leg uit of de temperatuur in reactor B hoger of lager moet zijn dan 65 °C om zoveel mogelijk CO_2 in reactor B te laten vrijkomen.

Een sterke base is niet geschikt om in dit proces gebruikt te worden.

3p **14** Leg uit dat een zwakke base geschikt is en leg uit dat een sterke base niet geschikt is om in dit proces te worden gebruikt.

In een folder over dit proces staat een aantal procesgegevens, waaruit kan worden berekend hoeveel procent van het CO_2 wordt afgevangen. Een aantal van die gegevens is weergegeven in de volgende tabel.

	gasstroom A	gasstroom B
hoeveelheid gas (m^3 uur^{-1})	$1{,}7 \cdot 10^4$	$2{,}6 \cdot 10^5$
volume% CO_2	10%	95%
molair gasvolume (m^3 mol^{-1})	$0{,}16 \cdot 10^{-3}$	$27 \cdot 10^{-3}$

3p **15** Bereken aan de hand van bovenstaande gegevens hoeveel procent van het CO_2 dat in het gewonnen aardgasmengsel aanwezig is, wordt afgevangen.

Op het Sleipner platform wordt het afgevangen CO_2 in poreus gesteente in de ondergrond gepompt. In de poriën van het gesteente is zout water aanwezig. Als het CO_2 in een ondergrondse waterlaag gepompt wordt, lost het op en komt in contact met het omringende gesteente. CO_2 reageert met calciumsilicaat ($CaSiO_3$) dat in het omringende gesteente aanwezig is tot siliciumdioxide en opgelost calciumwaterstofcarbonaat.

2p **16** Geef de vergelijking van de reactie van opgelost CO_2 met calciumsilicaat.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Thermoplastisch zetmeel

Thermoplastisch zetmeel (in deze opgave verder TPS genoemd) is een kunststof die onder andere als verpakkingsmateriaal voor groenten wordt gebruikt. TPS wordt bereid uit aardappelzetmeel, water en een weekmaker. In een extruder wordt het zetmeel grondig gemengd met water en de weekmaker. De gemiddelde molaire massa van zetmeel neemt hierbij door hydrolyse af van $3{,}7 \cdot 10^{7}$ g mol^{-1} tot $1{,}9 \cdot 10^{6}$ g mol^{-1} in TPS. Het gevormde TPS kan worden gesmolten en verwerkt.

2p **17** Bereken het gemiddelde aantal monomeereenheden in een molecuul zetmeel met een gemiddelde molaire massa van $3{,}7 \cdot 10^{7}$ g mol^{-1}.
Ga er bij de beantwoording van deze vraag van uit dat zetmeel alleen uit amylose bestaat.

4p **18** Bereken hoeveel gram water wordt verbruikt als 100 g zetmeel wordt omgezet tot TPS.

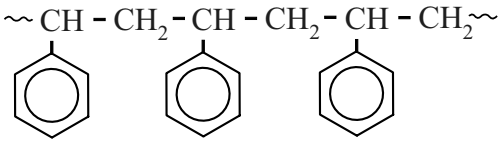
Eén van de weekmakers die in TPS wordt gebruikt, is glycerol (1,2,3-propaantriol). Moleculen glycerol nestelen zich tussen polymeerketens en vormen daar waterstofbruggen mee.
Door de aanwezigheid van glycerol tussen de polymeerketens is TPS beter te vervormen dan zetmeel met een vergelijkbare ketenlengte.
Een deel van twee polymeerketens van TPS is op de uitwerkbijlage die bij dit examen hoort, weergegeven.

2p **19** Teken op de uitwerkbijlage een molecuul glycerol tussen de twee getekende delen van ketens van TPS. Geef in de tekening met stippellijntjes aan hoe het glycerolmolecuul met waterstofbruggen aan beide ketens is gebonden.

2p **20** Leg uit met behulp van begrippen op deeltjesniveau hoe toevoeging van glycerol aan TPS het polymeer beter te vervormen maakt.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

TPS kan worden toegepast als verpakkingsmateriaal. Veel verpakkingen zijn gemaakt van polystyreen. Hieronder is een gedeelte uit het midden van een polystyreenketen weergegeven.



De uitstoot van CO_2 bij de productie en het gebruik van een bepaald verpakkingsmateriaal is veel lager wanneer TPS wordt toegepast in plaats van polystyreen. Dit verschil wordt onder andere veroorzaakt door een veel groter energieverbruik tijdens de productie van polystyreen uit de grondstof aardolie. Ook in het stadium dat de verpakking als afval wordt weggegooid, is er een verschil. Wanneer polystyreen wordt verbrand, levert dat een veel grotere uitstoot van CO_2 op dan wanneer een even grote massa TPS wordt verbrand.
Bij volledige verbranding van 1,0 kg TPS bedraagt de CO_2-uitstoot 1,6 kg.

2p **21** Geef de vergelijking voor de volledige verbranding van polystyreen. Gebruik molecuulformules.

3p **22** Bereken hoeveel procent de theoretische besparing in CO_2-uitstoot bij volledige verbranding is wanneer men 1,0 kg polystyreen vervangt door 1,0 kg TPS.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Arseenbacterie

Het Searlesmeer in Californië is een basisch en extreem zout meer. Het meer bevat bovendien hoge concentraties arseenverbindingen die voor de meeste levende organismen zeer giftig zijn. Veel arseenverbindingen verstoren onder andere de energiehuishouding van cellen en reageren met eiwitten.
Giftige arseenverbindingen bevatten de groep ~As=O. Eén ~As=O groep reageert met twee SH groepen in een eiwit. Hierbij vormt het As atoom atoombindingen met twee S atomen en wordt nog één andere stof gevormd. Het eiwit verliest hierdoor zijn functie.

4p **23** Geef de vergelijking in structuurformules van de reactie van de groep ~As=O met het eiwitfragment ~ Cys – Ala – Cys ~.

1p **24** Geef een verklaring waarom het eiwit zijn functie verliest.

In het Searlesmeer leven bacteriën die zich hebben aangepast aan het leven in een omgeving waarin veel arseenverbindingen aanwezig zijn. Een bacterie in deze zoutrijke omgeving heeft veel energie nodig om zijn waterhuishouding in stand te houden. Deense onderzoekers hebben een bacterie gevonden in het Searlesmeer die de in het meer aanwezige arsenaten gebruikt voor zijn energievoorziening. Met arsenaten worden de ionen aangeduid die ontstaan als H_3AsO_4 één of meer H^+ ionen afsplitst. De pH in het Searlesmeer bedraagt 9,80. Bij deze pH is vrijwel uitsluitend monowaterstofarsenaat $HAsO_4^{2-}$ aanwezig. Van de andere arsenaten is de concentratie arsenaat AsO_4^{3-} het hoogst.

3p **25** Bereken de verhouding waarin AsO_4^{3-} en $HAsO_4^{2-}$ voorkomen bij pH = 9,80 (T = 298 K). Maak gebruik van Binas-tabel 49.
Geef je antwoord weer als $[AsO_4^{3-}] : [HAsO_4^{2-}] = \ldots : \ldots$

De onderzoekers formuleerden de hypothese dat de bacterie met behulp van monowaterstofarsenaat energie kan halen uit organische verbindingen. Ze hebben hiertoe onderzocht of de bacteriën in staat zijn monowaterstofarsenaat om te zetten tot diwaterstofarseniet ($H_2AsO_3^-$) met lactaat ($C_3H_5O_3^-$) als organische verbinding. Ze vermoedden dat hierbij de volgende reactie verloopt:

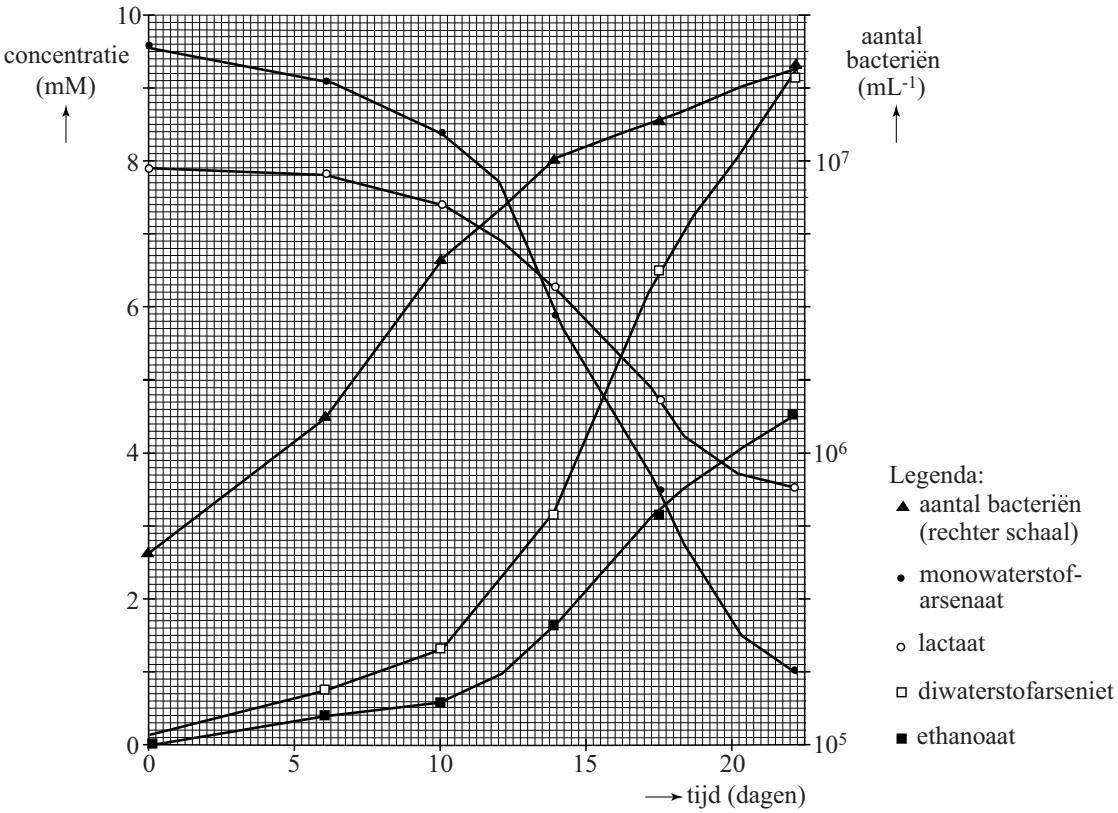
$$C_3H_5O_3^- + 2\ HAsO_4^{2-} + H_2O \rightarrow CH_3COO^- + HCO_3^- + 2\ H_2AsO_3^- + OH^-$$

3p **26** Geef de vergelijking van de halfreactie voor de omzetting van monowaterstofarsenaat tot diwaterstofarseniet. In de vergelijking van deze halfreactie komen ook OH^- en H_2O voor.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

In een laboratorium werden de zoutconcentraties van het Searlesmeer zo exact mogelijk nagebootst. Hiervoor werd een oplossing gemaakt die onder andere 3,1 M $NaCl$, 0,25 M Na_2CO_3 en 0,060 M $NaHCO_3$ bevatte. De pH van de oplossing werd hierna met zoutzuur op 9,80 gebracht. Aan deze oplossing werden de bacteriën, de arseenverbindingen en lactaat ($C_3H_5O_3^-$) toegevoegd. De onderzoekers bepaalden op verschillende tijdstippen de concentraties van het lactaat, ethanoaat, arsenaat en arseniet. Ook werd het aantal bacteriën per mL van deze oplossing bepaald. De resultaten zijn weergegeven in figuur 1. Op de linker *y*-as staat de concentratie van de onderzochte deeltjes uitgezet; op de rechter *y*-as het aantal bacteriën per mL oplossing.

figuur 1



Uit figuur 1 is af te leiden dat de reactiesnelheid waarmee monowaterstofarsenaat en lactaat worden omgezet tot ethanoaat en diwaterstofarseniet, gedurende de eerste 10 dagen laag was. Na verloop van tijd nam de snelheid toe en tegen het eind van het experiment nam de snelheid weer af. De temperatuur werd bij dit experiment constant gehouden.

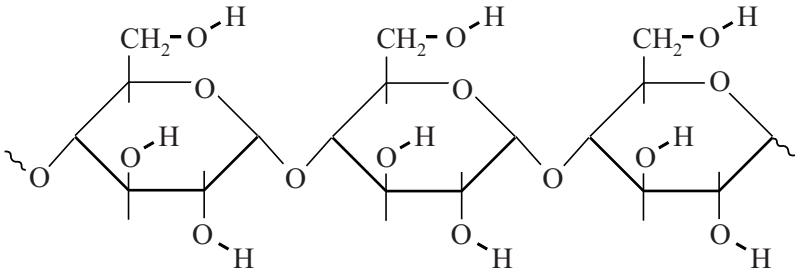
2p **27** Geef een mogelijke verklaring voor het verloop van de reactiesnelheid. Noteer je antwoord als volgt:
- De reactiesnelheid nam toe omdat ....
- Aan het eind nam de reactiesnelheid af omdat ....

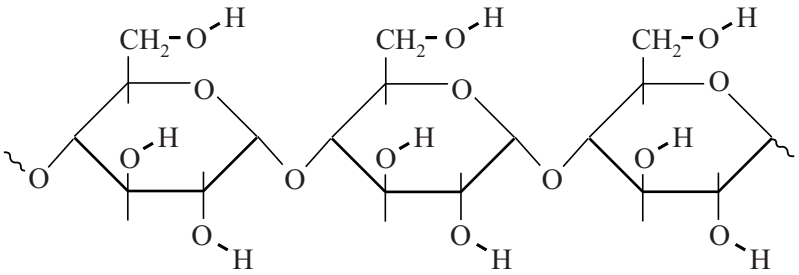
Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

uitwerkbijlage

Naam kandidaat _____ Kandidaatnummer _____

19





VERGEET NIET DEZE UITWERKBIJLAGE IN TE LEVEREN

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Examen VWO

2015

tijdvak 1
woensdag 27 mei
13.30 - 16.30 uur

scheikunde (pilot)

Bij dit examen hoort een uitwerkbijlage.

Dit examen bestaat uit 29 vragen.
Voor dit examen zijn maximaal 69 punten te behalen.
Voor elk vraagnummer staat hoeveel punten met een goed antwoord behaald kunnen worden.

Als bij een vraag een verklaring, uitleg, berekening of afleiding gevraagd wordt, worden aan het antwoord meestal geen punten toegekend als deze verklaring, uitleg, berekening of afleiding ontbreekt.

Geef niet meer antwoorden (redenen, voorbeelden e.d.) dan er worden gevraagd. Als er bijvoorbeeld twee redenen worden gevraagd en je geeft meer dan twee redenen, dan worden alleen de eerste twee in de beoordeling meegeteld.

VW-1028-f-15-1-o

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

De grondstoffen van stanyl®

Stanyl® is een hittebestendig polymeer dat bij ongeveer 300 °C vloeibaar wordt. Het is een condensatiepolymeer van de monomeren hexaandizuur en 1,4-butaandiamine. Het 1,4-butaandiamine wordt in een aantal stappen bereid. In de laatste stap wordt 1,4-butaandiamine bereid uit waterstof en 1,4-butaandinitril ($N{\equiv}C{-}CH_2{-}CH_2{-}C{\equiv}N$).

3p **1** Bereken hoeveel m^3 waterstof (T = 298 K , $p = p_0$) minimaal nodig is om 1,0 ton 1,4-butaandiamine te produceren uit 1,4-butaandinitril.
Een ton is 10^3 kg.

Hexaandizuur kan op meerdere manieren worden bereid. De bereiding van hexaandizuur door cyclohexanol ($C_6H_{12}O$) te laten reageren met geconcentreerd salpeterzuur noemen we in deze opgave proces 1.
De halfreactie van het salpeterzuur is hieronder gegeven.

$$NO_3^- + 3\,H^+ + 2e^- \rightarrow HNO_2 + H_2O$$

3p **2** Geef de vergelijking van de halfreactie van de omzetting van cyclohexanol tot hexaandizuur. Gebruik molecuulformules. In de vergelijking van de halfreactie komen ook H_2O en H^+ voor.

2p **3** Leid met behulp van beide halfreacties de vergelijking van de totaalreactie voor proces 1 af.

In proces 1 wordt HNO_2 gevormd. Deze stof ontleedt bij de procesomstandigheden tot onder andere NO. De atoomefficiëntie (atoomeconomie) van proces 1 bedraagt 41,49%.
Een andere methode om hexaandizuur te maken (proces 2) is de reactie van cyclohexeen met waterstofperoxide (H_2O_2). Cyclohexeen reageert hierbij in een molverhouding van 1 : 4 met waterstofperoxide. Behalve hexaandizuur ontstaat hierbij alleen water.

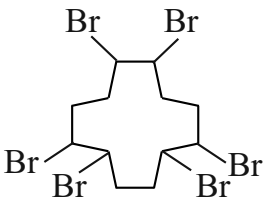
3p **4** Bereken de atoomefficiëntie (atoomeconomie) van proces 2.

2p **5** Geef twee argumenten die gebruikt kunnen worden als een keuze tussen proces 1 en 2 moet worden gemaakt.
Geef argumenten gebaseerd op informatie uit deze opgave en/of Binas-tabel 97A.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

1,2,5,6,9,10-hexabroomcyclododecaan, verder in de opgave HBCD genoemd, is een veelgebruikte vlamvertrager. Als aan producten HBCD is toegevoegd, wordt voorkomen dat producten snel vlam vatten en wordt de verspreiding van vuur vertraagd. Van HBCD bestaan veel verschillende stereo-isomeren. Een mengsel van drie van deze stereo-isomeren, alfa-, beta- en gamma-HBCD genoemd, wordt toegepast als vlamvertrager.
In figuur 1 is de structuurformule van HBCD schematisch weergegeven.

figuur 1



Bij de synthese van HBCD vindt een reactie plaats tussen een onverzadigde cyclische koolwaterstofverbinding X en broom in de molverhouding 1:3.

2p **6** Geef de schematische structuurformule van verbinding X.
Gebruik een vergelijkbare weergave als in figuur 1.

Als HBCD in oppervlaktewater terechtkomt, wordt de stof opgenomen door organismen zoals vissen en door visetende zoogdieren. Omdat HBCD sterk hydrofoob is, hoopt de stof zich op in het vetweefsel van deze dieren. Al bij een geringe vervuiling van het water met HBCD ontstaat zo een veel hogere concentratie HBCD in de vetweefsels van zeezoogdieren. Recent is aangetoond dat het HBCD een schadelijk effect heeft op het immuunsysteem en de voortplanting van zeezoogdieren.
De HBCD-samenstelling, die door de industrie gebruikt wordt, bestaat voor ongeveer 12 massa% uit alfa-HBCD, voor 8 massa% uit bèta-HBCD en voor 78 massa% uit gamma-HBCD. Deze samenstelling vindt men ook terug in het oppervlaktewater.
Zeer verrassend blijkt dat de HBCD-samenstelling in het vetweefsel van zeezoogdieren voor ongeveer 90 massa% uit alfa-HBCD bestaat en voor de rest uit bèta-HBCD en gamma-HBCD.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Voor het relatief veel grotere aandeel van alfa-HBCD in zeezoogdieren in vergelijking met het aandeel alfa-HBCD in het oppervlaktewater kunnen verschillende hypotheses worden opgesteld. Hieronder staan twee van deze hypotheses.

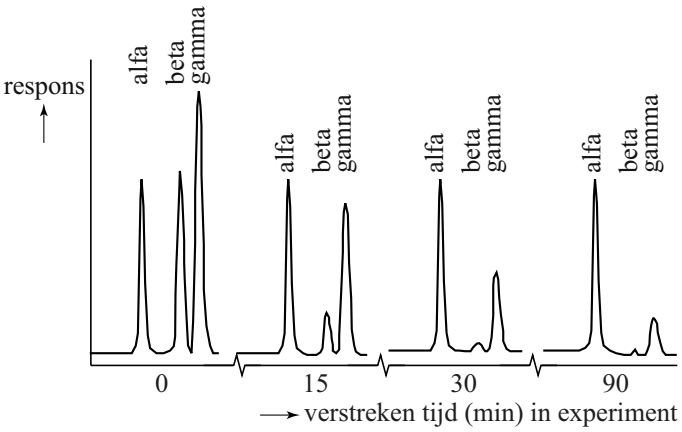
1 Het gamma-HBCD wordt in de lever van de zeezoogdieren via een isomerisatiereactie omgezet in alfa-HBCD.
2 Alfa-HBCD kan niet door de lever van de zeezoogdieren worden afgebroken en gamma-HBCD wel.

In een experiment werden geïsoleerde levercellen van proefdieren blootgesteld aan een oplossing van alfa-, bèta- en gamma-HBCD. Vervolgens werd op vier tijdstippen een monster genomen van het mengsel van de cellen en HBCD. Na het openbreken van de cellen werd met chromatografie bepaald wat de samenstelling van het mengsel van HBCD-isomeren is. Omdat de monsters vele stoffen bevatten, is door de onderzoekers voorafgaand aan het experiment een bepaling uitgevoerd met behulp van chromatografie. Uit de resultaten hiervan konden zij afleiden welke piek in de chromatogrammen van de monsters overeenkomt met alfa-, bèta- of gamma-HBCD.

2p **7** Leg uit welk experiment met behulp van chromatografie de onderzoekers hebben uitgevoerd. Geef aan welk resultaat / welke resultaten ze hebben gebruikt om vast te stellen welke piek afkomstig is van alfa-, bèta- of gamma-HBCD in de chromatogrammen van de monsters.

In figuur 2 zijn de chromatogrammen van de vier monsters uit het experiment in één figuur weergegeven. Op de y-as staat de respons van de detector. Dit is hier een maat voor de hoeveelheid van de betreffende stof.

figuur 2

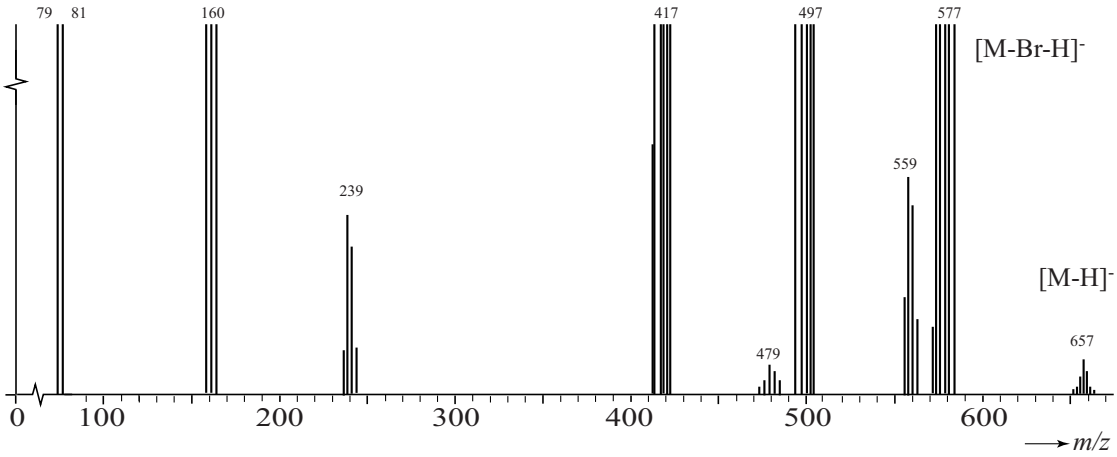


2p **8** Leg voor beide hypotheses uit of de hypothese in overeenstemming is met de resultaten van deze experimenten.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Na afloop van het experiment is uit de levercellen een stof M geïsoleerd. Stof M is door de levercellen gevormd uit HBCD. Het massaspectrum van de stof M is in figuur 3 weergegeven. Met de gebruikte techniek worden uitsluitend negatieve fragmentionen gevormd.
Boven een aantal pieken staat genoteerd aan welk fragmention de piek wordt toegeschreven. Hierbij staat bijvoorbeeld $[M\text{-}H]^-$ voor het negatief geladen fragmention waarbij aan het molecuul van de geïsoleerde stof M één H atoom ontbreekt.
Om kleine pieken zichtbaar te maken, is het spectrum sterk uitvergroot. Hierdoor ontbreekt de schaalverdeling op de y-as en zijn er geen verschillen in hoogte te zien bij de hogere pieken.
Waar bundels van pieken voorkomen is de m/z-waarde van de middelste piek aangegeven.

figuur 3



Rond m/z = 160 worden drie pieken waargenomen. Deze pieken verschillen in hoogte. De pieken zijn afkomstig van ionen Br_2^-.

3p **9** Leg uit dat rond m/z = 160 drie pieken aanwezig zijn, afkomstig van ionen Br_2^- en leg uit welke van de drie pieken de hoogste is.
Gebruik Binas-tabel 25.

Op basis van het bovenstaande massaspectrum en de massa van een molecuul HBCD ($C_{12}H_{18}Br_6$) is na te gaan wat de molecuulformule is van de stof M. Van dit reactieproduct is ook bepaald dat de ringstructuur van HBCD behouden is en dat deze stof iets beter oplost in water dan HBCD.

3p **10** Leg uit mede met behulp van figuur 3 wat de molecuulformule is van de stof waarin HBCD is omgezet.

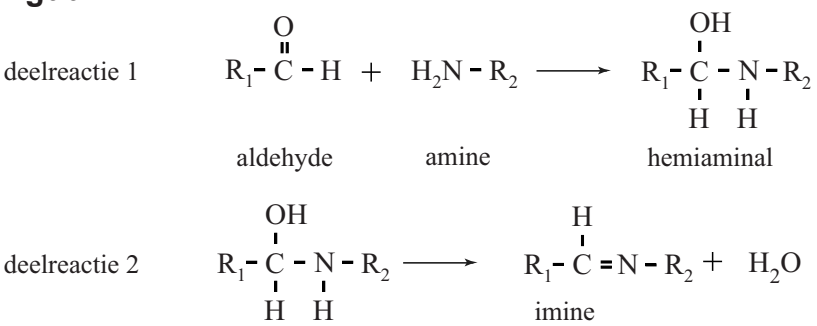
2p **11** Geef aan welke karakteristieke groep mogelijk gevormd is in stof M.
Licht je antwoord toe.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Reactiemechanisme zichtbaar gemaakt

Chemische reacties die uit verschillende deelreacties bestaan, verlopen vaak zo snel dat tussenproducten niet waarneembaar zijn.
Wetenschappers van de Universiteit van Tokio hebben een poreus materiaal ontwikkeld, waarin de moleculen van een stof kunnen worden ‘opgesloten’. In dit materiaal verlopen de betrokken deelreacties zo traag dat de structuur van de moleculen van de tussenproducten onderzocht kan worden.
De onderzoekers hebben deze aanpak gebruikt om de reactie die in figuur 1 is weergegeven te onderzoeken. In deze reactie wordt uit een aldehyde en een amine een zogeheten imine gevormd. Van deze reactie was al bekend dat deze in twee deelreacties verloopt. Het tussenproduct was echter nog nooit waargenomen.

figuur 1

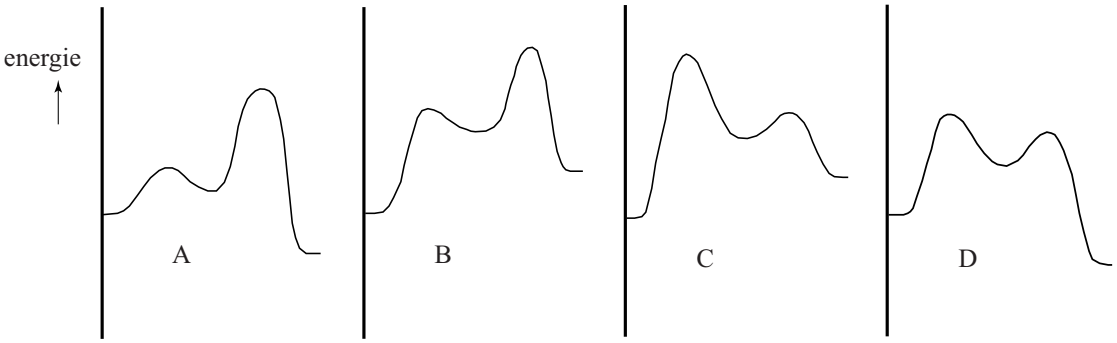


R_1 en R_2 staan in figuur 1 voor koolstofketens. De stof met de algemene benaming hemiaminal is het tussenproduct.

3p **12** Geef de structuurformule van het gevormde imine dat via deelreacties 1 en 2 ontstaat uit de stoffen propanal en 2-propaanamine.

Omdat deelreactie 2 veel sneller verloopt dan deelreactie 1, bestaat het hemiaminal heel kort en was daardoor moeilijk aan te tonen. De totale reactie (deelreactie 1 en 2 samen) is exotherm.
In figuur 2 zijn vier energiediagrammen voor reactiemechanismen die uit twee deelreacties bestaan, schematisch weergegeven.

figuur 2



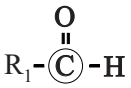
Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

2p **13** Leg uit welk energiediagram uit figuur 2 het beste past bij het reactiemechanisme van de vorming van een imine.

Om de reactie te onderzoeken maakten de onderzoekers een poreus materiaal, opgebouwd uit grote moleculen die elk één NH_2 groep bevatten. De NH_2 groepen bevinden zich in holtes van het materiaal. Ze brachten het materiaal in contact met ethanal, waardoor hemiaminal-groepen werden gevormd. Omdat de hemiaminal-groepen zich in de holtes van het materiaal bevinden, worden ze afgeschermd van de omgeving en kan deelreactie 2 pas bij hogere temperatuur verlopen.
De onderzoekers volgden de volgende vijf stappen.

1 Het poreuze materiaal werd bij een temperatuur van 215 K in contact gebracht met ethanal. Hierbij verliep deelreactie 1 volledig.
2 De temperatuur werd vervolgens verlaagd tot 90 K.
3 Het gevormde tussenproduct werd geanalyseerd met behulp van röntgenonderzoek.
4 Na het onderzoek werd de temperatuur verhoogd tot 270 K. Hierbij verliep deelreactie 2 volledig.
5 Het gevormde eindproduct werd geanalyseerd met behulp van röntgenonderzoek.

Dat in stap 1 inderdaad een hemiaminal gevormd was, kon aannemelijk worden gemaakt met behulp van röntgenonderzoek. Met röntgenonderzoek kan namelijk de grootte van bindingshoeken tussen atoombindingen worden onderzocht.
Uit het röntgenonderzoek in stap 3 bleek dat de bindingshoeken van het hiernaast omcirkelde C atoom met andere atomen tijdens de reactie waren veranderd.



Uit het röntgenonderzoek in stap 5 bleek dat deze bindingshoeken opnieuw waren veranderd. De onderzoekers zagen hierin een aanwijzing dat na stap 1 het hemiaminal aanwezig was.

2p **14** Leg uit waarom deze veranderingen van bindingshoeken rond het omcirkelde C atoom een aanwijzing zijn voor de vorming van het hemiaminal. Noem in je antwoord de grootte van de bindingshoeken rond het omcirkelde C atoom:
– vóór de vorming van het hemiaminal;
– nadat het hemiaminal is gevormd;
– nadat er een imine is gevormd.

Het aantonen van het hemiaminal in stap 3 was een doorbraak voor de Japanse onderzoekers. Toch vonden ze het noodzakelijk om ook stap 4 en 5 uit te voeren.

2p **15** Leg uit voor stap 4 én voor stap 5 waarom deze stappen noodzakelijk zijn om vast te kunnen stellen dat het aangetoonde hemiaminal een tussenproduct is in de vorming van een imine.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Thermoplastisch zetmeel

Thermoplastisch zetmeel (in deze opgave verder TPS genoemd) is een kunststof die onder andere als verpakkingsmateriaal voor groenten wordt gebruikt. TPS wordt bereid uit aardappelzetmeel, water en een weekmaker. In een extruder wordt het zetmeel grondig gemengd met water en de weekmaker. De gemiddelde molaire massa van zetmeel neemt hierbij door hydrolyse af van $3{,}7 \cdot 10^{7}$ g mol^{-1} tot $1{,}9 \cdot 10^{6}$ g mol^{-1} in TPS. Het gevormde TPS kan worden gesmolten en verwerkt.

2p **16** Bereken het gemiddelde aantal monomeereenheden in een molecuul zetmeel met een gemiddelde molaire massa van $3{,}7 \cdot 10^{7}$ g mol^{-1}.
Ga er bij de beantwoording van deze vraag van uit dat zetmeel alleen uit amylose bestaat.

4p **17** Bereken hoeveel gram water wordt verbruikt als 100 g zetmeel wordt omgezet tot TPS.

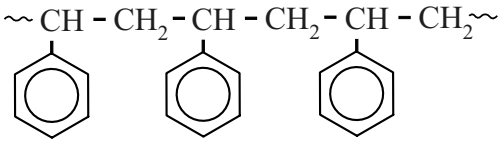
Eén van de weekmakers die in TPS wordt gebruikt, is glycerol (1,2,3-propaantriol). Moleculen glycerol nestelen zich tussen polymeerketens en vormen daar waterstofbruggen mee.
Door de aanwezigheid van glycerol tussen de polymeerketens is TPS beter te vervormen dan zetmeel met een vergelijkbare ketenlengte.
Een deel van twee polymeerketens van TPS is op de uitwerkbijlage die bij dit examen hoort, weergegeven.

2p **18** Teken op de uitwerkbijlage een molecuul glycerol tussen de twee getekende delen van ketens van TPS. Geef in de tekening met stippellijntjes aan hoe het glycerolmolecuul met waterstofbruggen aan beide ketens is gebonden.

2p **19** Leg uit met behulp van begrippen op deeltjesniveau hoe toevoeging van glycerol aan TPS het polymeer beter te vervormen maakt.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

TPS kan worden toegepast als verpakkingsmateriaal. Veel verpakkingen zijn gemaakt van polystyreen. Hieronder is een gedeelte uit het midden van een polystyreenketen weergegeven.



De uitstoot van CO_2 bij de productie en het gebruik van een bepaald verpakkingsmateriaal is veel lager wanneer TPS wordt toegepast in plaats van polystyreen. Dit verschil wordt onder andere veroorzaakt door een veel groter energieverbruik tijdens de productie van polystyreen uit de grondstof aardolie. Ook in het stadium dat de verpakking als afval wordt weggegooid, is er een verschil. Wanneer polystyreen wordt verbrand, levert dat een veel grotere uitstoot van CO_2 op dan wanneer een even grote massa TPS wordt verbrand.
Bij volledige verbranding van 1,0 kg TPS bedraagt de CO_2-uitstoot 1,6 kg.

2p **20** Geef de vergelijking voor de volledige verbranding van polystyreen. Gebruik molecuulformules.

3p **21** Bereken hoeveel procent de theoretische besparing in CO_2-uitstoot bij volledige verbranding is wanneer men 1,0 kg polystyreen vervangt door 1,0 kg TPS.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Bacteriën vullen betonscheuren

Beton wordt gemaakt uit cement, water, zand en grind. Het cement gaat een reactie aan met water, waardoor onder andere calciumhydroxide ($Ca(OH)_2$) ontstaat. Er ontstaat een hard materiaal. Door een overmaat aan water bevat beton ook met water gevulde poriën. De poriën in beton bevatten onder andere een verzadigde oplossing van calciumhydroxide. Er stelt zich het volgende evenwicht in:

$$Ca(OH)_2 \rightleftarrows Ca^{2+} + 2\ OH^- \qquad \text{(evenwicht 1)}$$

2p **22** Geef de evenwichtsvoorwaarde van evenwicht 1.

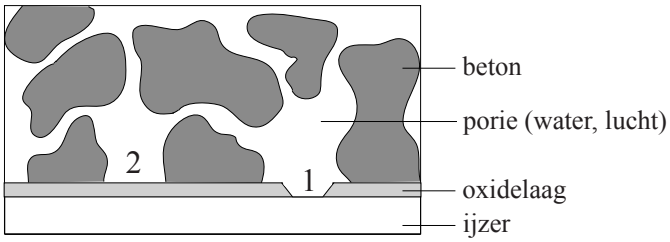
3p **23** Bereken de pH van dit poriewater (T = 298 K). Neem aan dat alleen het opgeloste calciumhydroxide de pH bepaalt.
Gebruik Binas-tabel 46; de onder K_s gegeven waardes zijn de waardes voor de betreffende evenwichtsconstantes.

Beton wordt meestal voorzien van een wapening. Dat is een netwerk van ijzeren staven. Bij gewapend beton kunnen kleine scheuren in het materiaal al snel negatieve gevolgen hebben. Via deze kleine scheuren kan namelijk lucht binnendringen. Uit lucht afkomstig CO_2 reageert met de oplossing van $Ca(OH)_2$ tot onder andere calciumcarbonaat. Deze vorming van calciumcarbonaat wordt carbonatatie genoemd.

3p **24** Geef de reactievergelijking voor carbonatatie.

De ijzeren staven in de wapening zijn aan de buitenzijde omgeven door een oxidelaag. Bij hoge pH beschermt deze oxidelaag de ijzeren staven tegen roest. Doordat CO_2 door beton wordt opgenomen kan plaatselijk de pH dalen tot onder pH = 8. Bij deze omstandigheden is de beschermende oxidelaag niet meer stabiel en begint de corrosie van het betonijzer.
In figuur 1 is schematisch een stuk gewapend beton weergegeven. Als de oxidelaag van een staaf is aangetast, komt het ijzer in contact met het poriewater. Door de aanwezigheid van zuurstof en water in de poriën ontstaat dan een elektrochemische cel. In figuur 1 zijn met 1 en 2 de plaatsen aangegeven waar de halfreacties van de elektrochemische cel verlopen.

figuur 1



Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

De oxidelaag is doorlaatbaar voor elektronen, maar niet voor ionen.

2p **25** Geef de vergelijkingen van de beide halfreacties die plaatsvinden wanneer het ijzer van de wapening reageert met water en zuurstof.

2p **26** Geef aan welke halfreactie(s) verloopt (verlopen) bij 1 en welke bij 2 in figuur 1. Licht je antwoord toe.

De dichtheid van de producten van de aantasting van de wapening is lager dan de dichtheid van ijzer. Hierdoor zet de wapening uit en worden de kleine scheuren in het beton groter. Het beton verliest dan snel zijn sterkte. Om verlies van sterkte van het beton te voorkomen, moeten betonscheuren worden opgevuld. Het beton verkrijgt daarmee weer de oorspronkelijke sterkte.
Een onderzoeksteam uit Gent onderzoekt of bacteriën die calciumcarbonaat produceren deze scheuren kunnen vullen.
In het beton worden glazen reparatiebuisjes verwerkt. De buisjes zijn in groepjes van drie aan elkaar gelijmd. Ze bevatten elk andere stoffen:

1 buisje 1 bevat een oplossing van bacteriën in water;
2 buisje 2 bevat een prepolymeer, dit is een polymeer met korte ketens;
3 buisje 3 bevat een polymerisatie-versneller en een oplossing van ureum en $Ca(NO_3)_2$ in water.

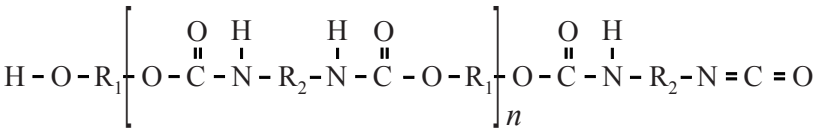
Als ergens een scheur in het beton ontstaat, breken de buisjes open. Het prepolymeer komt zo in contact met de polymerisatie-versneller en water. Het prepolymeer polymeriseert waarbij een schuim wordt gevormd dat de bacteriën beschermt tegen de hoge pH van het beton. De bacteriën voeden zich met het ureum en scheiden carbonaationen uit. Deze carbonaationen vormen samen met de calciumionen uit het derde buisje calciumcarbonaat. Een scheur wordt op deze wijze opgevuld met calciumcarbonaat.

Let op: de laatste vragen van dit examen staan op de volgende pagina.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

In figuur 2 is een molecuul van het gebruikte prepolymeer weergegeven. In de structuurformule worden met R_1 en R_2 koolwaterstofketens aangeduid.

figuur 2



Het prepolymeer is een ketenpolymeer en wordt gevormd door polyadditie van een stof X en een stof met twee alcoholgroepen.

2p **27** Geef de structuurformule van stof X.
Maak gebruik van de notatie R_1 en/of R_2.

Als het prepolymeer reageert met water wordt eerst aan de moleculen van het prepolymeer één $\sim NH_2$ groep gevormd aan het rechter uiteinde van elk molecuul (zie figuur 2). Tevens komt hierbij een stof Y vrij.
Door vervolgreacties wordt uiteindelijk een netwerkpolymeer gevormd.
Er vormt zich een luchtig polymeerschuim dat de scheuren in het beton opvult. De bacteriën vullen vervolgens de holtes van het gevormde schuim met calciumcarbonaat.

2p **28** Geef de formule van stof Y en leg uit waarom stof Y zorgt voor de vorming van een schuim.

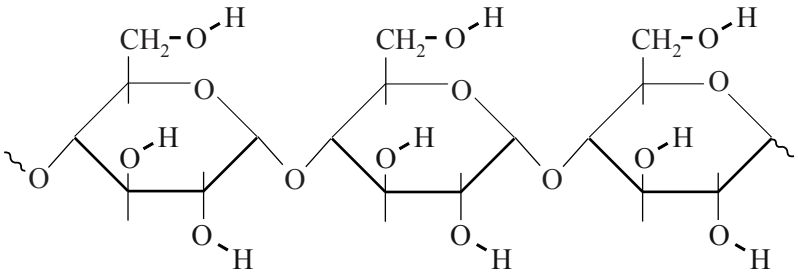
2p **29** Leg uit waarom minimaal drie buisjes gebruikt moeten worden.

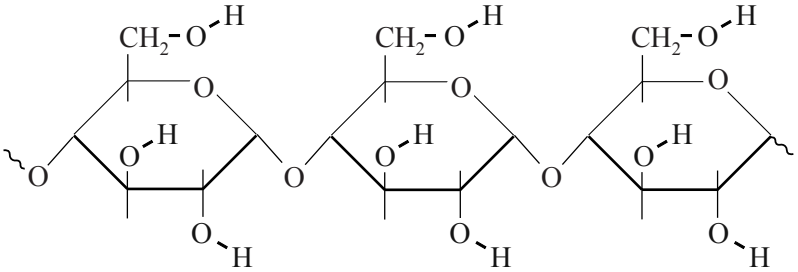
Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

uitwerkbijlage

Naam kandidaat _____ Kandidaatnummer _____

18





VERGEET NIET DEZE UITWERKBIJLAGE IN TE LEVEREN

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Examen VWO

2015

tijdvak 2
woensdag 17 juni
13.30 - 16.30 uur

scheikunde

Bij dit examen hoort een bijlage.

Dit examen bestaat uit 27 vragen.
Voor dit examen zijn maximaal 67 punten te behalen.
Voor elk vraagnummer staat hoeveel punten met een goed antwoord behaald kunnen worden.

Als bij een vraag een verklaring, uitleg, berekening of afleiding gevraagd wordt, worden aan het antwoord meestal geen punten toegekend als deze verklaring, uitleg, berekening of afleiding ontbreekt.

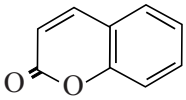
Geef niet meer antwoorden (redenen, voorbeelden e.d.) dan er worden gevraagd. Als er bijvoorbeeld twee redenen worden gevraagd en je geeft meer dan twee redenen, dan worden alleen de eerste twee in de beoordeling meegeteld.

VW-1028-a-15-2-o

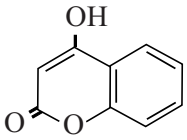
Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Dicoumarol

In de periode 1920-1930 werden verschillende delen van de VS en Canada geteisterd door een veeziekte. Koeien stierven aan inwendige bloedingen. Dierenartsen ontdekten dat bedorven honingklaver die de dieren te eten hadden gekregen, de oorzaak hiervan was. De in de klaver aanwezige coumarine werd omgezet tot 4-hydroxycoumarine.



coumarine

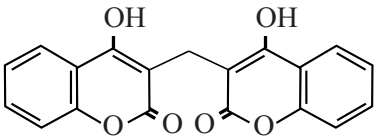


4-hydroxycoumarine

De vorming van 4-hydroxycoumarine uit coumarine is een redoxreactie.

2p **1** Geef de vergelijking van de halfreactie van de omzetting van coumarine tot 4-hydroxycoumarine in structuurformules. In deze vergelijking komen onder andere H^+ en H_2O voor.

In de bedorven klaver reageerde 4-hydroxycoumarine in de molverhouding 2 : 1 met een andere stof tot dicoumarol en water. De stof dicoumarol bleek verantwoordelijk voor de bloedingen.

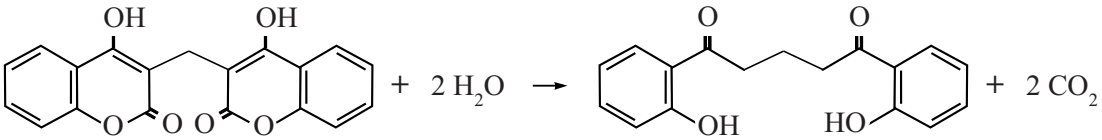


dicoumarol

2p **2** Geef de structuurformule van de stof die met 4-hydroxycoumarine reageert tot dicoumarol en water.

Uit vervolgonderzoek bleek dat dicoumarol geschikt was als geneesmiddel om het ontstaan van bloedstolsels in bloedvaten tegen te gaan. Om inzicht te krijgen in de risico's van het gebruik van dicoumarol is onderzocht welke reacties deze stof in het menselijk lichaam ondergaat. Een onderzoek ging uit van een bekende reactie van dicoumarol met water. Deze reactie is hieronder weergegeven.

reactie van dicoumarol met water



Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

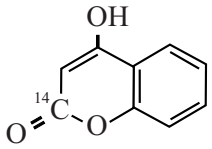
Om te onderzoeken of deze reactie van dicoumarol met water in het lichaam plaatsvindt, werd C-14 dicoumarol bereid. Dit is dicoumarol waarin twee C-14 atomen per molecuul aanwezig zijn. C-14 is radioactief en verbindingen met C-14 kunnen daardoor in een mengsel worden aangetoond. Voor de synthese van C-14 dicoumarol gebruikte men $Ag_2{}^{14}CO_3$ dat in drie reactiestappen werd gevormd uit $Ba^{14}CO_3$. Deze stappen zijn hieronder schematisch weergegeven.

$$Ba^{14}CO_3 \xrightarrow{1} {}^{14}CO_2 \xrightarrow{2} Na_2{}^{14}CO_3 \xrightarrow{3} Ag_2{}^{14}CO_3$$

In stap 1 wordt aan $Ba^{14}CO_3$ een oplossing toegevoegd. Het ontstane ${}^{14}CO_2$ wordt in stap 2 in een andere oplossing geleid.
Aan de oplossing van $Na_2{}^{14}CO_3$ die dan ontstaat, wordt in stap 3 een oplossing toegevoegd waarbij $Ag_2{}^{14}CO_3$ ontstaat.

3p **3** Geef voor elk van deze drie reactiestappen de naam van een stof die (in water opgelost) met de genoemde stof tot het volgende product kan reageren. Noteer je antwoord als volgt:
stap 1: ..... stap 2: ..... stap 3: .....

$Ag_2{}^{14}CO_3$ werd vervolgens gebruikt voor de bereiding van radioactief 4-hydroxycoumarine.
Hiernaast is weergegeven op welke plaats het C-14 atoom zich in het molecuul bevindt.
Het gevormde 4-hydroxycoumarine werd omgezet tot C-14 dicoumarol.
Uit 100 mg $Ba^{14}CO_3$ kon op deze wijze 12,2 mg C-14 dicoumarol worden bereid.



radioactief
4-hydroxycoumarine

4p **4** Bereken het rendement van deze bereiding. Ga er hierbij vanuit dat uit één mol $Ba^{14}CO_3$ maximaal één mol 4-hydroxycoumarine ontstaat.

Wanneer de reactie van dicoumarol met water (zie bladzijde 2, onderaan) in het lichaam zou plaatsvinden, wordt het gevormde koolstofdioxide uitgeademd. Het andere reactieproduct wordt in de lever omgezet tot een stof die in de urine wordt uitgescheiden.
Een muis werd geïnjecteerd met een kleine hoeveelheid C-14 dicoumarol.
Van deze muis werden gedurende 18 uur apart opgevangen:
- de uitgeademde lucht;
- de uitwerpselen;
- de urine.

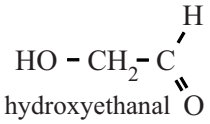
Na afloop bleek de uitgeademde lucht niet radioactief, de uitwerpselen en de urine wel.

2p **5** Leid uit de onderzoeksresultaten af of de reactie van dicoumarol met water in de muis heeft plaatsgevonden.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Leven buiten de Melkweg?

In de zoektocht naar het ontstaan van leven hebben astronomen voor het eerst een koolhydraat ontdekt in een gebied van het heelal waar sterren en mogelijk ook planeten ontstaan.
Het gaat om hydroxyethanal.



De stof is interessant omdat er aanwijzingen zijn dat deze kan reageren tot een groter koolhydraat:
ribose, een belangrijke bouwsteen voor RNA.
Een bekend mechanisme voor de vorming van ribose is een reeks van opeenvolgende reacties, de zogenoemde formosereacties.
In de eerste formosereactie vindt een additiereactie plaats: uit twee methanalmoleculen wordt een molecuul hydroxyethanal gevormd.
In de tweede formosereactie vindt ook een additiereactie plaats, nu tussen methanal en hydroxyethanal. Bij deze additiereactie zijn de aldehydegroepen van beide soorten moleculen betrokken. De moleculen die ontstaan, bezitten twee hydroxylgroepen per molecuul.

1p **6** Geef de vergelijking van de eerste formosereactie in structuurformules.

3p **7** Leg uit hoeveel verschillende producten in de tweede formosereactie kunnen ontstaan.
- Geef de structuurformules van de stoffen die kunnen ontstaan.
- Houd in je uitleg ook rekening met eventuele stereo-isomeren.

De ontdekking van hydroxyethanal in de ruimte was een doorbraak. Wetenschappers waren het er al over eens dat in het heelal methanal voorkomt. Maar kan dit daar ook tot hydroxyethanal reageren?

Aan het einde van de 20ste eeuw passeerde de komeet Hale-Bopp de aarde. Deze komeet bleek behalve veel stoffen met kleine moleculen, zoals water en methanol, ook de stof 1,2-ethaandiol te bevatten. Deze stof is interessant, omdat deze een andere mogelijke verklaring biedt voor het ontstaan van hydroxyethanal.
Onderzoekers uit Connecticut en Florida probeerden aan te tonen dat in de ruimte hydroxyethanal kan ontstaan uit 1,2-ethaandiol.
Ze brachten 1,2-ethaandiol in een reactor onder condities die in twee opzichten leken op de omstandigheden in bepaalde delen van het heelal: de temperatuur was erg laag (10 K) en de stof werd bestraald met protonen.
De onderzoekers namen verschillende IR-spectra op. Deze zijn in de bijlage bij dit examen weergegeven:
- spectrum a is het IR-spectrum van 1,2-ethaandiol;
- spectra b, c en d zijn opgenomen na bestraling met steeds oplopende doses protonen.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

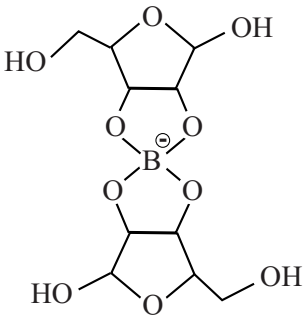
In de spectra is te zien dat bij oplopende protonendoses de pieken met een golfgetal tussen de 1000 en 1100 cm^{-1} kleiner worden, maar niet verdwijnen. Dit is in overeenstemming met de hypothese dat onder deze omstandigheden 1,2-ethaandiol tot hydroxyethanal reageert.

2p **8** Leg dit uit.

2p **9** Leg uit of deze spectra nog een aanwijzing geven dat onder deze omstandigheden hydroxyethanal ontstaat.

Als er aanwijzingen zijn dat methanal en/of 1,2-ethaandiol in de ruimte tot hydroxyethanal kan/kunnen reageren, betekent dit nog niet dat hydroxyethanal daar tot ribose kan reageren.
Onderzoekers uit de VS hebben onderzocht of formosereacties waarin hydroxyethanal uiteindelijk leidt tot de vorming van ribose, mogelijk zijn in de aanwezigheid van boorverbindingen die in ruimtestof zouden kunnen voorkomen. Ze brachten hydroxyethanal en een reactieproduct van de tweede formosereactie samen met een boorverbinding. Van het mengsel dat ontstond maakten zij een massaspectrum, waarbij de apparatuur zodanig was ingesteld dat uitsluitend negatieve ionen werden gemeten. Dit massaspectrum is in de bijlage bij dit examen weergegeven.

De onderzoekers leidden uit het massaspectrum af dat er een pentose-boor verbinding was ontstaan. Zij vonden namelijk pieken die zij toekenden aan het hiernaast weergegeven negatieve ion $B(C_5H_8O_5)_2^-$: de molecuulionpieken met m/z = 306 en m/z = 307. Ook de relatieve intensiteit van deze pieken is in overeenstemming met dit ion.



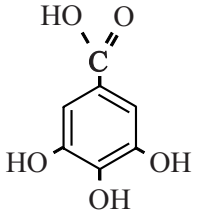
3p **10** Leg uit dat aanwezigheid van de pieken met m/z = 306 en m/z = 307 én de relatieve intensiteit van deze pieken in overeenstemming zijn met het weergegeven ion.
Maak hierbij gebruik van Binas-tabel 25 en houd voor C, H en O alleen rekening met de meest voorkomende isotopen.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Inktvraat

Gallusinkt is een inkt die al door de Romeinen werd gebruikt. Van de 12e tot en met de 19e eeuw was het in Europa de meest gebruikte inktsoort. De gallusinkt tast echter in de loop der jaren het papier aan. Op de plek van de inkt ontstaan gaten in het document en bruine vlekken. Dit proces wordt inktvraat genoemd. Veel oude documenten dreigen hierdoor verloren te gaan.

Gallusinkt werd onder andere gemaakt uit een extract van galnoten, dat galluszuur bevat.
Galluszuur is een meerwaardig zuur. Niet alleen de carbonzuurgroep kan een H^+ afstaan, ook alle drie de OH groepen kunnen een H^+ afstaan. In het extract komen als negatieve ionen voornamelijk $C_7H_5O_5^-$ ionen voor.
Om de inkt te maken werd de galluszuuroplossing (het extract) gemengd met een oplossing van ijzervitriool ($FeSO_4$).
Hierbij ontstond een kleurloze oplossing die goed in papier doordringt.
Papier bestaat voornamelijk uit cellulose.



galluszuur

2p **11** Leg uit dat water (met de daarin opgeloste stoffen) goed in papier kan doordringen. Maak hierbij gebruik van Binas-tabel 67.

Als met de kleurloze oplossing wordt geschreven, komt deze in contact met lucht en in enkele seconden ontstaat het zwarte, slecht oplosbare pigment ijzer(III)tannaat, $FeC_7H_3O_5$. Pas dan is de inkt goed zichtbaar.
De vorming van ijzer(III)tannaat kan als volgt worden beschreven:
- reactie 1: waarbij ijzer(II)ionen worden omgezet tot ijzer(III)ionen door het contact met lucht;
- reactie 2: waarbij ijzer(III)tannaat wordt gevormd en ook H^+ ontstaat.

3p **12** Geef van reactie 1 de vergelijkingen van de beide halfreacties en leid daaruit de vergelijking van de totale reactie af.
In de vergelijking van één van beide halfreacties komen onder andere ook H^+ en H_2O voor.

2p **13** Geef de vergelijking van reactie 2.

De belangrijkste oorzaak van de aantasting van oude documenten door inktvraat is de lage pH van de inkt. H_3O^+ is namelijk een katalysator voor de afbraak van cellulose, het hoofdbestanddeel van papier. Daarnaast zijn ook de condities waaronder het document wordt bewaard van invloed op de afbraak van cellulose. Documenten die met gallusinkt zijn beschreven worden daarom vaak in extreem droge ruimtes bewaard.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

2p **14** Geef twee oorzaken waardoor cellulose niet zal worden afgebroken, op de manier die is genoemd in de tekst tussen vraag 13 en 14, wanneer geen of nauwelijks water aanwezig is.

Een andere oorzaak van inktvraat is de aanwezigheid van ijzerionen in de inkt die niet in ijzer(III)tannaat zijn gebonden. Deze ongebonden ijzerionen katalyseren een andere afbraakreactie van cellulose, oxidatieve decompositie genoemd. Door het Instituut Collectie Nederland is een methode ontwikkeld om ijzerionen uit oude documenten te verwijderen. Daarbij wordt gebruikgemaakt van een calciumfytaatoplossing.
Deze calciumfytaatoplossing wordt gemaakt door een fytinezuuroplossing in een bepaalde massaverhouding te mengen met vast calciumcarbonaat. Hierbij treedt de volgende reactie op:

$$5\ CaCO_3 + 2\ H_{12}Fyt \rightarrow 5\ Ca^{2+} + 2\ H_7Fyt^{5-} + 5\ CO_2 + 5\ H_2O$$

Fytinezuur is een twaalfwaardig zuur en is in de reactievergelijking weergegeven als $H_{12}Fyt$. Fytaat is weergegeven als H_7Fyt^{5-}.

2p **15** Bereken in welke massaverhouding de fytinezuuroplossing moet worden gemengd met calciumcarbonaat.
Maak hierbij gebruik van de volgende gegevens:
– de molaire massa van fytinezuur is 660 g mol^{-1};
– de fytinezuuroplossing bevat 50 massaprocent fytinezuur.

De behandeling van de oude documenten met een calciumfytaatoplossing zorgt ervoor dat ongebonden ijzerionen worden gebonden tot ijzerfytaat, een witte vaste stof.
De behandeling gaat als volgt:
Het document wordt ondergedompeld in de calciumfytaatoplossing.
Na 10 tot 30 minuten wordt het document uit de oplossing gehaald en met water nagespoeld.
Hierna is nog een behandeling nodig met een oplossing van calciumwaterstofcarbonaat om H_3O^+ uit het document te verwijderen.

2p **16** Geef de vergelijking van de reactie van een oplossing van calciumwaterstofcarbonaat met H_3O^+.

Het is niet mogelijk de twee behandelingen in één stap te combineren.

2p **17** Geef een mogelijke verklaring hiervoor.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

De productie van lithium

De vraag naar lithium neemt sterk toe. Het wordt steeds meer verwerkt in batterijen en in accu's van elektrische auto's. Drooggevallen zoutmeren in het Andesgebergte bevatten het grootste deel van de winbare wereldvoorraad lithium. Diep onder het oppervlak van deze zoutlagen bevinden zich holtes die zich gevuld hebben met water dat verzadigd is met natriumchloride. De oplossing bevat tevens magnesium-, kalium- en lithiumzouten. Het lithiumgehalte van de oplossing kan wel 1 g L^{-1} bedragen. De oplossing wordt opgepompt en in bassins door zonnewarmte langzaam ingedampt totdat het lithiumgehalte van de oplossing minstens 5 g L^{-1} bedraagt. Door het indampen stijgt ook de verhouding tussen de concentraties van de lithium- en natriumionen.

3p **18** Leg uit dat door indampen de verhouding $\frac{[Li^+]}{[Na^+]}$ toeneemt. Neem aan dat de ingedampte en opgepompte oplossing dezelfde temperatuur hebben.

In de bijlage bij dit examen is in een blokschema vereenvoudigd weergegeven hoe in een continu proces zuiver lithiumcarbonaat verkregen wordt uit de ingedampte oplossing.
In het proces wordt onder andere gebruikgemaakt van de eigenschap dat de oplosbaarheid van lithiumcarbonaat bij 100 °C kleiner is dan bij 20 °C.
Het blokschema bevat reactoren (R) en filters (F). Bij elk filter geeft de pijl omlaag het filtraat weer en de horizontale pijl het residu.
De reacties in R1 en R2 vinden plaats bij 20 °C.
In R1 worden vooral de magnesiumionen uit de oplossing verwijderd. In R2 wordt vast lithiumcarbonaat toegevoegd aan de oplossing die uit F1 komt zodat de calciumionen uit de oplossing worden verwijderd.
Aan de oplossing die uit F2 komt, wordt natriumcarbonaat toegevoegd en R3 wordt op een hogere temperatuur gebracht. Daardoor ontstaat in R3 vast lithiumcarbonaat. Het residu uit F3 bestaat uit vast lithiumcarbonaat met een hoge zuiverheid. Een deel van dit lithiumcarbonaat wordt teruggevoerd in R2. De rest van het lithiumcarbonaat wordt opgeslagen en geleverd aan fabrieken die daaruit lithium produceren.

Bij het proces dat in R3 plaatsvindt speelt het volgende evenwicht een belangrijke rol:

$$Li_2CO_3\,(s) \rightleftarrows 2\,Li^+\,(aq) + CO_3^{2-}\,(aq)$$

De evenwichtsconstante van dit evenwicht is bij 20 °C groter dan bij 100 °C.

2p **19** Geef de evenwichtsvoorwaarde voor dit evenwicht.

2p **20** Leg uit, met behulp van de hierboven vermelde gegevens, of de reactie naar rechts van bovengenoemd evenwicht exotherm is of endotherm.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Wanneer in R2 te weinig lithiumcarbonaat wordt toegevoegd verloopt de omzetting in R2 onvolledig.

3p **21** Leg uit wat het effect is op
– het rendement van de productie van lithiumcarbonaat
– op de zuiverheid van lithiumcarbonaat
wanneer in R2 te weinig lithiumcarbonaat wordt toegevoegd.

De winning van lithium uit lithiumhoudende ertslagen is economisch ook weer interessant geworden. Het belangrijkste lithiumerts is spodumeen, $LiAlSi_2O_6$. Volgens de formule $LiAlSi_2O_6$ zou het massapercentage lithium in spodumeen 3,7% bedragen. Meestal bevat spodumeen een lager massapercentage lithium doordat in het rooster van spodumeen een deel van de lithiumionen is ‘vervangen’ door natriumionen. Het werkelijke massapercentage lithium in spodumeen bedraagt gemiddeld 3,2%.

4p **22** Bereken hoeveel procent van de lithiumionen is ‘vervangen’ door natriumionen in spodumeen dat 3,2 massa% lithium bevat.
Maak gebruik van de volgende molaire massa’s:
voor $LiAlSi_2O_6$ 186,10 g mol^{-1}; voor $NaAlSi_2O_6$ 202,15 g mol^{-1}.

Om lithium te produceren uit spodumeen wordt spodumeen eerst vermalen en vervolgens verhit tot boven 1100 °C. Door het verhitten verpulvert het spodumeen. Vervolgens wordt het (afgekoelde) spodumeen vermengd met zwavelzuur en verhit tot 250 °C. Hierbij ontstaat behalve lithiumsulfaat, aluminiumsulfaat en siliciumdioxide nog één andere stof.

4p **23** Geef de reactievergelijking voor deze omzetting. Gebruik hierbij voor spodumeen de formule $LiAlSi_2O_6$.

Door het toevoegen van water lossen lithiumsulfaat en aluminiumsulfaat op. Uit deze oplossing kan ook lithiumcarbonaat worden bereid volgens het blokschema op de bijlage. Vergeleken met de oplossing die onder de zoutlaag wordt opgepompt, bevat de oplossing veel minder natrium-, magnesium- en chloride ionen en veel meer waterstof-, aluminium- en sulfaationen.

3p **24** Leg uit voor elk van de drie ionsoorten (waterstof, aluminium en sulfaat) waar in het blokschema deze ionen worden verwijderd. Gebruik hierbij onder andere Binas-tabel 45.

Uit gegevens in deze opgave kan worden afgeleid dat de productie van lithiumcarbonaat uit de opgepompte oplossing goedkoper is dan uit spodumeen.

2p **25** Noem twee factoren waardoor de productie uit de opgepompte oplossing goedkoper is dan de productie uit spodumeen.

Let op: de laatste vragen van dit examen staan op de volgende pagina.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Salatrim, een vetvervanger

Omdat het eten van te veel vet schadelijk is voor de gezondheid, is de voedingsmiddelenindustrie al geruime tijd op zoek naar zogenoemde vetvervangers. Dit zijn stoffen die in de mond aanvoelen als plantaardige of dierlijke vetten, maar bij vertering in het lichaam minder energie leveren. Salatrim is zo'n vetvervanger en wordt verwerkt in koekjes en chocolade.
Salatrim bestaat uit een mengsel van triglyceriden. In de moleculen van deze triglyceriden is glycerol op minstens één positie veresterd met een verzadigd vetzuur met een lange koolstofketen en op minstens één positie met een (vet)zuur met een korte koolstofketen.
Hieronder is zo'n triglyceride schematisch weergegeven:

propaanzuur
stearinezuur
stearinezuur

triglyceride A

2p **26** Geef de structuurformule van dit triglyceride.
- Maak hierbij gebruik van Binas-tabel 67B.
- De koolwaterstofrest van stearinezuur mag worden weergegeven met $C_{17}H_{35}$.

Triglyceride A kan worden gevormd uit glyceryltristearaat (een triglyceride dat uitsluitend vetzuren met een lange koolstofketen bevat) en glyceryltripropanoaat (een triglyceride dat uitsluitend (vet)zuren met een korte koolstofketen bevat).
Deze twee soorten triglyceriden worden toegevoegd aan een oplossing van het enzym lipase. Er treedt dan een zogenoemde om-estering op:
De triglyceriden worden gehydrolyseerd tot glycerol en (vet)zuren en daaruit worden vervolgens nieuwe triglyceriden gevormd.
Na afloop is een mengsel ontstaan van triglyceriden waarbij de verschillende soorten (vet)zuren random zijn verdeeld over de verschillende triglyceriden. In dit mengsel komen onder andere glyceryltristearaat, glyceryltripropanoaat en triglyceride A voor.

3p **27** Geef op eenzelfde wijze als voor triglyceride A is gedaan, de schematische aanduiding van drie andere triglyceriden die in dit mengsel voorkomen. Laat hierbij stereo-isomerie buiten beschouwing.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Bijlage VWO

2015

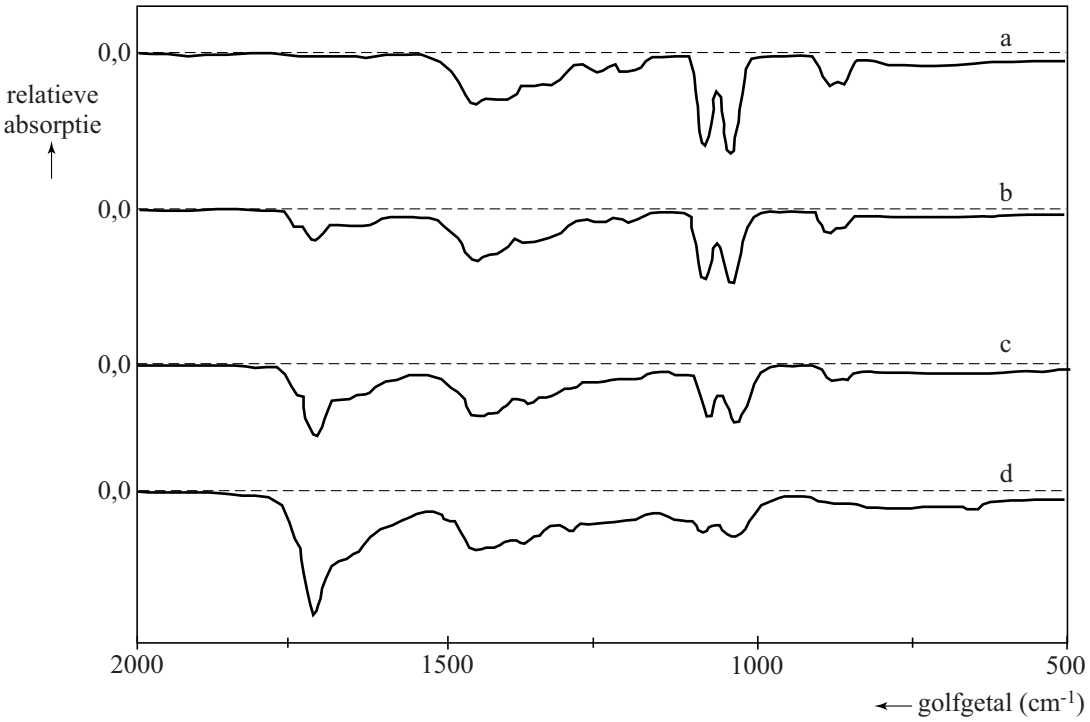
tijdvak 2

scheikunde

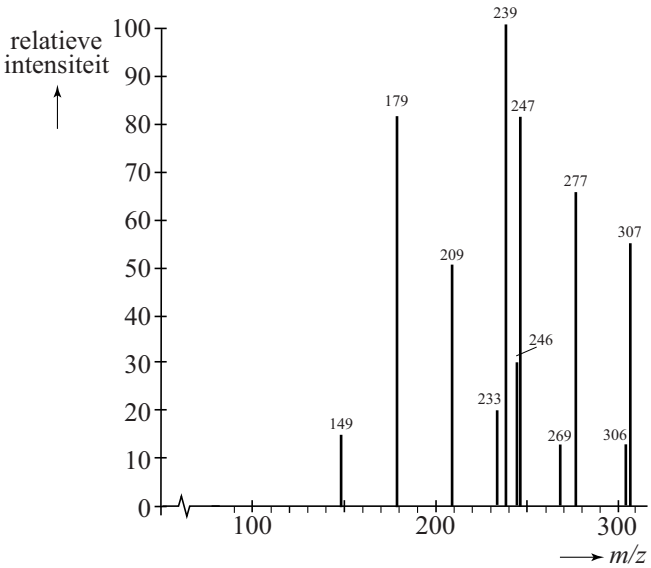
VW-1028-a-15-2-b

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

IR-spectra

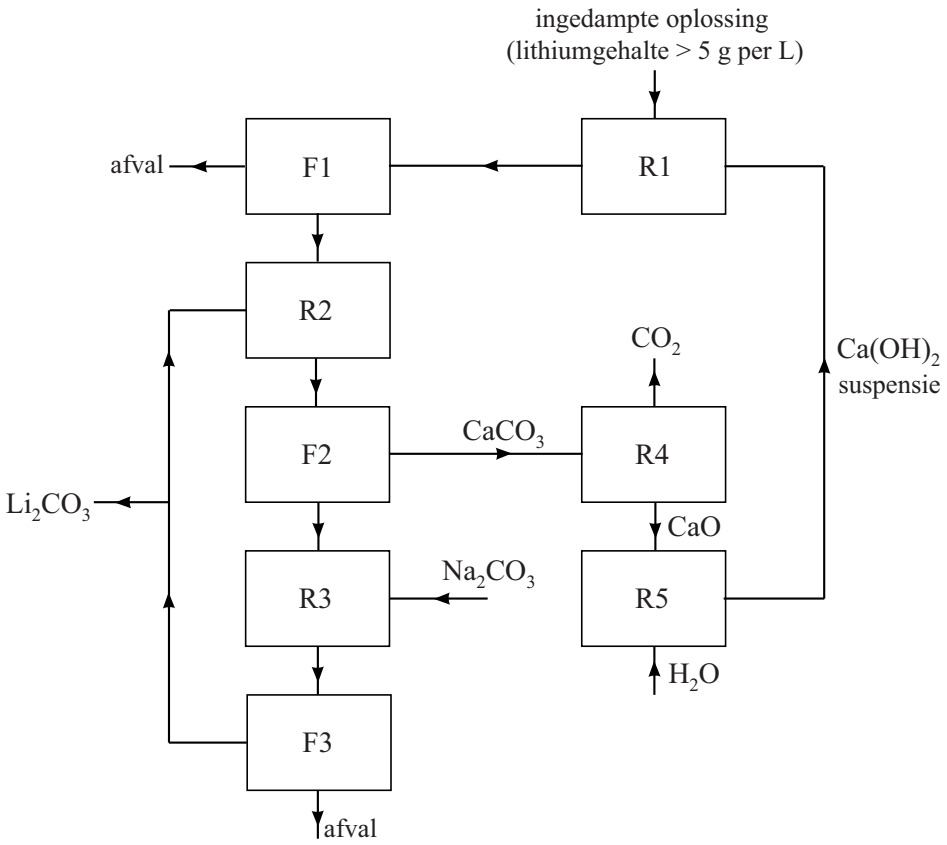


massaspectrum



Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

blokschema



Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Examen VWO

2015

tijdvak 2
woensdag 17 juni
13.30 - 16.30 uur

scheikunde (pilot)

Bij dit examen horen een bijlage en een uitwerkbijlage.

Dit examen bestaat uit 26 vragen.
Voor dit examen zijn maximaal 67 punten te behalen.
Voor elk vraagnummer staat hoeveel punten met een goed antwoord behaald kunnen worden.

Als bij een vraag een verklaring, uitleg, berekening of afleiding gevraagd wordt, worden aan het antwoord meestal geen punten toegekend als deze verklaring, uitleg, berekening of afleiding ontbreekt.

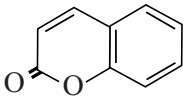
Geef niet meer antwoorden (redenen, voorbeelden e.d.) dan er worden gevraagd. Als er bijvoorbeeld twee redenen worden gevraagd en je geeft meer dan twee redenen, dan worden alleen de eerste twee in de beoordeling meegeteld.

VW-1028-f-15-2-o

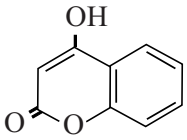
Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Dicoumarol

In de periode 1920-1930 werden verschillende delen van de VS en Canada geteisterd door een veeziekte. Koeien stierven aan inwendige bloedingen. Dierenartsen ontdekten dat bedorven honingklaver die de dieren te eten hadden gekregen, de oorzaak hiervan was. De in de klaver aanwezige coumarine werd omgezet tot 4-hydroxycoumarine.



coumarine

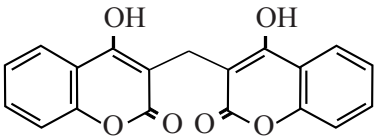


4-hydroxycoumarine

De vorming van 4-hydroxycoumarine uit coumarine is een redoxreactie.

2p **1** Geef de vergelijking van de halfreactie van de omzetting van coumarine tot 4-hydroxycoumarine in structuurformules. In deze vergelijking komen onder andere H^+ en H_2O voor.

In de bedorven klaver reageerde 4-hydroxycoumarine in de molverhouding 2 : 1 met een andere stof tot dicoumarol en water. De stof dicoumarol bleek verantwoordelijk voor de bloedingen.

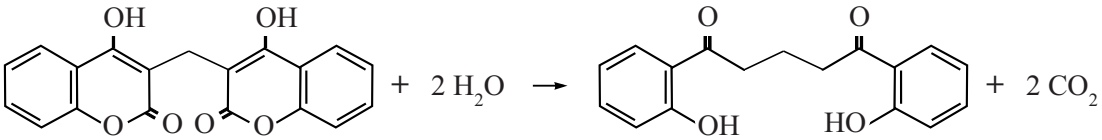


dicoumarol

2p **2** Geef de structuurformule van de stof die met 4-hydroxycoumarine reageert tot dicoumarol en water.

Uit vervolgonderzoek bleek dat dicoumarol geschikt was als geneesmiddel om het ontstaan van bloedstolsels in bloedvaten tegen te gaan. Om inzicht te krijgen in de risico's van het gebruik van dicoumarol is onderzocht welke reacties deze stof in het menselijk lichaam ondergaat. Een onderzoek ging uit van een bekende reactie van dicoumarol met water. Deze reactie is hieronder weergegeven.

reactie van dicoumarol met water



Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

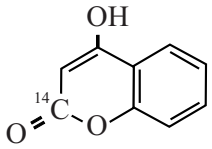
Om te onderzoeken of deze reactie van dicoumarol met water in het lichaam plaatsvindt, werd C-14 dicoumarol bereid. Dit is dicoumarol waarin twee C-14 atomen per molecuul aanwezig zijn. C-14 is radioactief en verbindingen met C-14 kunnen daardoor in een mengsel worden aangetoond. Voor de synthese van C-14 dicoumarol gebruikte men $Ag_2{}^{14}CO_3$ dat in drie reactiestappen werd gevormd uit $Ba^{14}CO_3$. Deze stappen zijn hieronder schematisch weergegeven.

$$Ba^{14}CO_3 \xrightarrow{1} {}^{14}CO_2 \xrightarrow{2} Na_2{}^{14}CO_3 \xrightarrow{3} Ag_2{}^{14}CO_3$$

In stap 1 wordt aan $Ba^{14}CO_3$ een oplossing toegevoegd. Het ontstane ${}^{14}CO_2$ wordt in stap 2 in een andere oplossing geleid.
Aan de oplossing van $Na_2{}^{14}CO_3$ die dan ontstaat, wordt in stap 3 een oplossing toegevoegd waarbij $Ag_2{}^{14}CO_3$ ontstaat.

3p **3** Geef voor elk van deze drie reactiestappen de naam van een stof die (in water opgelost) met de genoemde stof tot het volgende product kan reageren. Noteer je antwoord als volgt:
stap 1: ..... stap 2: ..... stap 3: .....

$Ag_2{}^{14}CO_3$ werd vervolgens gebruikt voor de bereiding van radioactief 4-hydroxycoumarine.
Hiernaast is weergegeven op welke plaats het C-14 atoom zich in het molecuul bevindt.
Het gevormde 4-hydroxycoumarine werd omgezet tot C-14 dicoumarol.
Uit 100 mg $Ba^{14}CO_3$ kon op deze wijze 12,2 mg C-14 dicoumarol worden bereid.



radioactief
4-hydroxycoumarine

4p **4** Bereken het rendement van deze bereiding. Ga er hierbij vanuit dat uit één mol $Ba^{14}CO_3$ maximaal één mol 4-hydroxycoumarine ontstaat.

Wanneer de reactie van dicoumarol met water (zie bladzijde 2, onderaan) in het lichaam zou plaatsvinden, wordt het gevormde koolstofdioxide uitgeademd. Het andere reactieproduct wordt in de lever omgezet tot een stof die in de urine wordt uitgescheiden.
Een muis werd geïnjecteerd met een kleine hoeveelheid C-14 dicoumarol.
Van deze muis werden gedurende 18 uur apart opgevangen:
- de uitgeademde lucht;
- de uitwerpselen;
- de urine.

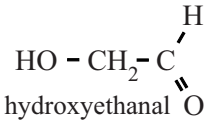
Na afloop bleek de uitgeademde lucht niet radioactief, de uitwerpselen en de urine wel.

2p **5** Leid uit de onderzoeksresultaten af of de reactie van dicoumarol met water in de muis heeft plaatsgevonden.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Leven buiten de Melkweg?

In de zoektocht naar het ontstaan van leven hebben astronomen voor het eerst een koolhydraat ontdekt in een gebied van het heelal waar sterren en mogelijk ook planeten ontstaan.
Het gaat om hydroxyethanal.



De stof is interessant omdat er aanwijzingen zijn dat deze kan reageren tot een groter koolhydraat:
ribose, een belangrijke bouwsteen voor RNA.
Een bekend mechanisme voor de vorming van ribose is een reeks van opeenvolgende reacties, de zogenoemde formosereacties.
In de eerste formosereactie vindt een additiereactie plaats: uit twee methanalmoleculen wordt een molecuul hydroxyethanal gevormd.
In de tweede formosereactie vindt ook een additiereactie plaats, nu tussen methanal en hydroxyethanal. Bij deze additiereactie zijn de aldehydegroepen van beide soorten moleculen betrokken. De moleculen die ontstaan, bezitten twee hydroxylgroepen per molecuul.

1p **6** Geef de vergelijking van de eerste formosereactie in structuurformules.

3p **7** Leg uit hoeveel verschillende producten in de tweede formosereactie kunnen ontstaan.
- Geef de structuurformules van de stoffen die kunnen ontstaan.
- Houd in je uitleg ook rekening met eventuele spiegelbeeldisomeren.

De ontdekking van hydroxyethanal in de ruimte was een doorbraak. Wetenschappers waren het er al over eens dat in het heelal methanal voorkomt. Maar kan dit daar ook tot hydroxyethanal reageren?

Aan het einde van de 20ste eeuw passeerde de komeet Hale-Bopp de aarde. Deze komeet bleek behalve veel stoffen met kleine moleculen, zoals water en methanol, ook de stof 1,2-ethaandiol te bevatten. Deze stof is interessant, omdat deze een andere mogelijke verklaring biedt voor het ontstaan van hydroxyethanal.
Onderzoekers uit Connecticut en Florida probeerden aan te tonen dat in de ruimte hydroxyethanal kan ontstaan uit 1,2-ethaandiol.
Ze brachten 1,2-ethaandiol in een reactor onder condities die in twee opzichten leken op de omstandigheden in bepaalde delen van het heelal: de temperatuur was erg laag (10 K) en de stof werd bestraald met protonen.
De onderzoekers namen verschillende IR-spectra op. Deze zijn in de bijlage bij dit examen weergegeven:
- spectrum a is het IR-spectrum van 1,2-ethaandiol;
- spectra b, c en d zijn opgenomen na bestraling met steeds oplopende doses protonen.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

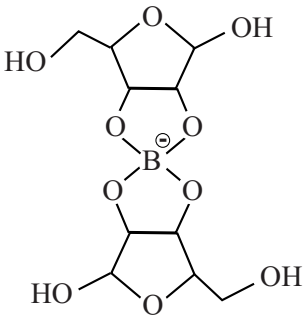
In de spectra is te zien dat bij oplopende protonendoses de pieken met een golfgetal tussen de 1000 en 1100 cm^{-1} kleiner worden, maar niet verdwijnen. Dit is in overeenstemming met de hypothese dat onder deze omstandigheden 1,2-ethaandiol tot hydroxyethanal reageert.

2p **8** Leg dit uit.

2p **9** Leg uit of deze spectra nog een aanwijzing geven dat onder deze omstandigheden hydroxyethanal ontstaat.

Als er aanwijzingen zijn dat methanal en/of 1,2-ethaandiol in de ruimte tot hydroxyethanal kan/kunnen reageren, betekent dit nog niet dat hydroxyethanal daar tot ribose kan reageren.
Onderzoekers uit de VS hebben onderzocht of formosereacties waarin hydroxyethanal uiteindelijk leidt tot de vorming van ribose, mogelijk zijn in de aanwezigheid van boorverbindingen die in ruimtestof zouden kunnen voorkomen. Ze brachten hydroxyethanal en een reactieproduct van de tweede formosereactie samen met een boorverbinding. Van het mengsel dat ontstond maakten zij een massaspectrum, waarbij de apparatuur zodanig was ingesteld dat uitsluitend negatieve ionen werden gemeten. Dit massaspectrum is in de bijlage bij dit examen weergegeven.

De onderzoekers leidden uit het massaspectrum af dat er een pentose-boor verbinding was ontstaan. Zij vonden namelijk pieken die zij toekenden aan het hiernaast weergegeven negatieve ion $B(C_5H_8O_5)_2^-$: de molecuulionpieken met m/z = 306 en m/z = 307. Ook de relatieve intensiteit van deze pieken is in overeenstemming met dit ion.



3p **10** Leg uit dat aanwezigheid van de pieken met m/z = 306 en m/z = 307 én de relatieve intensiteit van deze pieken in overeenstemming zijn met het weergegeven ion.
Maak hierbij gebruik van Binas-tabel 25 en houd voor C, H en O alleen rekening met de meest voorkomende isotopen.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Waterstof

Waterstof kan worden gebruikt om in een brandstofcel elektrische energie te produceren. Op de bijlage is een waterstof-brandstofcel schematisch weergegeven. De elektroderuimtes A en B bevatten een zure elektrolyt en zijn gescheiden door een membraan dat uitsluitend H^+ ionen doorlaat.

2p **11** Geef de namen van de stoffen die met 1, 2 en 3 zijn aangegeven.
Noteer je antwoord als volgt: 1: …… 2: …… 3: ……

2p **12** Beredeneer in welke richting de H^+ ionen bewegen wanneer de brandstofcel stroom levert, van elektroderuimte A naar elektroderuimte B of omgekeerd.

In de industrie wordt veel waterstof bereid met behulp van propaan afkomstig uit aardolie. Hierbij treden twee reacties op.
Reactie 1: De reactie van propaan met water onder vorming van koolstofmonoöxide en waterstof.
Reactie 2: De reactie van het gevormde koolstofmonoöxide met water tot koolstofdioxide en eveneens waterstof.

4p **13** Leid af in welke molverhouding koolstofdioxide en waterstof ontstaan bij deze bereiding van waterstof uit propaan. Noteer deze verhouding als $CO_2 : H_2$. Ga ervan uit dat zowel reactie 1 als reactie 2 volledig verlopen.

De bereiding van waterstof uit een koolwaterstof als propaan heeft bepaalde bezwaren. Daarom worden methodes onderzocht om waterstof te bereiden uit grondstoffen van plantaardige oorsprong.
Onderzochte grondstoffen zijn onder andere glucose en glycol. Ook bij deze methode om waterstof te bereiden, spelen twee reacties een rol.
Reactie 3: De reactie van glucose of glycol tot koolstofmonoöxide en waterstof.
Reactie 4: De reactie van het gevormde koolstofmonoöxide met water tot koolstofdioxide en eveneens waterstof (dit is dezelfde reactie als reactie 2).
Zowel bij deze bereiding als bij de bereiding met behulp van propaan ontstaat dus behalve waterstof ook koolstofdioxide. Koolstofdioxide is één van de gassen die bijdragen aan de versterking van het broeikaseffect. Bij de bereiding van waterstof met behulp van glucose ontstaat, bij volledige omzetting, per mol waterstof zelfs meer mol koolstofdioxide dan bij de bereiding van waterstof uit propaan. Voor de bereiding van waterstof verdient toch glucose de voorkeur boven propaan.

2p **14** Leg uit dat de bereiding van waterstof met behulp van glucose minder bijdraagt aan de versterking van het broeikaseffect dan de bereiding van waterstof met behulp van propaan afkomstig uit aardolie.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

De reacties 3 en 4 vinden onder 300 °C uitsluitend plaats met behulp van een katalysator. Er zijn verschillende metalen getest om na te gaan of ze geschikt zijn als katalysator voor deze reacties. In tabel 1 zijn de resultaten vermeld van een onderzoek, waarbij glycol als grondstof diende en de metalen palladium en ruthenium als mogelijke katalysator.

tabel 1

metaal	temperatuur (°C)	percentage omgezet glycol	percentage CO	percentage CO_2
palladium	275	100	100	0
ruthenium	275	100	0	100

Met 'percentage CO' respectievelijk 'percentage CO_2' wordt hier bedoeld het percentage van de koolstofatomen van de glycolmoleculen dat in de CO respectievelijk CO_2 moleculen is terechtgekomen.
Twee leerlingen, Simone en Gerard, bespreken de gegevens van tabel 1. Zij nemen aan dat geen andere reacties dan de reacties 3 en 4 een rol spelen. Beide leerlingen zijn het met elkaar eens dat het voor reactie 4 veel uitmaakt welk metaal wordt gebruikt. Over de werking van palladium of ruthenium als katalysator voor reactie 3 zijn zij het niet eens.
Volgens Simone werken beide metalen even goed als katalysator voor reactie 3.
Maar Gerard vindt dat je dit op basis van de gegevens uit tabel 1 niet kunt zeggen.

2p **15** Geef voor het standpunt van beide leerlingen een argument. Noteer je antwoord als volgt:
Argument voor Simone: …
Argument voor Gerard: …
Neem aan dat er geen andere reacties dan reactie 3 en reactie 4 een rol spelen.

Onder de omstandigheden waarbij de reacties zijn onderzocht, is reactie 4 exotherm. Het verloop van een reactie kan met behulp van een energiediagram worden weergegeven. Op de uitwerkbijlage bij dit examen zijn twee energiediagrammen voor reactie 4 gedeeltelijk weergegeven: één voor de reactie met palladium en één voor de reactie met ruthenium. Van beide energiediagrammen is slechts het energieniveau van de beginstoffen aangegeven met het bijschrift 'koolstofmonoöxide en water'.

3p **16** Maak op de uitwerkbijlage de energiediagrammen voor reactie 4 af, door het plaatsen van energieniveaus met bijbehorende bijschriften, zodat duidelijk wordt wat de invloed van beide metalen is op het verloop van de reactie. Houd voor de *y*-assen dezelfde schaal aan.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

In het onderzoek om waterstof te bereiden uit glucose is gewerkt met oplossingen die gemiddeld 3,0 massaprocent glucose bevatten. Het is economisch niet handig om met zulke verdunde oplossingen te werken.

4p **17** Bereken hoeveel liter glucose-oplossing met 3,0 massaprocent glucose minstens nodig is voor de bereiding van 1,0 m^3 waterstof (298 K, $p = p_0$). Bij de bereiding van waterstof met glucose ontstaat per mol glucose maximaal 12 mol waterstof; de dichtheid van de glucose-oplossing is $1{,}0 \cdot 10^3$ g L^{-1}.

De productie van lithium

De vraag naar lithium neemt sterk toe. Het wordt steeds meer verwerkt in batterijen en in accu's van elektrische auto's. Drooggevallen zoutmeren in het Andesgebergte bevatten het grootste deel van de winbare wereldvoorraad lithium. Diep onder het oppervlak van deze zoutlagen bevinden zich holtes die zich gevuld hebben met water dat verzadigd is met natriumchloride. De oplossing bevat tevens magnesium-, kalium- en lithiumzouten. Het lithiumgehalte van de oplossing kan wel 1 g L^{-1} bedragen. De oplossing wordt opgepompt en in bassins door zonnewarmte langzaam ingedampt totdat het lithiumgehalte van de oplossing minstens 5 g L^{-1} bedraagt. Door het indampen stijgt ook de verhouding tussen de concentraties van de lithium- en natriumionen.

3p **18** Leg uit dat door indampen de verhouding $\frac{[Li^+]}{[Na^+]}$ toeneemt. Neem aan dat de ingedampte en opgepompte oplossing dezelfde temperatuur hebben.

In de bijlage bij dit examen is in een blokschema vereenvoudigd weergegeven hoe in een continu proces zuiver lithiumcarbonaat verkregen wordt uit de ingedampte oplossing.
In het proces wordt onder andere gebruikgemaakt van de eigenschap dat de oplosbaarheid van lithiumcarbonaat bij 100 °C kleiner is dan bij 20 °C.
Het blokschema bevat reactoren (R) en filters (F). Bij elk filter geeft de pijl omlaag het filtraat weer en de horizontale pijl het residu.
De reacties in R1 en R2 vinden plaats bij 20 °C.
In R1 worden vooral de magnesiumionen uit de oplossing verwijderd. In R2 wordt vast lithiumcarbonaat toegevoegd aan de oplossing die uit F1 komt zodat de calciumionen uit de oplossing worden verwijderd.
Aan de oplossing die uit F2 komt, wordt natriumcarbonaat toegevoegd en R3 wordt op een hogere temperatuur gebracht. Daardoor ontstaat in R3 vast lithiumcarbonaat. Het residu uit F3 bestaat uit vast lithiumcarbonaat met een hoge zuiverheid. Een deel van dit lithiumcarbonaat wordt teruggevoerd in R2. De rest van het lithiumcarbonaat wordt opgeslagen en geleverd aan fabrieken die daaruit lithium produceren.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Wanneer in R2 te weinig lithiumcarbonaat wordt toegevoegd verloopt de omzetting in R2 onvolledig.

3p **19** Leg uit wat het effect is op
– het rendement van de productie van lithiumcarbonaat
– de zuiverheid van lithiumcarbonaat
wanneer in R2 te weinig lithiumcarbonaat wordt toegevoegd.

De winning van lithium uit lithiumhoudende ertslagen is economisch ook weer interessant geworden. Het belangrijkste lithiumerts is spodumeen, $LiAlSi_2O_6$. Volgens de formule $LiAlSi_2O_6$ zou het massapercentage lithium in spodumeen 3,7% bedragen. Meestal bevat spodumeen een lager massapercentage lithium doordat in het rooster van spodumeen een deel van de lithiumionen is ‘vervangen’ door natriumionen. Het werkelijke massapercentage lithium in spodumeen bedraagt gemiddeld 3,2%.

4p **20** Bereken hoeveel procent van de lithiumionen is ‘vervangen’ door natriumionen in spodumeen dat 3,2 massa% lithium bevat.
Maak gebruik van de volgende molaire massa’s:
voor $LiAlSi_2O_6$ 186,10 g mol^{-1}; voor $NaAlSi_2O_6$ 202,15 g mol^{-1}.

Om lithium te produceren uit spodumeen wordt spodumeen eerst vermalen en vervolgens verhit tot boven 1100 °C. Door het verhitten verpulvert het spodumeen. Vervolgens wordt het (afgekoelde) spodumeen vermengd met zwavelzuur en verhit tot 250 °C. Hierbij vindt een zuur-basereactie plaats die als volgt kan worden weergegeven:

$$2\ LiAlSi_2O_6 + 4\ H_2SO_4 \rightarrow Li_2SO_4 + Al_2(SO_4)_3 + 4\ SiO_2 + 4\ H_2O$$

1p **21** Geef de formule van de negatieve ionsoort die in deze reactie als base optreedt.

Door het toevoegen van extra water lossen lithiumsulfaat en aluminiumsulfaat op. Uit deze oplossing kan ook lithiumcarbonaat worden bereid volgens het blokschema op de bijlage. Vergeleken met de oplossing die onder de zoutlaag wordt opgepompt, bevat de oplossing veel minder natrium-, magnesium- en chloride ionen en veel meer waterstof-, aluminium- en sulfaationen.

3p **22** Leg uit voor elk van de drie ionsoorten (waterstof, aluminium en sulfaat) waar in het blokschema deze ionen worden verwijderd. Gebruik hierbij onder andere Binas-tabel 45.

Uit gegevens in deze opgave kan worden afgeleid dat de productie van lithiumcarbonaat uit de opgepompte oplossing goedkoper is dan uit spodumeen.

2p **23** Noem twee factoren waardoor de productie uit de opgepompte oplossing goedkoper is dan de productie uit spodumeen.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Salatrim, een vetvervanger

Omdat het eten van te veel vet schadelijk is voor de gezondheid, is de voedingsmiddelenindustrie al geruime tijd op zoek naar zogenoemde vetvervangers. Dit zijn stoffen die in de mond aanvoelen als plantaardige of dierlijke vetten, maar bij vertering in het lichaam minder energie leveren. Salatrim is zo'n vetvervanger en wordt verwerkt in koekjes en chocolade.
Salatrim bestaat uit een mengsel van triglyceriden. In de moleculen van deze triglyceriden is glycerol op minstens één positie veresterd met een verzadigd vetzuur met een lange koolstofketen en op minstens één positie met een (vet)zuur met een korte koolstofketen.
Hieronder is zo'n triglyceride schematisch weergegeven:

propaanzuur
stearinezuur
stearinezuur

triglyceride A

2p **24** Geef de structuurformule van dit triglyceride.
- Maak hierbij gebruik van Binas-tabel 67B.
- De koolwaterstofrest van stearinezuur mag worden weergegeven met $C_{17}H_{35}$.

Triglyceride A kan worden gevormd uit glyceryltristearaat (een triglyceride dat uitsluitend vetzuren met een lange koolstofketen bevat) en glyceryltripropanoaat (een triglyceride dat uitsluitend (vet)zuren met een korte koolstofketen bevat).
Deze twee soorten triglyceriden worden toegevoegd aan een oplossing van het enzym lipase. Er treedt dan een zogenoemde om-estering op:
De triglyceriden worden gehydrolyseerd tot glycerol en (vet)zuren en daaruit worden vervolgens nieuwe triglyceriden gevormd.
Na afloop is een mengsel ontstaan van triglyceriden waarbij de verschillende soorten (vet)zuren random zijn verdeeld over de verschillende triglyceriden. In dit mengsel komen onder andere glyceryltristearaat, glyceryltripropanoaat en triglyceride A voor.

3p **25** Geef op eenzelfde wijze als voor triglyceride A is gedaan, de schematische aanduiding van drie andere triglyceriden die in dit mengsel voorkomen. Laat hierbij spiegelbeeldisomerie buiten beschouwing.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Het mengsel van triglyceriden dat na de om-estering uit het reactiemengsel wordt afgescheiden, is een homogeen mengsel en heeft nog een vrij groot smelttraject. Dat wil zeggen dat het verschil tussen de temperatuur waarbij het mengsel begint te smelten en de temperatuur waarbij het gehele mengsel is gesmolten vrij groot is. Om het smelttraject te verkleinen wordt glyceryltripropanoaat door destillatie gescheiden van de rest van het mengsel. Dit resterende deel heet Salatrim en is door de verwijdering van glyceryltripropanoaat geschikt voor toepassingen in voedingsmiddelen.

3p **26** Is glyceryltripropanoaat het destillaat of het residu bij de hierboven genoemde destillatie? Geef een verklaring op microniveau voor je antwoord.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Bijlage VWO

2015

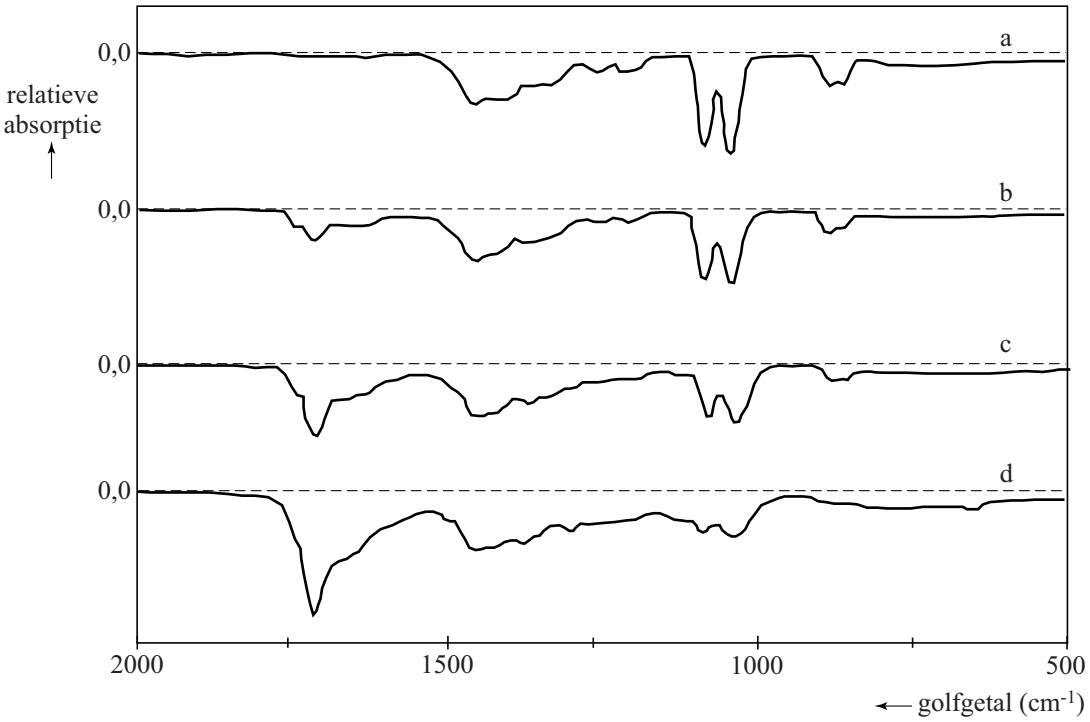
tijdvak 2

scheikunde (pilot)

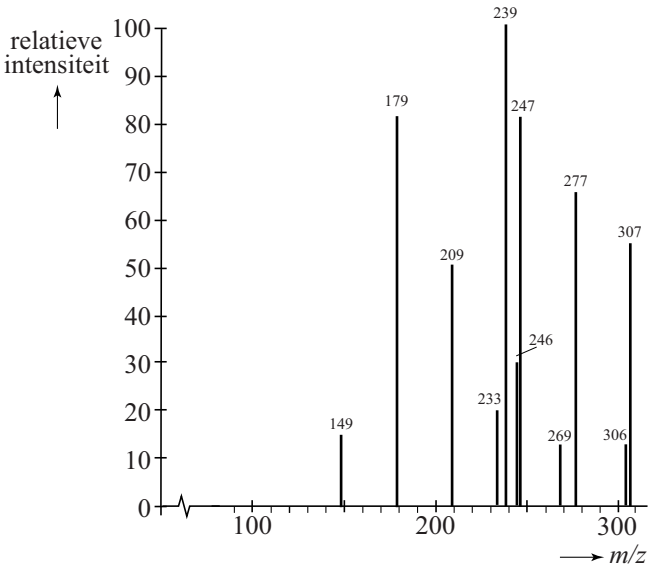
VW-1028-f-15-2-b

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

IR-spectra



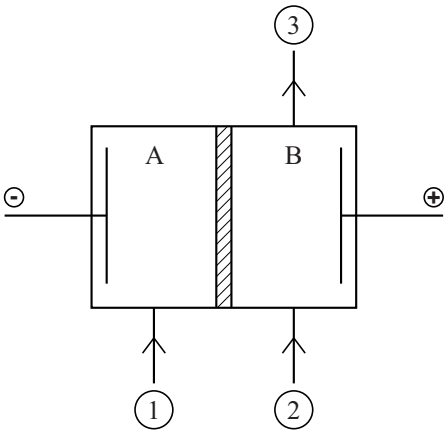
massaspectrum



Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

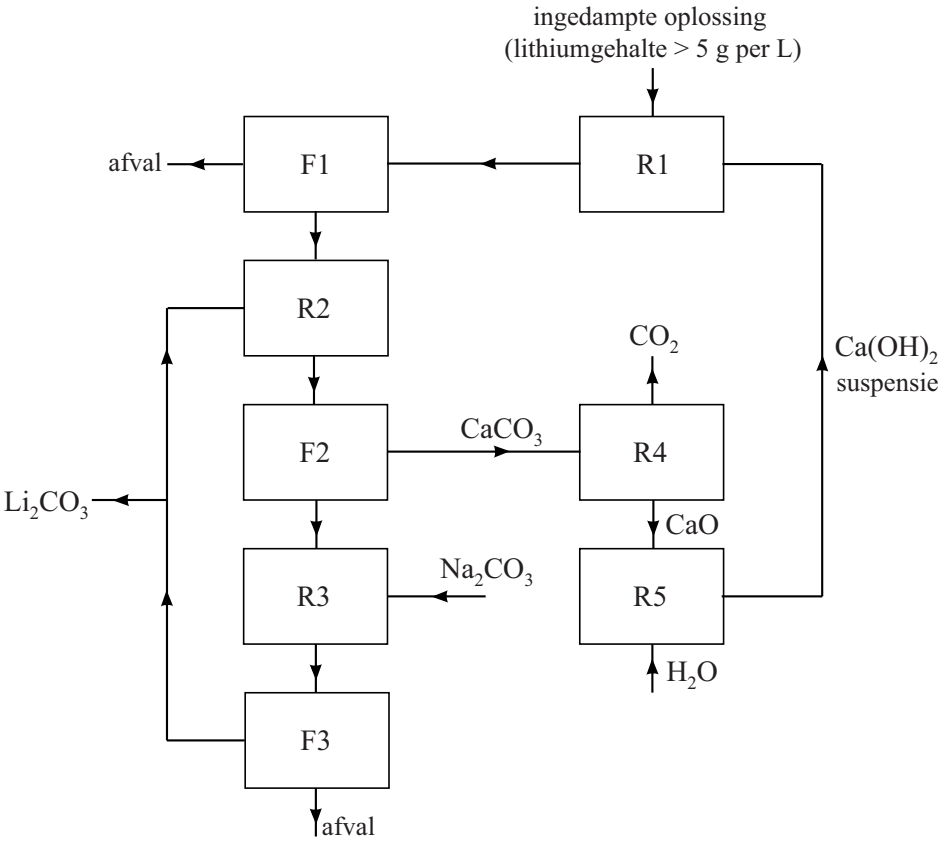
Waterstof

waterstof-brandstofcel



De productie van lithium

blokschema

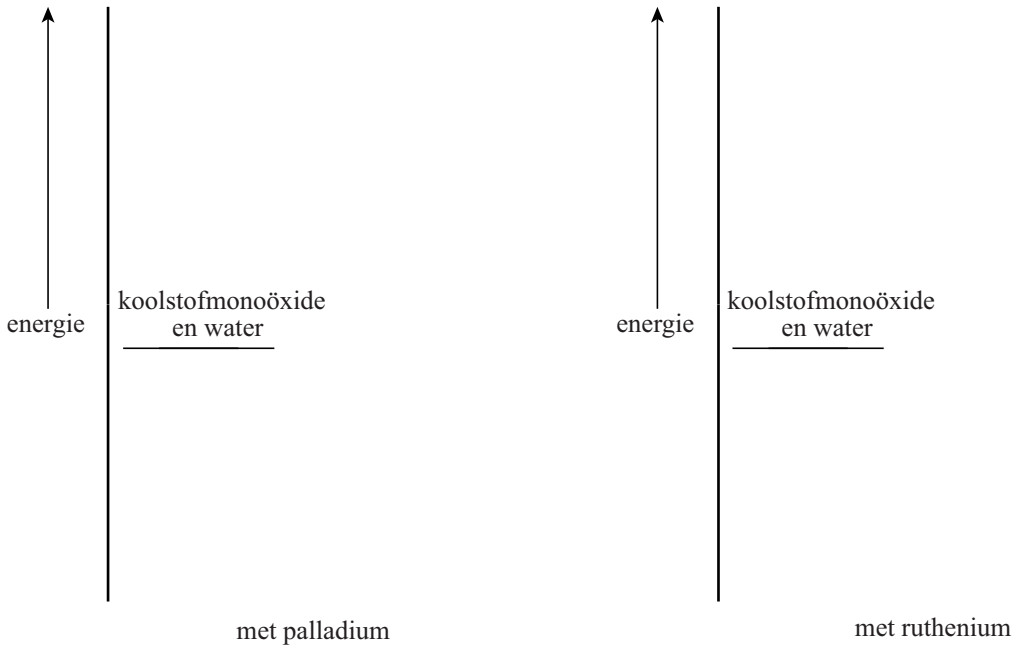


Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

uitwerkbijlage

Naam kandidaat _____ Kandidaatnummer _____

16



VERGEET NIET DEZE UITWERKBIJLAGE IN TE LEVEREN

einde ■

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Examen VWO

2014

tijdvak 1
dinsdag 13 mei
13.30 - 16.30 uur

scheikunde

Bij dit examen hoort een uitwerkbijlage.

Dit examen bestaat uit 27 vragen.
Voor dit examen zijn maximaal 70 punten te behalen.
Voor elk vraagnummer staat hoeveel punten met een goed antwoord behaald kunnen worden.

Als bij een vraag een verklaring, uitleg, berekening of afleiding gevraagd wordt, worden aan het antwoord meestal geen punten toegekend als deze verklaring, uitleg, berekening of afleiding ontbreekt.

Geef niet meer antwoorden (redenen, voorbeelden e.d.) dan er worden gevraagd. Als er bijvoorbeeld twee redenen worden gevraagd en je geeft meer dan twee redenen, dan worden alleen de eerste twee in de beoordeling meegeteld.

VW-1028-a-14-1-o

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

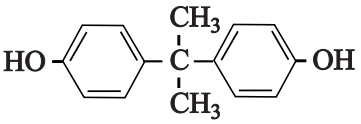
Grensvlakpolymerisatie

De kunststof lexaan wordt toegepast als coating van CD's en bijvoorbeeld als materiaal voor het venster in skibrillen. Lexaan is een zogeheten polycarbonaat. Lexaan wordt gemaakt uit twee monomeren. Eén van de monomeren van lexaan is het gas fosgeen ($COCl_2$). Fosgeen is een zeer giftig zenuwgas en wordt daarom niet in grote hoeveelheden opgeslagen voor gebruik, maar ter plekke gemaakt uit chloor en koolstofmonoöxide.
In de uitwerkbijlage die bij deze opgave hoort, is een vereenvoudigd en onvolledig blokschema voor de productie van lexaan weergegeven.
In reactor 1 (R1) laat men een overmaat koolstofmonoöxide reageren met chloor. Het chloor reageert hierbij volledig.

2p **1** Leg aan de hand van het blokschema op de uitwerkbijlage uit of de vorming van fosgeen uit koolstofmonoöxide en chloor exotherm of endotherm is.

Het gevormde fosgeen wordt vervolgens gescheiden van de overmaat koolstofmonoöxide in scheidingsruimte S1. Fosgeen wordt van onder in reactor R2 geleid. R2 bevat twee vloeistoffen die niet met elkaar mengen. De bovenste laag is natronloog. De onderste laag bevat dichloormethaan (CH_2Cl_2).

Behalve fosgeen wordt als grondstof voor lexaan bisfenol-A gebruikt, waarvan de structuurfomule hieronder is weergegeven.

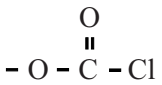


Bisfenol-A wordt boven in R2 gebracht. Bisfenol-A reageert in de molverhouding 1 : 2 volgens een zuurbase reactie met het aanwezige natronloog tot bisfenolaationen. Bisfenol-A reageert hierbij op vergelijkbare wijze als benzenol.

3p **2** Geef de vergelijking van de reactie tussen bisfenol-A en natronloog. Gebruik structuurformules voor de organische deeltjes.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

In de onderste laag is tetrabutylammoniumchloride aanwezig, een stof die schematisch kan worden weergegeven met de formule $Bu_4N^+Cl^-$.
De polymerisatie verloopt als volgt: aan het grensvlak tussen beide lagen bindt elk bisfenolaation twee Bu_4N^+ ionen. Het zo ontstane deeltje is goed oplosbaar in dichloormethaan. In de dichloormethaanlaag reageert dit deeltje met twee moleculen fosgeen. Hierbij ontstaan chloride-ionen en een molecuul met aan beide uiteinden een groep, zoals hiernaast is weergegeven.



De twee Bu_4N^+ ionen komen hierbij weer vrij.
Het deeltje dat ontstaat als een bisfenolaation met twee moleculen fosgeen heeft gereageerd, kan aan beide uiteinden met bisfenolaationen reageren. In deze reactie ontstaan ook chloride-ionen. Het molecuul dat hierbij ontstaat, reageert weer aan weerszijden met fosgeen. Dit patroon herhaalt zich vele malen en zo ontstaat uiteindelijk het polymeer.

3p **3** Geef van lexaan een gedeelte uit het midden van een polymeermolecuul in structuurformule weer. Dit gedeelte dient te bestaan uit twee monomeereenheden fosgeen en twee monomeereenheden bisfenol-A.

Voor bepaalde toepassingen wordt een variant van het polymeer lexaan geproduceerd. Als aan R2 een bepaald percentage 1,3,5-benzeentriol wordt toegevoegd, ontstaat een netwerkpolymeer.

2p **4** Leg uit dat een netwerkpolymeer zal ontstaan als 1,3,5-benzeentriol in R2 wordt toegevoegd.

In scheidingsruimte S2 wordt het mengsel afkomstig van R2 gewassen met water. Hierbij worden het overgebleven bisfenol-A, natronloog en tetrabutylammoniumchloride afgescheiden van het lexaan en dichloormethaan. In S3 wordt lexaan ten slotte gescheiden van dichloormethaan. De overige stoffen afkomstig uit S2 worden opgeslagen.

4p **5** Maak het blokschema op de uitwerkbijlage compleet.
- Noteer ontbrekende pijlen en ontbrekende stoffen bij de pijlen. Houd daarbij rekening met hergebruik van stoffen. Hergebruik van de uit S2 afkomstige overige stoffen hoeft niet te worden aangegeven.
- Bij de stofstroom aangeduid met een * hoef je niets in te vullen.
- Geef de stofstromen in het schema weer met de volgende cijfers:

1	bisfenol-A / bisfenolaat	6	lexaan
2	chloor	7	natronloog
3	dichloormethaan	8	tetrabutylammoniumchloride
4	fosgeen	9	water
5	koolstofmonoöxide	10	opgelost NaCl

- Cijfers voor de verschillende stofstromen kunnen meerdere malen voorkomen.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Chloordioxide

Rond 1944 had het drinkwater nabij de Niagara watervallen in de staat New York na de gebruikelijke behandeling met chloor een ziekenhuisachtige bijsmaak. Onderzoek naar de oorzaak van de bijsmaak leverde op dat in het gezuiverde water een zeer geringe hoeveelheid 2-chloorbenzenol aanwezig was.

2p **6** Beschrijf hoe je door middel van chromatografie kunt aantonen dat 2-chloorbenzenol in gezuiverd water voorkomt. Geef ook aan waaruit blijkt dat in het onderzochte water inderdaad 2-chloorbenzenol voorkomt.

Onder andere door dit probleem wordt sinds 1944 chloordioxide (ClO_2) gebruikt. Chloordioxide heeft goede desinfecterende eigenschappen: allerlei bacteriën en virussen worden snel en volledig onschadelijk gemaakt. Ook ontstaan bij gebruik van ClO_2 minder ongewenste chloorbevattende organische verbindingen, zoals 2-chloorbenzenol.

Het 2-chloorbenzenol was gevormd uit benzenol afkomstig van industrieel afvalwater. Als benzenol in zuur milieu met chloordioxide reageert, wordt het in een halfreactie omgezet tot buteendizuur en ethaandizuur. De chloordioxidemoleculen worden daarbij in een halfreactie omgezet tot chloride-ionen en water.

4p **7** Geef de vergelijking van de halfreactie voor de omzetting van benzenol tot buteendizuur en ethaandizuur. Behalve de formules van de genoemde stoffen komen in de vergelijking ook H^+ en H_2O voor. Gebruik voor de koolstofverbindingen structuurformules. Je hoeft geen rekening te houden met stereo-isomerie.

3p **8** Geef de vergelijking van de halfreactie van chloordioxide en leid de vergelijking af van de totale reactie tussen benzenol en chloordioxide in zuur milieu. In de vergelijking van de halfreactie van chloordioxide komen behalve ClO_2 en Cl^- ook H^+ en H_2O voor.

Omdat chloordioxide een instabiele stof is, wordt het in waterzuiveringsinstallaties in zogenoemde generatoren gemaakt. In een bepaald type chloordioxide-generator wordt het chloordioxide geproduceerd door twee commercieel verkrijgbare oplossingen samen te voegen: een oplossing van 7,5 massa% natriumchloriet ($NaClO_2$) en zoutzuur. Bij het mengen van de $NaClO_2$ oplossing en zoutzuur treedt de volgende reactie op:

$$5\ ClO_2^- + 4\ H^+ \rightarrow 4\ ClO_2 + 2\ H_2O + Cl^-$$

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

De omzettingsgraad van het opgeloste chloriet is 95%.
Het in de generator ontstane ClO_2 wordt gescheiden van het reactiemengsel. Vervolgens wordt het opgelost in water, waarna het wordt verdund met water tot een gehalte van 2,4 g ClO_2 per L. Om veiligheidsredenen is een maximale voorraad van 200 L toegestaan.

5p **9** Bereken hoeveel liter van de 7,5 massa% $NaClO_2$ oplossing nodig is om een voorraadvat van 200 L te vullen met de ClO_2 oplossing. De dichtheid van de $NaClO_2$ oplossing is 1,06 kg L^{-1}.

Het ClO_2 gehalte in het voorraadvat wordt regelmatig gecontroleerd. Dat gebeurt door middel van een jodometrische titratie.
Voor deze titratie is een buffer van pH = 7,00 nodig. Deze buffer wordt gemaakt door oplossingen van natronloog en natriumdiwaterstoffosfaat samen te voegen. In de buffer zijn zowel deeltjes monowaterstoffosfaat als diwaterstoffosfaat aanwezig.

3p **10** Bereken de molverhouding waarin de deeltjes monowaterstoffosfaat en diwaterstoffosfaat in de buffer met een pH van 7,00 voorkomen.
Geef de uitkomst van je berekening weer als:
monowaterstoffosfaat : diwaterstoffosfaat = … : …

Hieronder staat een beschrijving van een dergelijke controle.

> Neem 25,0 mL ClO_2 oplossing en voeg een buffer toe met pH = 7,00.
> Voeg hieraan een grote overmaat KI oplossing toe. Titreer met een oplossing van natriumthiosulfaat ($Na_2S_2O_3$).

Er vormt zich eerst jood volgens onderstaande reactievergelijking:

$$2\ ClO_2 + 2\ I^- \rightarrow 2\ ClO_2^- + I_2$$

Tijdens de titratie treedt de volgende reactie op:

$$2\ S_2O_3^{2-} + I_2 \rightarrow S_4O_6^{2-} + 2\ I^-$$

Vlak voor het bereiken van het eindpunt wordt een kleine hoeveelheid zetmeel-oplossing toegevoegd.
Het eindpunt bij de bepaling van het gehalte ClO_2 van een monster vloeistof uit een voorraadvat werd bereikt nadat 17,1 mL 0,050 M natriumthiosulfaat was toegevoegd.

1p **11** Geef aan welke kleurverandering zichtbaar is bij het eindpunt van deze bepaling.

2p **12** Bereken het gehalte ClO_2 in het voorraadvat in g L^{-1}.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Vermiljoen

Tot aan de 19e eeuw werd het rode pigment vermiljoen veel gebruikt in kunstschildersverven. Vermiljoen bestaat uit kwik(II)sulfide (HgS) en wordt in de natuur gevonden als het mineraal cinnaber. Rode partijen op schilderijen, waarvoor vermiljoen is gebruikt, kunnen onder invloed van licht langzaam verkleuren: er ontstaan zwarte en witte plekken. Dit degradatieproces is onomkeerbaar. Scheikundige Katrien Keune onderzocht de rode partijen in Rubens' schilderij 'Portret van een jonge vrouw' (dat waarschijnlijk uit 1606 dateert). In dit schilderij zijn de rode partijen verkleurd. Volgens Keune zorgt een kleine hoeveelheid chloride voor de verkleuringen. Door minuscule verfmonsters uit het schilderij te onderzoeken, kwam ze tot de conclusie dat de volgende drie stappen een rol spelen in het degradatieproces:

1 Kwik(II)sulfide reageert met aanwezige chloride-ionen tot kwik, sulfide-ionen en chlooratomen. De chlooratomen reageren vervolgens verder met de sulfide-ionen tot zwavel en chloride-ionen;
2 Kwik(II)sulfide reageert met chloride tot corderoit ($Hg_3S_2Cl_2$);
3 Corderoit ontleedt tot kwik, zwavel en kwik(I)chloride (Hg_2Cl_2), dat op zijn beurt ontleedt tot kwik en kwik(II)chloride.

De omzettingen genoemd bij stap 1 en 3 spelen zich af onder invloed van licht. De zwarte kleur ontstaat volgens Keune, doordat zeer kleine bolletjes kwik zich hechten aan nog aanwezig kwik(II)sulfide. De witte kleur wordt veroorzaakt door de kwikchloriden.

3p **13** Geef de bij stap 1 beschreven reacties in twee vergelijkingen weer.

2p **14** Leg onder andere aan de hand van deze reactievergelijkingen uit of de conclusie mag worden getrokken, dat chloride-ionen als katalysator fungeren in deze omzetting.

In stap 2 ontstaat, behalve corderoit, één andere soort deeltjes.

3p **15** Geef de vergelijking voor deze reactie.

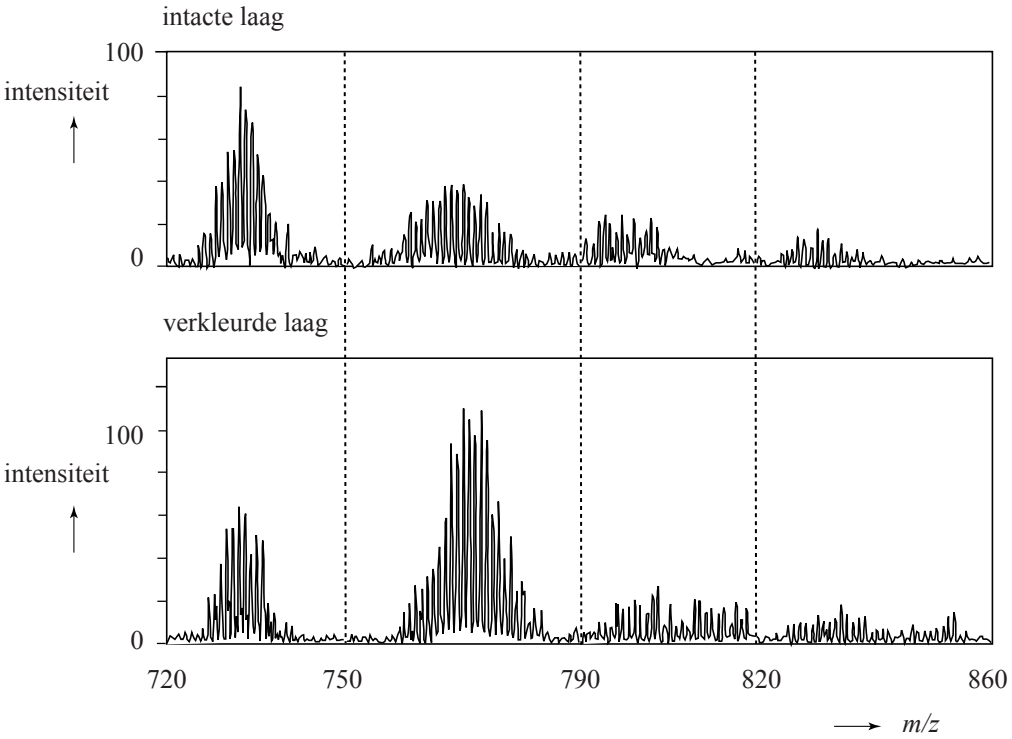
2p **16** Geef de bij stap 3 beschreven reacties in twee vergelijkingen weer.

Het ontstaan van corderoit heeft Keune afgeleid uit massaspectra.
In figuur 1 zijn twee massaspectra afgebeeld die bij dit onderzoek zijn verkregen. Het ene spectrum is verkregen uit een monster van een verflaag waarin het vermiljoen niet was aangetast (de intacte laag).
Het andere spectrum was van een monster van een verflaag waarin het vermiljoen was aangetast (de verkleurde laag).

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

In de gebruikte massaspectrometer worden uitsluitend negatieve ionen gedetecteerd. De meeste van die negatieve ionen zijn ontstaan door binding van één chloride-ion aan een neutraal deeltje.

figuur 1



De pieken horen bij negatieve ionen die elk bestaan uit kwik-, zwavel- en chloordeeltjes. Opvallend aan de spectra zijn de groepen ('bundels') van pieken rondom bepaalde *m/z*-waarden. Elke afzonderlijke piekenbundel moet worden toegeschreven aan een ion met één bepaalde formule. Zo moeten alle pieken bij de *m/z*-waarden tussen 720 en 750 worden toegeschreven aan samengestelde ionen met formule $Hg_3S_3Cl^-$.

2p **17** Geef de isotopensamenstelling van $Hg_3S_3Cl^-$ die een piek oplevert bij *m/z* = 720. Ga ervan uit dat de volgende isotopen van chloor, zwavel en kwik in de natuur voorkomen:
chloor: ^{35}Cl, ^{37}Cl;
zwavel: ^{32}S, ^{33}S, ^{34}S;
kwik: ^{196}Hg, ^{198}Hg, ^{199}Hg, ^{200}Hg, ^{201}Hg, ^{202}Hg, ^{204}Hg.

Uit vergelijking van het spectrum van de verkleurde laag met het spectrum van de intacte laag heeft Keune afgeleid dat in de verkleurde laag meer corderoit ($Hg_3S_2Cl_2$) voorkomt dan in de intacte laag.

3p **18** Leg uit dat met behulp van figuur 1 en een ander gegeven uit de voorgaande tekst deze conclusie kan worden getrokken.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Uit het onderzoek blijkt dat chloride een belangrijke rol speelt bij het verkleuringsproces. Uit eerder onderzoek was gebleken, dat een chloridegehalte van 0,05 massaprocent voldoende is om het verkleuringsproces op gang te brengen. Een dergelijk laag massapercentage kan de relatief grote hoeveelheden kwikchloride die in de verkleurde delen van het schilderij worden aangetroffen, niet verklaren. Keune vermoedt dat chloride uit de grondverf van het schilderij betrokken is bij het verkleuringsproces.
Een niet aangetast verfmonster van 100,0 μg verf bevat 0,050 massaprocent Cl^-. Het chloride is aanwezig in de vorm van terlinguaiet (Hg_2OCl).

3p **19** Bereken hoeveel μg Cl^- en hoeveel μg HgS dit verfmonster bevat. Neem aan dat het verfmonster uitsluitend bestaat uit HgS en Hg_2OCl.

3p **20** Bereken hoeveel procent van het HgS in het verfmonster maximaal kan worden omgezet tot $HgCl_2$ met behulp van de hoeveelheid Cl^- die in het verfmonster aanwezig is.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Afbraak van vetzuren

Vetten zijn triglyceriden. Vetten uit voeding worden in het lichaam afgebroken. Dit gebeurt in twee stappen. Eerst vindt de hydrolyse van vetten tot onder andere vetzuren plaats. Zo wordt glyceryltripalmitaat bij volledige hydrolyse omgezet tot onder andere palmitinezuur ($C_{15}H_{31}COOH$).

3p **21** Geef de reactievergelijking van de volledige hydrolyse van glyceryltripalmitaat.
- Noteer de koolwaterstofstaart van het palmitinezuur en palmitaat als $C_{15}H_{31}$.
- Gebruik structuurformules voor de organische stoffen en maak gebruik van Binas-tabellen 67B1 en 67B2.

Na deze hydrolyse worden de vetzuren verder afgebroken. Vetten vormen een belangrijke energiebron voor het lichaam. Tijdens de afbraak in het lichaam komt veel energie vrij. Een gram vet levert bij afbraak beduidend meer energie dan een gram koolhydraat of eiwit. De grootste hoeveelheid energie komt hierbij vrij door de afbraak van de vetzuren.
Het mechanisme van de afbraak van vetzuren is lange tijd onduidelijk gebleven. De reden was dat de reactieproducten van tussenstappen snel worden afgebroken en daarom niet konden worden aangetoond. De wetenschapper Franz Knoop bedacht hiervoor in 1904 een oplossing. Knoop mengde carbonzuren met het voer van honden. Dit waren carbonzuren die van tevoren dusdanig waren bewerkt dat aan het koolstofatoom dat het verst verwijderd was van de carbonzuurgroep, een benzeenring was gekoppeld. De benzeenring zorgde ervoor dat het carbonzuurmolecuul niet volledig kon worden afgebroken. Er bleef steeds een gedeelte (met een benzeenring) over.
Hij voerde de proef uit met carbonzuren waarvan de moleculen verschillende ketenlengtes hadden. Hij verzamelde de urine van de honden gedurende 24 uur en analyseerde deze.

Hij vond de volgende resultaten:

Experiment nummer	Aan de honden toegediend	Uitgescheiden via de urine
1	C_6H_5COOH	C_6H_5COOH
2	$C_6H_5CH_2COOH$	$C_6H_5CH_2COOH$
3	$C_6H_5CH_2CH_2COOH$	C_6H_5COOH
4	$C_6H_5CH_2CH_2CH_2COOH$	$C_6H_5CH_2COOH$
5	$C_6H_5CH_2CH_2CH_2CH_2COOH$	C_6H_5COOH

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Knoop stelde op basis van dit experiment de hypothese op dat de afbraak van vetzuren gefaseerd plaatsvindt: de koolstofketens van de vetzuurmoleculen worden telkens twee koolstofatomen of een veelvoud daarvan korter.

2p **22** Leg uit dat de hypothese, dat de koolstofketens van de vetzuurmoleculen telkens twee koolstofatomen of een veelvoud daarvan korter worden, aansluit bij de resultaten van het bovenbeschreven experiment.

Knoop had hiermee een belangrijke stap in de ontrafeling van het afbraakmechanisme gezet. Later werd het afbraakmechanisme van vetzuren volledig opgehelderd. Daarbij bleek dat de stof co-enzym A een belangrijke rol in dit mechanisme speelt. In de structuurformule van co-enzym A is $-S-H$ de reactieve groep. In het vervolg van de opgave wordt co-enzym A daarom als $CoA-SH$ weergegeven.
In figuur 1 is het afbraakmechanisme schematisch weergegeven.
In figuur 1 wordt een aantal stoffen met hun afkortingen aangeduid.
Aan het begin van het afbraakmechanisme reageert een molecuul van het vetzuur met een molecuul co-enzym A tot een molecuul acyl-CoA.
Vervolgens wordt in vier stappen de koolstofketen twee koolstofatomen korter gemaakt. Eén van de eindproducten van deze vier stappen is een nieuw molecuul acyl-CoA met een koolstofketen die twee koolstofatomen minder bevat dan de koolstofketen van het oorspronkelijke acyl-CoA. Dit nieuwe molecuul acyl-CoA ondergaat dezelfde vier stappen. Deze reeks van vier stappen wordt steeds herhaald, totdat in de laatste stap twee moleculen acetyl-CoA ontstaan.

Van de stof enoyl-CoA is een stereo-isomeer mogelijk. In het afbraakmechanisme blijkt alleen de getekende stereo-isomeer van enoyl-CoA te ontstaan.

1p **23** Teken de structuurformule van de andere stereo-isomeer van enoyl-CoA. Gebruik hiervoor een vergelijkbare schematische weergave als in figuur 1, met R en $S-CoA$.

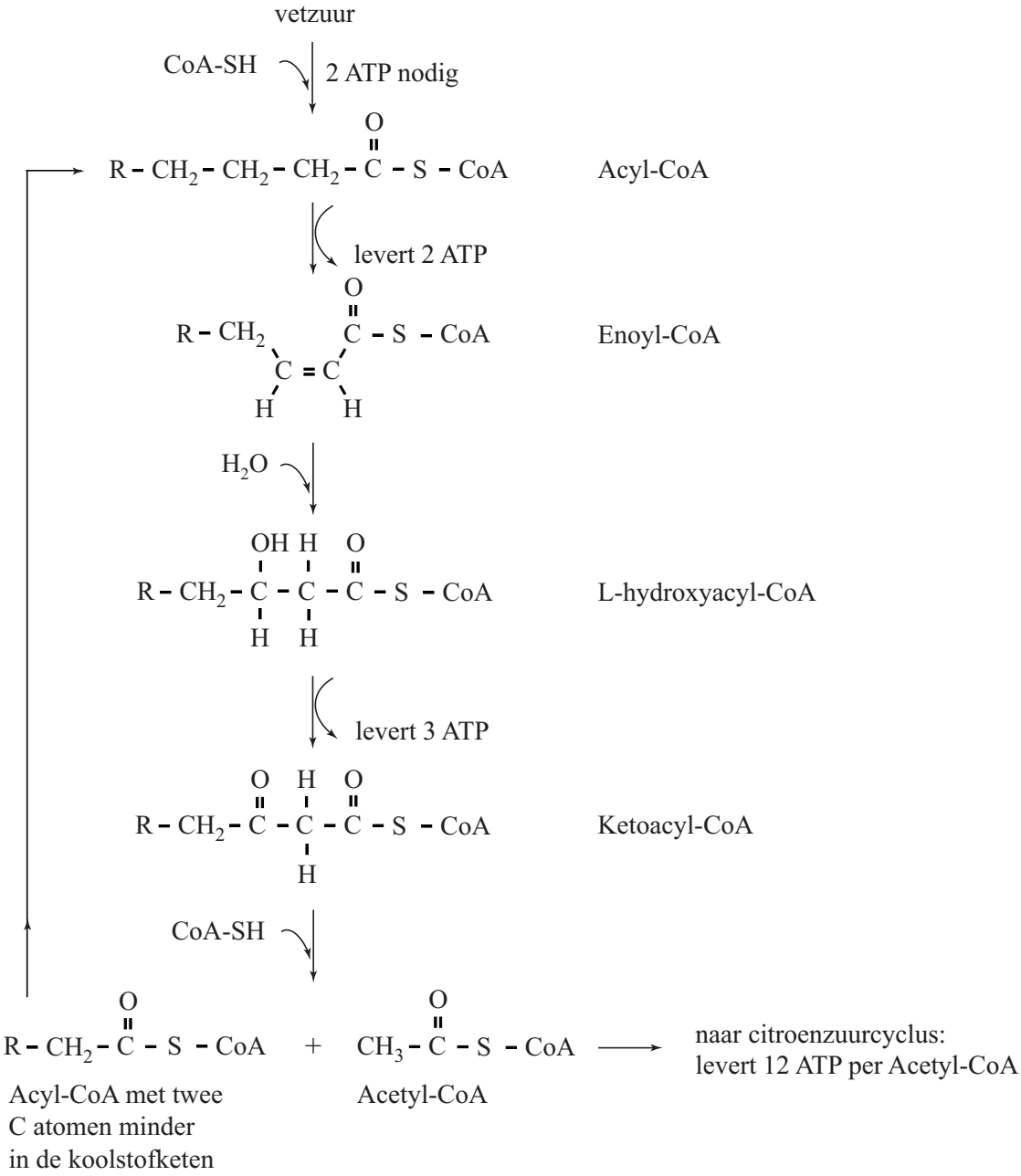
De vorming van hydroxyacyl-CoA uit enoyl-CoA is een additiereactie. In principe kunnen vier additieproducten ontstaan. In dit afbraakmechanisme ontstaat er maar één.

2p **24** Leg uit dat in principe vier producten in deze additiereactie mogelijk zijn.

1p **25** Geef een verklaring voor het feit dat in dit afbraakmechanisme bij de vorming van hydroxyacyl-CoA uit enoyl-CoA slechts één additieproduct ontstaat.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

figuur 1



De omzetting van L-hydroxyacyl-CoA tot ketoacyl-CoA is een redoxreactie.

2p **26** Leg aan de hand van de gegeven structuurformules van L-hydroxyacyl-CoA en ketoacyl-CoA uit of bij deze omzetting L-hydroxyacyl-CoA als oxidator of als reductor reageert.

Let op: de laatste vraag van dit examen staat op de volgende pagina.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

In de biochemie wordt de hoeveelheid energie die bij een omzetting is betrokken vaak uitgedrukt in zogenoemde ATP-eenheden. Dit is de hoeveelheid energie die nodig is voor de omzetting van een eenheid ADP (adenosinedifosfaat) tot een eenheid ATP (adenosinetrifosfaat), dan wel de energie die ontstaat als ATP wordt omgezet tot ADP.
Voor de eerste stap in het afbraakmechanisme van een vet, de vorming van acyl-CoA, worden per vetzuurmolecuul twee eenheden ATP aan energie opgenomen. Vervolgens wordt acyl-CoA volgens figuur 1 in een aantal stappen volledig omgezet tot acetyl-CoA.
Als bij een stap in figuur 1 niet is aangegeven of deze ATP levert of kost, dan mag worden aangenomen dat geen energie nodig is of vrijkomt in de vorm van ATP.
Alle gevormde acetyl-CoA wordt tenslotte via de zogenoemde citroenzuurcyclus in het lichaam verder afgebroken, waarbij per eenheid acetyl-CoA twaalf ATP-eenheden ontstaan.

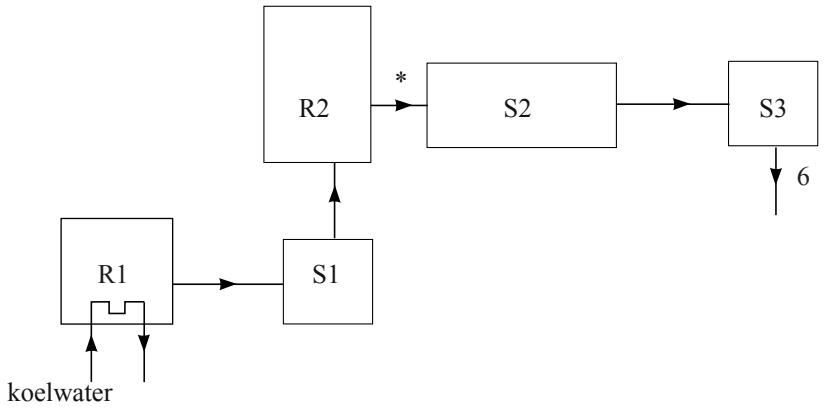
4p **27** Bereken hoeveel ATP-eenheden worden gevormd als 1 molecuul palmitinezuur ($C_{15}H_{31}COOH$) volledig wordt afgebroken volgens de stappen in figuur 1.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

uitwerkbijlage

Naam kandidaat _____ Kandidaatnummer _____

5



VERGEET NIET DEZE UITWERKBIJLAGE IN TE LEVEREN

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

scheikunde vwo

Centraal examen vwo

Tijdvak 1

Opgaven

Aan de secretarissen van het eindexamen van de scholen voor vwo,

Bij het centraal examen scheikunde vwo op dinsdag 13 mei, aanvang 13.30 uur, moeten de kandidaten de volgende mededeling ontvangen. Deze mededeling moet bij het begin van de zitting worden voorgelezen en/of aan de kandidaten worden uitgereikt.

Op **pagina 12**, bij de inleiding van **vraag 27**, **regel 6,** moet het woord

vet

vervangen worden door:

vetzuur

Het College voor Examens
Namens deze, de voorzitter,

drs. H.W. Laan

VW-1028-a-14-1-o-E*

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Examen VWO

2014

tijdvak 1
dinsdag 13 mei
13.30 - 16.30 uur

scheikunde (pilot)

Bij dit examen hoort een uitwerkbijlage.

Dit examen bestaat uit 28 vragen.
Voor dit examen zijn maximaal 69 punten te behalen.
Voor elk vraagnummer staat hoeveel punten met een goed antwoord behaald kunnen worden.

Als bij een vraag een verklaring, uitleg, berekening of afleiding gevraagd wordt, worden aan het antwoord meestal geen punten toegekend als deze verklaring, uitleg, berekening of afleiding ontbreekt.

Geef niet meer antwoorden (redenen, voorbeelden e.d.) dan er worden gevraagd. Als er bijvoorbeeld twee redenen worden gevraagd en je geeft meer dan twee redenen, dan worden alleen de eerste twee in de beoordeling meegeteld.

VW-1028-f-14-1-o

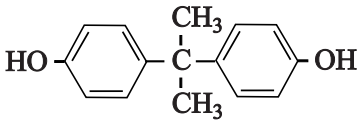
Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Grensvlakpolymerisatie

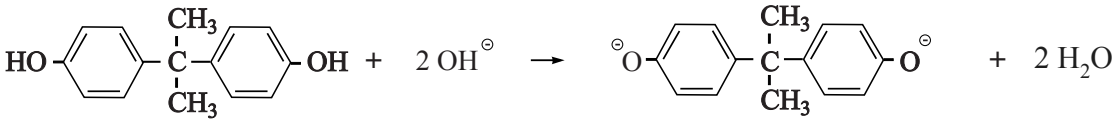
De kunststof lexaan wordt toegepast als coating van cd's en bijvoorbeeld als materiaal voor het venster in skibrillen. Lexaan is een zogeheten polycarbonaat. Lexaan wordt gemaakt uit twee monomeren. Eén van de monomeren van lexaan is het gas fosgeen ($COCl_2$). Fosgeen is een zeer giftig zenuwgas en wordt daarom niet in grote hoeveelheden opgeslagen voor gebruik, maar ter plekke gemaakt uit chloor en koolstofmonoöxide.
In de uitwerkbijlage die bij deze opgave hoort, is een vereenvoudigd en onvolledig blokschema voor de productie van lexaan weergegeven.
In reactor 1 (R1) laat men een overmaat koolstofmonoöxide reageren met chloor. Het chloor reageert hierbij volledig.

2p **1** Laat met een berekening zien of R1 moet worden verwarmd of gekoeld.
De vormingswarmte van fosgeen bedraagt $-2{,}23 \cdot 10^5$ J mol^{-1}.

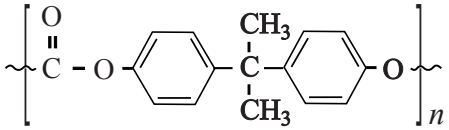
Het gevormde fosgeen wordt vervolgens gescheiden van de overmaat koolstofmonoöxide in scheidingsruimte S1. Fosgeen wordt onderin reactor R2 geleid. R2 bevat twee vloeistoffen die niet met elkaar mengen. De bovenste laag is natronloog. De onderste laag bevat dichloormethaan (CH_2Cl_2).
Behalve fosgeen wordt als grondstof voor lexaan bisfenol-A gebruikt, waarvan de structuurformule hieronder is weergegeven.



Bisfenol-A wordt bovenin R2 gebracht. Bisfenol-A reageert met het aanwezige natronloog tot bisfenolaationen, zoals hieronder is weergegeven.



De bisfenolaationen reageren vervolgens aan het grensvlak van beide vloeistoffen met fosgeen tot lexaan. Hieronder is een gedeelte van een polymeerketen van lexaan weergegeven.



Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

De atoomefficiëntie, ook wel atoomeconomie genoemd, van de vorming van lexaan uit de grondstoffen, kan worden berekend op basis van de reacties die in R2 verlopen. Hierbij is onder andere de molecuulformule van de repeterende eenheid van lexaan nodig.

3p **2** Geef de beide reacties die verlopen in R2 in één vergelijking weer. Gebruik molecuulformules voor de organische stoffen.

2p **3** Bereken de atoomefficiëntie van de vorming van lexaan in R2. De molaire massa van bisfenol-A bedraagt 228,3 g mol^{-1}.

Voor bepaalde toepassingen wordt een variant van het polymeer lexaan geproduceerd. Als aan R2 een bepaald percentage 1,3,5-benzeentriol wordt toegevoegd, ontstaat een netwerkpolymeer.

2p **4** Leg uit dat een netwerkpolymeer zal ontstaan als 1,3,5-benzeentriol in R2 wordt toegevoegd.

In scheidingsruimte S2 wordt het mengsel afkomstig van R2 gewassen met water. Hierbij worden het overgebleven bisfenol-A en natronloog afgescheiden van het lexaan en dichloormethaan. In S3 wordt lexaan ten slotte gescheiden van dichloormethaan. De overige stoffen afkomstig uit S2 worden opgeslagen.

4p **5** Maak het blokschema op de uitwerkbijlage compleet.
- Noteer ontbrekende pijlen en ontbrekende stoffen bij de pijlen. Houd daarbij rekening met hergebruik van stoffen. Hergebruik van de uit S2 afkomstige overige stoffen hoeft niet te worden aangegeven.
- Bij de stofstroom aangeduid met een * hoef je niets in te vullen.
- Geef de stofstromen in het schema weer met de volgende cijfers:

1	bisfenol-A / bisfenolaat	6	lexaan
2	chloor	7	natronloog
3	dichloormethaan	8	water
4	fosgeen	9	opgelost natriumchloride
5	koolstofmonoöxide		

- Cijfers voor de verschillende stofstromen kunnen meerdere malen voorkomen.

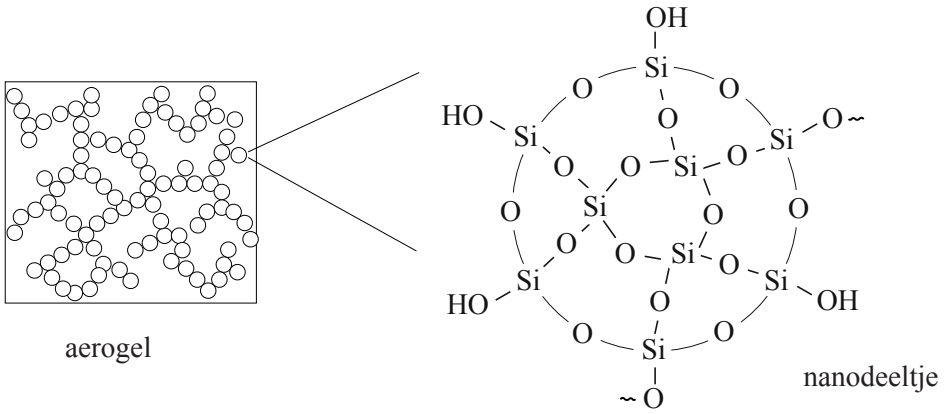
Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Water zuiveren met aerogel

Aerogels zijn materialen met een extreem lage dichtheid. Aerogels hebben een zeer groot inwendig oppervlak, wat ze zeer geschikt maakt als adsorptiemateriaal bij de zuivering van water.
De eerste aerogel werd gemaakt op basis van $Si(OH)_4$. Deze stof werd gemaakt door natriumsilicaat (Na_2SiO_3) aan zoutzuur toe te voegen. Hierbij reageren de silicaationen met H_3O^+ tot de moleculaire stof $Si(OH)_4$ en water.

2p **6** Geef de vergelijking van de vorming van $Si(OH)_4$ uit silicaationen.

De vorming van een aerogel uit $Si(OH)_4$ vindt plaats in een organisch oplosmiddel. In het begin van het proces reageren moleculen $Si(OH)_4$ met elkaar, waarbij $Si–O–Si$ bindingen worden gevormd onder afsplitsing van water. Hierbij worden in het begin alleen nanodeeltjes gevormd. Vervolgens reageren nanodeeltjes met elkaar via enkele OH groepen aan het oppervlak van de nanodeeltjes. Hierdoor ontstaat een netwerk van aan elkaar verbonden bolletjes. Door verdamping van het oplosmiddel wordt de aerogel verkregen. In het netwerk zijn moleculen uit lucht aanwezig. Hieronder is een schematische weergave van een aerogel en een nanodeeltje gegeven.



Door andere beginstoffen te kiezen, kan men de grootte van de nanodeeltjes beïnvloeden. Als beginstoffen worden dan $Si(OH)_4$ en $RSi(OH)_3$ gebruikt. Een belangrijke voorwaarde voor de keuze van de groep R is dat deze niet met andere groepen R of met OH groepen kan reageren. Alleen dan zullen deze groepen aan het oppervlak van de nanodeeltjes terecht komen. Als voor de molverhouding $RSi(OH)_3 : Si(OH)_4$ een grotere waarde wordt gekozen, worden kleinere nanodeeltjes gevormd.

2p **7** Geef een verklaring voor de waarneming dat kleinere nanodeeltjes worden gevormd wanneer de molverhouding $RSi(OH)_3 : Si(OH)_4$ groter wordt.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

De verhoudingsformule voor een dergelijke aerogel kan worden weergegeven als $R_xSi_yO_z$. De waarden van x, y en z in deze verhoudingsformule hangen af van de molverhouding waarin $Si(OH)_4$ en $RSi(OH)_3$ worden gemengd.

3p **8** Leid af wat de waarden voor x, y en z zijn wanneer $Si(OH)_4$ en $RSi(OH)_3$ in de molverhouding 1 : 2 reageren. Ga ervan uit dat alle H atomen worden opgenomen in watermoleculen.

Wanneer voor de groep R propylamine $\sim C_3H_6–NH_2$ wordt genomen, is de aerogel geschikt om metaalionen te binden. Bij aerogels met propylaminegroepen aan het oppervlak hangt de hoeveelheid metaalionen die gebonden wordt, sterk af van de zuurgraad.

2p **9** Leg uit op microniveau (deeltjesniveau) waarom aerogels met propylaminegroepen aan het oppervlak, geschikt zijn om metaalionen te binden.

3p **10** Leg uit of te verwachten is dat bij een lage pH-waarde van de oplossing de metaalionen beter, even goed of slechter gebonden zullen worden dan bij een neutrale pH.

De mercaptopropylgroep ($\sim C_3H_6–SH$) is ook geschikt om metaalionen te binden. In een experiment is gemeten hoeveel procent van de aanwezige metaalionen uit een oplossing werd gebonden aan deze aerogel.
Bij dit experiment werden oplossingen gebruikt die 50 mg L^{-1} Cu^{2+} of 50 mg L^{-1} Hg^{2+} bevatten.
Uit de resultaten van dit experiment bleek dat voor het volledig uit de oplossing verwijderen van deze ionen per mL oplossing ongeveer drie keer zoveel aerogel nodig is voor het verwijderen van de Cu^{2+} ionen als voor de Hg^{2+} ionen.

2p **11** Leg uit waarom per mL oplossing ongeveer drie keer zoveel aerogel nodig is voor het verwijderen van Cu^{2+} als voor Hg^{2+}. Neem aan dat Cu^{2+} en Hg^{2+} op eenzelfde manier aan de mercaptopropylgroepen binden.

Voor het verwijderen van de kwikionen uit 1,0 mL oplossing was in het experiment 0,60 mg aerogel nodig. De verhoudingsformule van de gebruikte aerogel is $(C_3H_7S)Si_4O_7$. Eén kwik(II)ion bindt aan twee mercaptopropylgroepen.

4p **12** Bereken hoeveel procent van het maximale aantal bindingsplekken in deze aerogel bezet is, wanneer de kwik(II)ionen uit 1,0 mL van een oplossing van 50 mg L^{-1} Hg^{2+} zijn verwijderd.
Neem aan dat 100% van de kwik(II)ionen is verwijderd.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Chloordioxide

Rond 1944 had het drinkwater nabij de Niagara watervallen in de staat New York na de gebruikelijke behandeling met chloor een ziekenhuisachtige bijsmaak. Onderzoek naar de oorzaak van de bijsmaak leverde op dat in het gezuiverde water een zeer geringe hoeveelheid 2-chloorbenzenol aanwezig was.

2p **13** Beschrijf hoe je door middel van chromatografie kunt aantonen dat 2-chloorbenzenol in gezuiverd water voorkomt. Geef ook aan waaruit blijkt dat in het onderzochte water inderdaad 2-chloorbenzenol voorkomt.

Onder andere door dit probleem wordt sinds 1944 chloordioxide (ClO_2) gebruikt. Het 2-chloorbenzenol was gevormd uit benzenol afkomstig van industrieel afvalwater. Als benzenol in zuur milieu met chloordioxide reageert, wordt het in een halfreactie omgezet tot buteendizuur en ethaandizuur. De chloordioxidemoleculen worden daarbij in een halfreactie omgezet tot chloride-ionen en water.

4p **14** Geef de vergelijking van de halfreactie voor de omzetting van benzenol tot buteendizuur en ethaandizuur. Behalve de formules van de genoemde stoffen komen in de vergelijking ook H^+ en H_2O voor. Gebruik voor de koolstofverbindingen structuurformules. Je hoeft geen rekening te houden met stereo-isomerie.

In waterzuiveringsinstallaties wordt ClO_2 in een beperkte voorraad opgeslagen. Het ClO_2 gehalte in een voorraadvat wordt regelmatig gecontroleerd. Dat gebeurt door middel van een jodometrische titratie. Voor deze titratie wordt een oplossing met pH = 7,00 gebruikt. In deze oplossing zijn zowel deeltjes monowaterstoffosfaat als diwaterstoffosfaat aanwezig.

3p **15** Bereken de molverhouding waarin de deeltjes monowaterstoffosfaat en diwaterstoffosfaat in de oplossing met pH = 7,00 voorkomen.
Geef de uitkomst van je berekening weer als:
monowaterstoffosfaat : diwaterstoffosfaat = … : …

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Hieronder staat een beschrijving van een dergelijke controle.

> Neem 25,0 mL ClO_2 oplossing en voeg de oplossing met pH = 7,00 toe. Voeg hieraan een grote overmaat KI oplossing toe. Titreer met een oplossing van natriumthiosulfaat ($Na_2S_2O_3$).

Er vormt zich eerst jood volgens onderstaande reactievergelijking:

$$2\ ClO_2 + 2\ I^- \rightarrow 2\ ClO_2^- + I_2$$

Tijdens de titratie treedt de volgende reactie op:

$$2\ S_2O_3^{2-} + I_2 \rightarrow S_4O_6^{2-} + 2\ I^-$$

Vlak voor het bereiken van het eindpunt wordt een kleine hoeveelheid van een indicatoroplossing toegevoegd.
Het eindpunt bij de bepaling van het gehalte ClO_2 van een monster vloeistof uit een voorraadvat werd bereikt nadat 17,1 mL 0,050 M natriumthiosulfaat was toegevoegd.

2p **16** Geef aan welke indicatoroplossing wordt toegevoegd en geef aan welke kleurverandering zichtbaar is bij het eindpunt van deze bepaling.

2p **17** Bereken het gehalte ClO_2 in het voorraadvat in g L^{-1}.

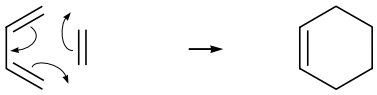
Nanomotors

Nanomotors zijn apparaatjes van enkele nanometers lang die in staat zijn zichzelf voort te bewegen. Een groep wetenschappers heeft een nanomotor gemaakt die kan voortbewegen als gevolg van de polymerisatie van norborneen. Norborneen wordt gemaakt uit een alkadieen en etheen.

norborneen

In figuur 1 is met schematische structuurformules weergegeven hoe 1,3-butadieen met etheen reageert. Met pijltjes is aangegeven hoe elektronenparen zich verplaatsen tijdens de reactie. De stof waaruit norborneen gevormd wordt, reageert op vergelijkbare wijze met etheen.

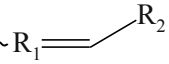
figuur 1



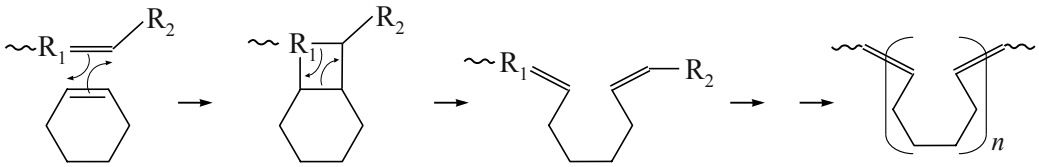
2p **18** Geef de schematische structuurformule van de stof waaruit norborneen ontstaan is.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Norborneen polymeriseert volgens een zogeheten ROMP-reactie.
Deze polymerisatie van norborneen verloopt hierbij op vergelijkbare wijze als de polymerisatie van cyclohexeen. De polymerisatie van cyclohexeen volgens een ROMP-reactie is in figuur 2 schematisch weergegeven.

De atoomgroep  katalyseert de polymerisatie.

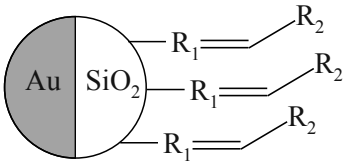
figuur 2



3p **19** Geef een gedeelte uit het midden van een molecuul polynorborneen in schematische structuurformule weer. Dit gedeelte moet zijn ontstaan uit twee norborneen-eenheden.

In figuur 3 is een onderzochte nanomotor weergegeven. Een nanomotor bestaat uit een klein bolletje siliciumdioxide. Op 50% van het oppervlak zijn de katalysatormoleculen bevestigd waar zich polymeerketens vormen. Het andere deel is bedekt met goud. De polymerisatiereactie zorgt voor de voortbeweging van de nanomotor.

figuur 3



Een student brengt een hoeveelheid nanomotors in een oplossing van norborneen. Na verloop van 25 seconden analyseert hij het gevormde polymeer en stelt vast dat de gemiddelde ketenlengte van de polymeerketens $3{,}6 \cdot 10^2$ eenheden bedraagt.

2p **20** Bereken de gemiddelde molecuulmassa van de gevormde polymeerketens. Neem aan dat de massa van de katalysatordeeltjes verwaarloosd mag worden.

De omzettingsfrequentie geeft aan hoeveel moleculen norborneen er per seconde worden gekoppeld per nanomotor. Hoe hoger de omzettingsfrequentie, hoe sneller de motor kan bewegen.

3p **21** Bereken de gemiddelde omzettingsfrequentie voor de onderzochte nanomotor tussen 0 en 25 seconden.
Maak gebruik van eerder in deze opgave verstrekte gegevens en onderstaande gegevens.
- Het totale oppervlak van het siliciumbolletje is $2{,}90 \cdot 10^{-8}$ cm^2
- Er bevindt zich $1{,}0 \cdot 10^{-10}$ mol cm^{-2} katalysatoren op het SiO_2 deel van een nanomotor.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Afbraak van vetzuren

Vetten zijn triglyceriden. Vetten uit voeding worden in het lichaam afgebroken. Dit gebeurt in twee stappen. Eerst vindt de hydrolyse van vetten tot onder andere vetzuren plaats. Zo wordt glyceryltripalmitaat bij volledige hydrolyse omgezet tot onder andere palmitinezuur ($C_{15}H_{31}COOH$).

3p **22** Geef de reactievergelijking van de volledige hydrolyse van glyceryltripalmitaat.
- Noteer de koolwaterstofstaart van het palmitinezuur en palmitaat als $C_{15}H_{31}$.
- Gebruik structuurformules voor de organische stoffen en maak gebruik van Binas-tabellen 67B1 en 67B2.

Na deze hydrolyse worden de vetzuren verder afgebroken. Vetten vormen een belangrijke energiebron voor het lichaam. Tijdens de afbraak in het lichaam komt veel energie vrij. Een gram vet levert bij afbraak beduidend meer energie dan een gram koolhydraat of eiwit. De grootste hoeveelheid energie komt hierbij vrij door de afbraak van de vetzuren.
Het mechanisme van de afbraak van vetzuren is lange tijd onduidelijk gebleven. De reden was dat de reactieproducten van tussenstappen snel worden afgebroken en daarom niet konden worden aangetoond. De wetenschapper Franz Knoop bedacht hiervoor in 1904 een oplossing. Knoop mengde carbonzuren met het voer van honden. Dit waren carbonzuren die van tevoren dusdanig waren bewerkt dat aan het koolstofatoom dat het verst verwijderd was van de carbonzuurgroep, een benzeenring was gekoppeld. De benzeenring zorgde ervoor dat het carbonzuurmolecuul niet volledig kon worden afgebroken. Er bleef steeds een gedeelte (met een benzeenring) over.
Hij voerde de proef uit met carbonzuren waarvan de moleculen verschillende ketenlengtes hadden. Hij verzamelde de urine van de honden gedurende 24 uur en analyseerde deze.

Hij vond de volgende resultaten:

Experiment nummer	Aan de honden toegediend	Uitgescheiden via de urine
1	C_6H_5COOH	C_6H_5COOH
2	$C_6H_5CH_2COOH$	$C_6H_5CH_2COOH$
3	$C_6H_5CH_2CH_2COOH$	C_6H_5COOH
4	$C_6H_5CH_2CH_2CH_2COOH$	$C_6H_5CH_2COOH$
5	$C_6H_5CH_2CH_2CH_2CH_2COOH$	C_6H_5COOH

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Knoop stelde op basis van dit experiment de hypothese op dat de afbraak van vetzuren gefaseerd plaatsvindt: de koolstofketens van de vetzuurmoleculen worden telkens twee koolstofatomen of een veelvoud daarvan korter.

2p **23** Leg uit dat de hypothese, dat de koolstofketens van de vetzuurmoleculen telkens twee koolstofatomen of een veelvoud daarvan korter worden, aansluit bij de resultaten van het bovenbeschreven experiment.

Knoop had hiermee een belangrijke stap in de ontrafeling van het afbraakmechanisme gezet. Later werd het afbraakmechanisme van vetzuren volledig opgehelderd. Daarbij bleek dat de stof co-enzym A een belangrijke rol in dit mechanisme speelt. In de structuurformule van co-enzym A is $-S-H$ de reactieve groep. In het vervolg van de opgave wordt co-enzym A daarom als $CoA-SH$ weergegeven.
In figuur 1 is het afbraakmechanisme schematisch weergegeven.
In figuur 1 wordt een aantal stoffen met hun afkortingen aangeduid.
Aan het begin van het afbraakmechanisme reageert een molecuul van het vetzuur met een molecuul co-enzym A tot een molecuul acyl-CoA.
Vervolgens wordt in vier stappen de koolstofketen twee koolstofatomen korter gemaakt. Eén van de eindproducten van deze vier stappen is een nieuw molecuul acyl-CoA met een koolstofketen die twee koolstofatomen minder bevat dan de koolstofketen van het oorsponkelijke acyl-CoA. Dit nieuwe molecuul acyl-CoA ondergaat dezelfde vier stappen. Deze reeks van vier stappen wordt steeds herhaald, totdat in de laatste stap twee moleculen acetyl-CoA ontstaan.

Van de stof enoyl-CoA is een stereo-isomeer mogelijk. In het afbraakmechanisme blijkt alleen de getekende stereo-isomeer van enoyl-CoA te ontstaan.

1p **24** Teken de structuurformule van de andere stereo-isomeer van enoyl-CoA. Gebruik hiervoor een vergelijkbare schematische weergave als in figuur 1, met R en $S-CoA$.

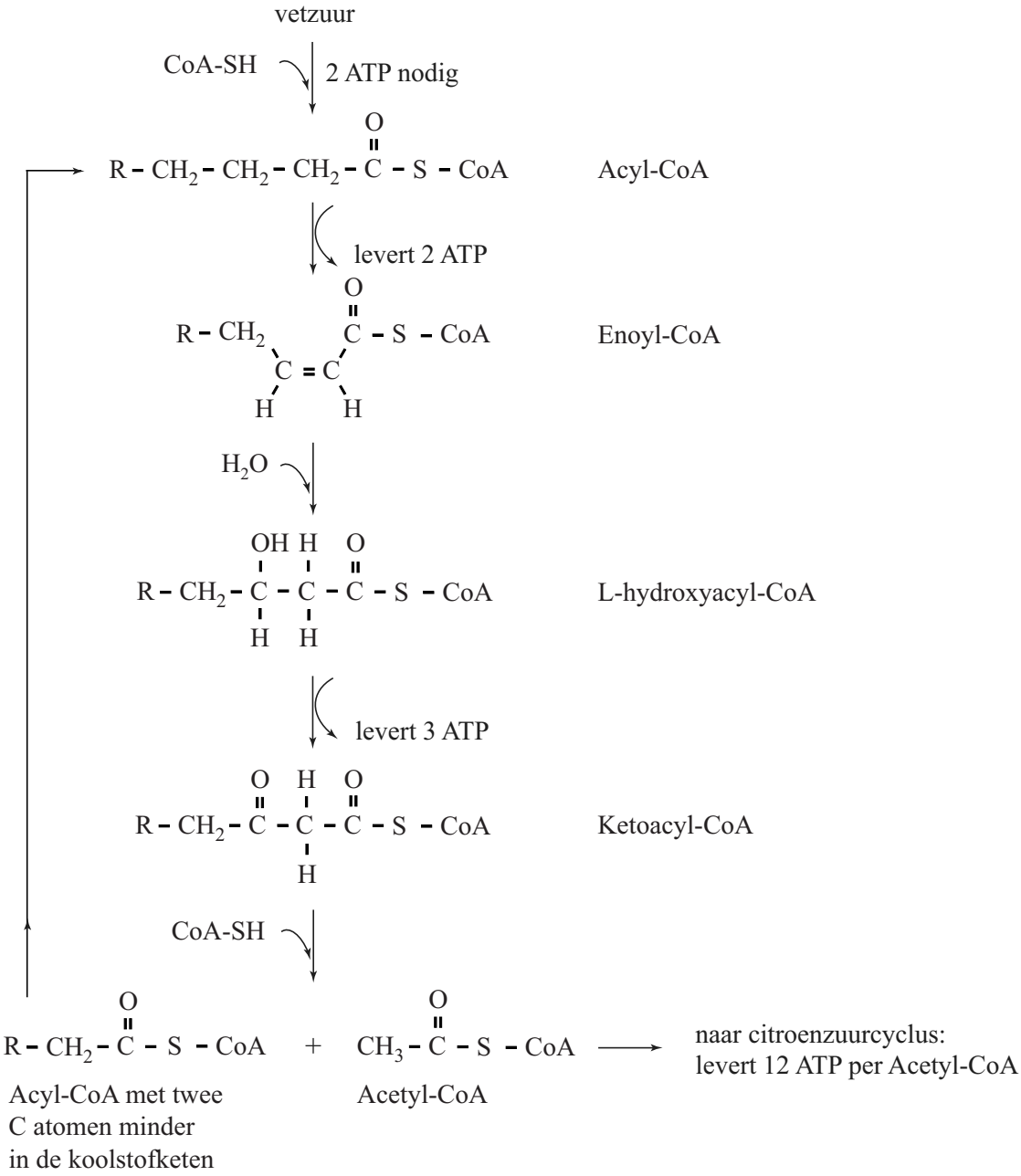
De vorming van hydroxyacyl-CoA uit enoyl-CoA is een additiereactie. In principe kunnen vier additieproducten ontstaan. In dit afbraakmechanisme ontstaat er maar één.

2p **25** Leg uit dat in principe vier producten in deze additiereactie mogelijk zijn.

1p **26** Geef een verklaring voor het feit dat in dit afbraakmechanisme bij de vorming van hydroxyacyl-CoA uit enoyl-CoA slechts één additieproduct ontstaat.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

figuur 1



De omzetting van L-hydroxyacyl-CoA tot ketoacyl-CoA is een redoxreactie.

2p **27** Leg aan de hand van de gegeven structuurformules van L-hydroxyacyl-CoA en ketoacyl-CoA uit of bij deze omzetting L-hydroxyacyl-CoA als oxidator of als reductor reageert.

Let op: de laatste vraag van dit examen staat op de volgende pagina.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

In de biochemie wordt de hoeveelheid energie die bij een omzetting is betrokken vaak uitgedrukt in zogenoemde ATP-eenheden. Dit is de hoeveelheid energie die nodig is voor de omzetting van een eenheid ADP (adenosinedifosfaat) tot een eenheid ATP (adenosinetrifosfaat), dan wel de energie die ontstaat als ATP wordt omgezet tot ADP.
Voor de eerste stap in het afbraakmechanisme van een vet, de vorming van acyl-CoA, worden per vetzuurmolecuul twee eenheden ATP aan energie opgenomen. Vervolgens wordt acyl-CoA volgens figuur 1 in een aantal stappen volledig omgezet tot acetyl-CoA.
Als bij een stap in figuur 1 niet is aangegeven of deze ATP levert of kost, dan mag worden aangenomen dat geen energie nodig is of vrijkomt in de vorm van ATP.
Alle gevormde acetyl-CoA wordt ten slotte via de zogenoemde citroenzuurcyclus in het lichaam verder afgebroken, waarbij per eenheid acetyl-CoA twaalf ATP-eenheden ontstaan.

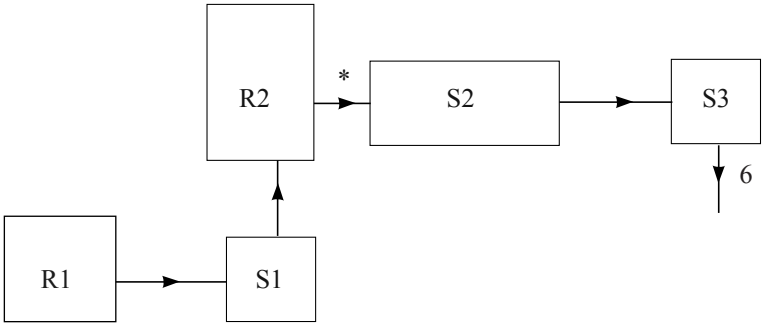
4p **28** Bereken hoeveel ATP-eenheden worden gevormd als 1 molecuul palmitinezuur ($C_{15}H_{31}COOH$) volledig wordt afgebroken volgens de stappen in figuur 1.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

uitwerkbijlage

Naam kandidaat _____ Kandidaatnummer _____

5



VERGEET NIET DEZE UITWERKBIJLAGE IN TE LEVEREN

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

scheikunde (pilot) vwo

Centraal examen vwo

Tijdvak 1

Opgaven

Aan de secretarissen van het eindexamen van de scholen voor vwo,

Bij het centraal examen scheikunde (pilot) vwo op dinsdag 13 mei, aanvang 13.30 uur, moeten de kandidaten de volgende mededeling ontvangen. Deze mededeling moet bij het begin van de zitting worden voorgelezen en/of aan de kandidaten worden uitgereikt.

Op **pagina 12**, bij de inleiding van **vraag 28**, **regel 6,** moet het woord

vet

vervangen worden door:

vetzuur

Het College voor Examens
Namens deze, de voorzitter,

drs. H.W. Laan

VW-1028-f-14-1-o-E*

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Examen VWO

2014

tijdvak 2
woensdag 18 juni
13.30 - 16.30 uur

scheikunde

Dit examen bestaat uit 26 vragen.
Voor dit examen zijn maximaal 70 punten te behalen.
Voor elk vraagnummer staat hoeveel punten met een goed antwoord behaald kunnen worden.

Als bij een vraag een verklaring, uitleg, berekening of afleiding gevraagd wordt, worden aan het antwoord meestal geen punten toegekend als deze verklaring, uitleg, berekening of afleiding ontbreekt.

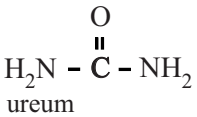
Geef niet meer antwoorden (redenen, voorbeelden e.d.) dan er worden gevraagd. Als er bijvoorbeeld twee redenen worden gevraagd en je geeft meer dan twee redenen, dan worden alleen de eerste twee in de beoordeling meegeteld.

VW-1028-a-14-2-o

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Friedrich Wöhler en ureum

Aan het begin van de 19e eeuw dachten chemici dat het onmogelijk was om organische stoffen (stoffen die door levende organismen worden gemaakt) te maken uit anorganische stoffen. Er zou een zogenoemde 'levenskracht' nodig zijn om organische stoffen te maken. Deze 'vitaliteitstheorie' werd omvergeworpen door de Duitse chemicus Friedrich Wöhler. Hij maakte in 1824 voor het eerst een organische stof (ureum) uit anorganische stoffen. Het reageerbuisje met ureum van Wöhler is nog steeds te bezichtigen in een museum in Duitsland.



Wöhler leidde dicyaangas (C_2N_2) door een oplossing van ammoniak. Uit het ontstane mengsel isoleerde Wöhler in verschillende stappen een witte vaste stof, die later ureum zou blijken te zijn. Ook bleek de stof blauwzuur (HCN) te zijn gevormd.

2p **1** Geef de vergelijking voor de reactie waarbij ureum en HCN ontstaan uit dicyaangas en een oplossing van ammoniak. Bij deze reactie ontstaan geen andere stoffen.

Wöhler herkende de witte vaste stof die hij had geïsoleerd op dat moment niet als ureum. Hij noemde de stof "een opmerkelijke gekristalliseerde materie". Vier jaar later probeerde hij erachter te komen welke stof hij toentertijd had geïsoleerd. Hij ontdekte dat hij dezelfde stof zuiver kon bereiden door aan zilvercyanaat ($AgCNO$) een oplossing van ammoniumchloride toe te voegen.
Op grond van deze bereidingswijze dacht hij dat "de opmerkelijke gekristalliseerde materie" ammoniumcyanaat (NH_4CNO) zou zijn. Hij voerde een proef uit om ammoniumionen aan te tonen. Hij loste de stof op in water en voegde wat natronloog toe. Vervolgens verwarmde hij de oplossing en hield hij een vochtig stukje rood lakmoespapier boven de warme oplossing.

2p **2** Geef de vergelijking van de reactie die verloopt als een oplossing die ammoniumionen bevat met natronloog wordt gemengd.

2p **3** Geef aan welke waarneming Wöhler verwachtte te doen indien ammoniumionen aanwezig waren in "de opmerkelijke gekristalliseerde materie" en verklaar deze waarneming.
Gebruik Binas-tabel 52A.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Wöhler kon in de stof echter geen ammoniumionen aantonen.
Omdat uit andere experimenten bleek dat de “opmerkelijke gekristalliseerde materie” vergelijkbare stofeigenschappen had als ureum, vergeleek Wöhler de door hem bepaalde massapercentages met resultaten van William Prout. Prout had de samenstelling van ureum al in 1818 onderzocht met de volgende proef. Hij liet 0,26 g ureum reageren met een overmaat koperoxide. Hierbij ontstond 0,16 g water, 0,10 dm^3 koolstofdioxide en 0,10 dm^3 stikstof. Er ontstond ook koper.

3p **4** Geef de vergelijking voor deze reactie van ureum met koperoxide.

Toen Wöhler de massapercentages H, C, N en O in de “opmerkelijke gekristalliseerde materie” bepaalde, kwam hij op 6,7% H, 20% C, 47% N en 27% O.
De door Wöhler berekende massapercentages in de stof kwamen vrijwel overeen met de door Prout gevonden massapercentages H, C, N en O in ureum.

4p **5** Laat dit zien met een berekening aan de hand van de experimentele resultaten van Prout.
Neem aan dat het volume van een mol gas 24 dm^3 bedraagt.

Op grond van de resultaten concludeerde Wöhler dat de stof waarvan hij dacht dat het ammoniumcyanaat was, ureum moest zijn. Om te bewijzen dat ureum inderdaad uit ammoniumcyanaat kan ontstaan, deed Wöhler nog een aantal experimenten. In 1830 lukte het Wöhler om ammoniumcyanaat te maken uit zuiver cyaanzuur (HCNO) en ammoniakgas. Hij ontdekte dat ammoniumcyanaat bewaard kon worden in een afgesloten vat zonder lucht. Bij contact met lucht werd het in enkele dagen spontaan omgezet tot ureum. Bij verwarmen aan de lucht werd ammoniumcyanaat al in enkele minuten omgezet tot ureum.

2p **6** Leg uit wat de rol van lucht is bij de omzetting van ammoniumcyanaat tot ureum.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Stabilisator voor PVC

PVC wordt in de chemische industrie op grote schaal gemaakt door polymerisatie van vinylchloride (chlooretheen). PVC wordt vervolgens in korrelvorm geleverd aan fabrieken waar men van PVC bijvoorbeeld kozijnen, deuren, waterleidingen en kabels maakt. Hierbij wordt gebruikgemaakt van het feit dat PVC een thermoplast is.

2p **7** Leg uit met behulp van begrippen op deeltjesniveau dat PVC een thermoplast is.

Voorafgaand aan de verwerking tot kozijn voegt men aan de PVC-korrels allerlei stoffen toe, zoals kleurstoffen en stabilisatoren. Als PVC wordt verwarmd zonder een stabilisator, ontleedt het bij verwarmen waarbij waterstofchloride ontstaat. Bij deze ontleding ontstaan in moleculen PVC zogenoemde geconjugeerde bindingen. Daarbij zijn om en om C–C en C=C bindingen aanwezig. De H atomen rondom de C=C bindingen nemen hierbij een *trans*-positie ten opzichte van elkaar aan.

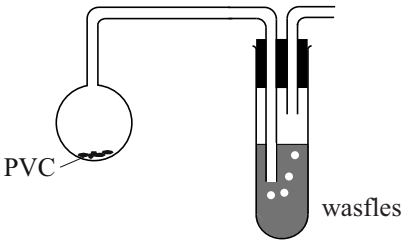
4p **8** Geef met behulp van structuurformules deze reactie van PVC weer. Geef hierbij een fragment uit het midden van een PVC keten weer, bestaande uit totaal 6 koolstofatomen.

Om deze ontleding te onderzoeken, verwarmt een groepje leerlingen een monster van 1,0 g PVC-korrels. Na enige tijd is er nog 0,80 gram materiaal over. De leerlingen vragen zich af hoeveel procent van het PVC op dat moment gereageerd heeft.

2p **9** Bereken hoeveel procent van het PVC heeft gereageerd.
Neem aan dat bij de reactie van PVC het enige gasvormige reactieproduct waterstofchloride is.

Om te bewijzen dat het gas waterstofchloride is, voeren de leerlingen de proef uit in een opstelling zoals in figuur 1 schematisch is weergegeven. In de wasfles is uitsluitend water aanwezig.

figuur 1

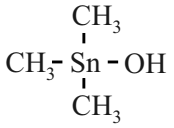


Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Om aan te tonen dat bij het verwarmen van PVC waterstofchloride is ontstaan, voeren de leerlingen na de proef twee afzonderlijke experimenten uit met monsters van de inhoud van de wasfles.

4p **10** Leg uit welke chemicaliën de leerlingen bij deze twee experimenten kunnen gebruiken en geef aan welke waarnemingen ze zullen doen, indien waterstofchloride aanwezig is in het monster.

Uit onderzoek is gebleken dat het waterstofchloride dat bij de ontleding ontstaat, deze ontleding verder katalyseert. Aan PVC worden daarom stabilisatoren toegevoegd die als functie hebben waterstofchloride te binden.
Vaak worden zogenoemde organo-tinverbindingen gebruikt. Dit zijn stoffen met de algemene formule R_nSnY_{4-n}, waarbij n = 1, 2, 3 of 4.
R is een organische groep (methyl, ethyl, etc). Y is een karakteristieke groep, bijvoorbeeld een Cl atoom of een OH groep.
De covalentie van het tinatoom is in deze verbindingen dus gelijk aan vier. Een voorbeeld van een organo-tinverbinding, trimethylhydroxytin, is hiernaast weergegeven.



Een veelgebruikte stabilisator is dibutyltinmaleaat. Het tinatoom is hierin door twee estergroepen gebonden aan één maleaatgroep. De naam maleaat is afgeleid van maleïnezuur (*cis*-buteendizuur). Esters van maleïnezuur worden maleaten genoemd. Tevens zijn twee butylgroepen gebonden aan het tinatoom.
Bij de reactie van dibutyltinmaleaat met waterstofchloride ontstaan butaan en monobutyl-monochloortinmaleaat.

4p **11** Geef met behulp van structuurformules de reactievergelijking voor de reactie van dibutyltinmaleaat met waterstofchloride.

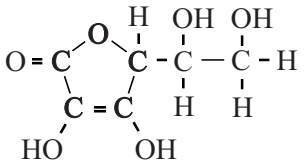
Aan PVC wordt meestal 1,0 massa% stabilisator toegevoegd. Per jaar wordt wereldwijd $2{,}5 \cdot 10^7$ ton PVC geproduceerd. Dat betekent dat ook een grote hoeveelheid van het vrij schaarse metaal tin nodig is voor de synthese van organotin-stabilisatoren. De massa van een mol dibutyltinmaleaat bedraagt 347 g mol^{-1}.

2p **12** Bereken hoeveel ton tin per jaar nodig is om de hoeveelheid stabilisator te maken die nodig is om $2{,}5 \cdot 10^7$ ton PVC te stabiliseren. Ga er voor de berekening van uit dat uitsluitend dibutyltinmaleaat wordt gebruikt.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

In gevecht tegen bloedarmoede

Circa 1,6 miljard mensen lijden aan bloedarmoede. Met name in ontwikkelingslanden is bloedarmoede een probleem, doordat voedsel vaak arm aan ijzer is. Daarom wordt gezocht naar manieren waarop voedsel verrijkt kan worden met goed opneembaar ijzer.
Om ijzer te kunnen opnemen, moet Fe^{3+} eerst worden omgezet tot Fe^{2+}. Dit gebeurt in de twaalfvingerige darm. Bij deze omzetting is het enzym DcytB betrokken.
Vitamine C (ascorbinezuur) wordt hierbij omgezet tot dehydro-ascorbinezuur. De ring van ascorbinezuur blijft hierbij intact en alleen de beide OH groepen aan de ring worden omgezet tot ketongroepen.



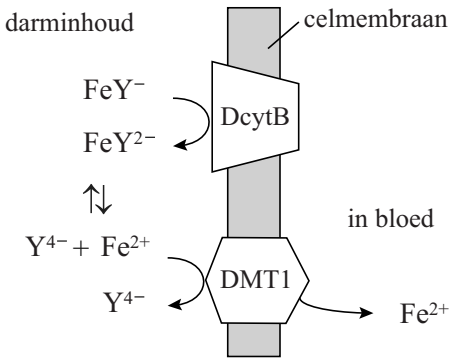
ascorbinezuur

3p **13** Geef de vergelijking in structuurformules van de halfreactie van ascorbinezuur tot dehydro-ascorbinezuur.

2p **14** Geef de vergelijking van de halfreactie van Fe^{3+} tot Fe^{2+} en de totaalreactie.

De Nederlandse firma AkzoNobel heeft een stof ontwikkeld om voedsel met goed opneembaar ijzer te verrijken: Ferrazone® (NaFeY).
Ferrazone® is een zout dat bestaat uit Na^+ ionen en FeY^- ionen. Een FeY^- ion wordt gevormd als Fe^{3+} en het zwakke zuur EDTA (H_4Y) worden samengevoegd. Als Ferrazone® via voeding het menselijk lichaam binnenkomt, lost het volledig op en valt het uiteen in Na^+ en FeY^-.
De FeY^- ionen nemen in het lichaam niet deel aan neerslagreacties.

Hiernaast is de opname van Fe^{2+} uit FeY^- in de darmen weergegeven. In de twaalfvingerige darm zet het enzym DcytB FeY^- om tot FeY^{2-}. Het eiwit DMT1 transporteert Fe^{2+} vervolgens door het celmembraan van de darmwand: het ijzer is nu opgenomen en kan door het lichaam worden gebruikt voor bijvoorbeeld zuurstoftransport.



In Binas-tabel 47 is informatie te vinden over de ligging van evenwichten waarin FeY^- en FeY^{2-} voorkomen.
Uit de tabel kan worden geconcludeerd dat de omzetting van FeY^- tot FeY^{2-} ervoor zorgt dat er ter plekke meer vrije ijzerionen in oplossing komen, waardoor er meer ijzerionen worden opgenomen in de darmwand.

2p **15** Leg met behulp van Binas-tabel 47 uit dat de omzetting van FeY^- tot FeY^{2-} ervoor zorgt dat er ter plekke meer vrije ijzerionen in oplossing komen.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

De pH dicht bij de darmwand is laag. Dit draagt bij aan het vrijkomen van de ijzer(II)ionen uit FeY^{2-}.

2p **16** Leg uit dat de lage pH bijdraagt aan het vrijkomen van de ijzer(II)ionen uit FeY^{2-}.

De vrije Fe^{2+} ionen worden door het zogeheten ionkanaal van het eiwit DMT1 getransporteerd. Het ionkanaal wordt gevormd door enige α-helices van het eiwit. In de eiwitketen bevindt zich een aminozuureenheid Asp. Men vermoedt dat deze aminozuureenheid een rol speelt in het binden en transporteren van Fe^{2+}. De zijketen van Asp bevat een negatieve lading en wordt schematisch weergegeven met Asp^-. Het fragment in DMT1 dat de bindingsplek bevat is ~ Leu – Asp^- – Pro ~.

4p **17** Geef het fragment ~ Leu – Asp^- – Pro ~ weer in structuurformule. Geef in deze structuurformule ook de negatieve lading aan.

Uit onderzoek bleek dat kinderen die dagelijks meelpap kregen met Ferrazone® minder vaak bloedarmoede hadden. Zodoende wordt NaFeY aan voedingsproducten toegevoegd. Om het gehalte ijzer in met Ferrazone® verrijkt meel te bepalen, maakt men gebruik van een spectrofotometrische bepaling die volgens onderstaande beschrijving wordt uitgevoerd.
10 gram meel wordt afgewogen en gemengd met 30 mL water. Door te schudden lost alle NaFeY op. Na filtratie wordt 15 mL filtraat gemengd met fenantroline en vitamine C. Alle Fe^{3+} wordt zo omgezet tot een complex van Fe^{2+} en fenantroline. Het ontstane deeltje geeft de oplossing een oranje kleur. De intensiteit van deze kleur is recht evenredig met de concentratie ijzerionen. De verkregen oplossing wordt met water aangevuld tot 100 mL. De absorptie van de ontstane oplossing wordt bij 510 nm bepaald in een cuvet van 1,00 cm dikte. Bij een dergelijke bepaling bleek de extinctie van een monster van 10 gram meel 0,378 te bedragen.

4p **18** Bereken het gehalte ijzer in het onderzochte meel in massa-ppm.
Onder de meetomstandigheden geldt dat $\varepsilon = 1{,}11 \cdot 10^4$ L mol^{-1} cm^{-1}.

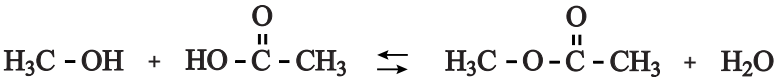
In ontwikkelingslanden wordt de lokale markt minder goed gecontroleerd. Om te voorkomen dat meel zonder of met te weinig NaFeY toch van de naam Ferrazone® wordt voorzien, moet een testkit worden samengesteld waarmee een handelaar kan bepalen of het meel daadwerkelijk de gewenste hoeveelheid Ferrazone® bevat. Zo'n testkit moet goedkoop zijn en kan daarom wel glaswerk en chemicaliën bevatten maar geen spectrofotometer.

2p **19** Beschrijf wat een dergelijke testkit, behalve glaswerk en chemicaliën, moet bevatten en hoe hiermee bepaald kan worden of meel de gewenste hoeveelheid Ferrazone® bevat.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

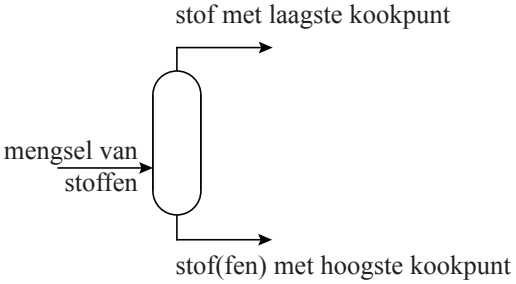
Methylethanoaat

Methylethanoaat is in gebruik als oplosmiddel en als basis voor lakken. De productie van methylethanoaat ($C_3H_6O_2$) gebeurt door estervorming uit methanol en ethaanzuur. Als katalysator wordt zwavelzuur toegepast. Deze estervorming is een evenwichtsreactie.



Doordat de vorming van methylethanoaat een evenwichtsreactie is, zijn na de estervorming enkele scheidingsstappen nodig om het mengsel van stoffen afkomstig uit de reactor te scheiden. Deze scheiding kan worden bereikt met destillatie. Uit de reactor komt een mengsel van vijf stoffen: ethaanzuur, methanol, methylethanoaat, water en zwavelzuur.
In een destillatiestap wordt steeds één stof uit het mengsel afgescheiden. Aangenomen mag worden dat de scheiding volledig is. In dat geval zijn vier destillatiestappen nodig na de reactie om het mengsel volledig te scheiden. Dit gebeurt in destillatiekolommen, waarvan er in figuur 1 één schematisch is weergegeven.

figuur 1



2p **20** Leg uit, met behulp van gegevens uit de tabel met kookpunten hieronder, wat de minimumtemperatuur moet zijn om in de tweede destillatiekolom een scheiding te bewerkstelligen ($p = p_0$).

stof	kookpunt (°C, $p = p_0$)
ethaanzuur	118
methanol	65
methylethanoaat	57
water	100
zwavelzuur	330

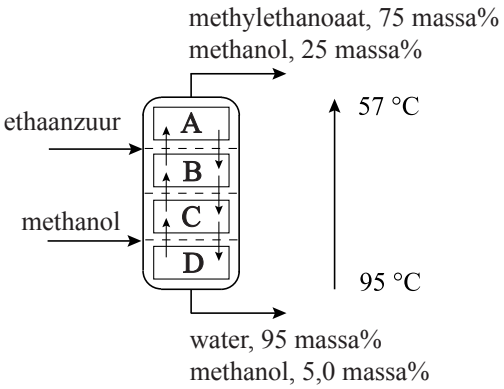
Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

In de jaren ’80 van de vorige eeuw heeft men een chemisch technologisch proces ontwikkeld, waarin een reactor en een destillatietoren worden gecombineerd. Dit proces heet ‘reactieve destillatie’. Door tijdens de reactie het reactiemengsel te verwarmen, verdampt methylethanoaat uit het reactiemengsel.

2p **21** Leg uit wat de invloed is op de ligging van het evenwicht wanneer methylethanoaat uit het reactiemengsel verdampt.

Aan de universiteit van Oldenburg in Duitsland zijn experimenten gedaan om de productie van methylethanoaat te verbeteren. Deze experimenten zijn gedaan in een fabriek op kleine schaal, een zogenoemde proeffabriek. In de proeffabriek wordt de ‘reactieve destillatie’ uitgevoerd in een zogenoemde reactieve-destillatiekolom. Deze kolom is verdeeld in vier compartimenten en staat verticaal, zoals in figuur 2 is weergegeven. In compartiment C vindt de reactie plaats. De plaatsen waar ethaanzuur en methanol worden toegevoegd, zijn ook aangegeven. In de kolom neemt de temperatuur van beneden naar boven geleidelijk af van 95 °C naar 57 °C. Het ethaanzuur en de methanol worden van te voren op de vereiste temperatuur gebracht.

figuur 2



Ethaanzuur is in een deel van de kolom ook extractiemiddel: alle water en in mindere mate methanol lossen in het ethaanzuur op, methylethanoaat lost slecht op.

2p **22** Leg uit waarom water beter oplost in ethaanzuur dan methylethanoaat.

Let op: de laatste vragen van dit examen staan op de volgende pagina.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

In de reactieve-destillatiekolom vindt een voortdurende uitwisseling van stoffen tussen de compartimenten plaats: vloeistoffen/oplossingen stromen van boven naar beneden en van beneden naar boven, gassen stromen alleen naar boven.
Wat in de verschillende compartimenten gebeurt, hangt af van de vulling van dat compartiment, de zogenoemde pakking. In de bovenbedoelde reactieve-destillatiekolom worden drie soorten pakkingen gebruikt:
- destillatiepakking: deze zorgt voor een optimaal verloop van een destillatie;
- extractiepakking: deze zorgt voor een optimaal verloop van een extractie;
- reactiepakking: deze zorgt voor een optimaal verloop van een reactie.

Aan de reactiepakking is eveneens de katalysator voor de vorming van methylethanoaat gebonden. Deze katalysator hoeft dus niet uit het reactiemengsel te worden verwijderd.

Per compartiment kunnen in principe drie verschillende soorten pakkingen tegelijk worden toegepast. De reactiepakking bevindt zich alleen in compartiment C.

3p **23** Geef voor de compartimenten B en C aan welke stoffen het compartiment van boven en van onder binnenkomen wanneer de kolom in bedrijf is. Gebruik figuur 2. Houd er rekening mee dat:
- stoffen onder hun kookpunt ook in dampvorm kunnen voorkomen;
- stoffen boven hun kookpunt ook in oplossing kunnen voorkomen.

Geef je antwoord in de vorm:
compartiment B: stof (stoffen) die van boven komt (komen): …
compartiment B: stof (stoffen) die van beneden komt (komen): …
compartiment C: stof (stoffen) die van boven komt (komen): …
compartiment C: stof (stoffen) die van beneden komt (komen): …

2p **24** Leg uit welk type (welke typen) pakking(en) in compartiment B wordt (worden) toegepast.

In figuur 2 zijn ook de resultaten vermeld die zijn verkregen in de proeffabriek van de universiteit van Oldenburg.

2p **25** Leg aan de hand van figuur 2 uit hoe groot het rendement is van de productie van methylethanoaat ten opzichte van ethaanzuur.

Een ingenieur gaat op basis van de gegevens van de proeffabriek een schatting maken voor de bouw van een echte fabriek. Deze fabriek moet $2{,}5 \cdot 10^4$ ton methylethanoaat per jaar gaan produceren.

5p **26** Bereken hoeveel kg mengsel van water en methanol per uur onder uit de reactieve-destillatiekolom komt in de echte fabriek.
- Neem aan dat de fabriek 360 dagen per jaar continu kan produceren.
- Gebruik bij je berekening de samenstelling van de stromen, zoals die in de proeffabriek gevonden zijn.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Examen VWO

2014

tijdvak 2
woensdag 18 juni
13.30 - 16.30 uur

scheikunde (pilot)

Dit examen bestaat uit 26 vragen.
Voor dit examen zijn maximaal 68 punten te behalen.
Voor elk vraagnummer staat hoeveel punten met een goed antwoord behaald kunnen worden.

Als bij een vraag een verklaring, uitleg, berekening of afleiding gevraagd wordt, worden aan het antwoord meestal geen punten toegekend als deze verklaring, uitleg, berekening of afleiding ontbreekt.

Geef niet meer antwoorden (redenen, voorbeelden e.d.) dan er worden gevraagd. Als er bijvoorbeeld twee redenen worden gevraagd en je geeft meer dan twee redenen, dan worden alleen de eerste twee in de beoordeling meegeteld.

VW-1028-f-14-2-o

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Stabilisator voor PVC

PVC wordt in de chemische industrie op grote schaal gemaakt door polymerisatie van chlooretheen. PVC wordt vervolgens in korrelvorm geleverd aan fabrieken waar men van PVC bijvoorbeeld kozijnen, deuren, waterleidingen en kabels maakt. Hierbij wordt gebruikgemaakt van het feit dat PVC een thermoplast is.

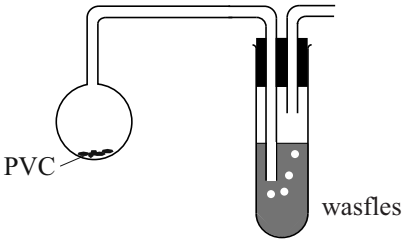
2p **1** Leg uit met behulp van begrippen op microniveau (deeltjesniveau) dat PVC een thermoplast is.

Voorafgaand aan de verwerking tot kozijn voegt men aan de PVC-korrels allerlei stoffen toe, zoals kleurstoffen en stabilisatoren. Als PVC wordt verwarmd zonder een stabilisator, ontleedt het bij verwarmen waarbij waterstofchloride ontstaat. Bij deze ontleding ontstaan in moleculen PVC zogenoemde geconjugeerde bindingen. Daarbij zijn om en om C–C en C=C bindingen aanwezig. De H atomen rondom de C=C bindingen nemen hierbij de *trans*-configuratie aan.

4p **2** Geef met behulp van structuurformules deze reactie van PVC weer. Geef hierbij een fragment uit het midden van een PVC keten weer, bestaande uit totaal 6 koolstofatomen.

Om deze ontleding te onderzoeken, verwarmt een groepje leerlingen een monster van 1,0 g PVC-korrels. Om te bewijzen dat het gas waterstofchloride is, voeren de leerlingen de proef uit in een opstelling zoals in figuur 1 schematisch is weergegeven. In de wasfles is uitsluitend water aanwezig.

figuur 1

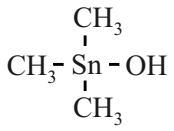


Om aan te tonen dat bij het verwarmen van PVC waterstofchloride is ontstaan, voeren de leerlingen na de proef twee afzonderlijke experimenten uit met monsters van de inhoud van de wasfles.

4p **3** Leg uit welke chemicaliën de leerlingen bij deze twee experimenten kunnen gebruiken en geef aan welke waarnemingen ze zullen doen, indien waterstofchloride aanwezig is in het monster.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Uit onderzoek is gebleken dat het waterstofchloride dat bij de ontleding ontstaat, deze ontleding verder katalyseert. Aan PVC worden daarom stabilisatoren toegevoegd die als functie hebben waterstofchloride te binden.
Vaak worden zogenoemde organo-tinverbindingen gebruikt. Dit zijn stoffen met de algemene formule R_nSnY_{4-n}, waarbij n = 1, 2, 3 of 4.
R is een organische groep (methyl, ethyl, etc). Y is een karakteristieke groep, bijvoorbeeld een Cl atoom of een OH groep.
De covalentie van het tinatoom is in deze verbindingen dus gelijk aan vier. Een voorbeeld van een organo-tinverbinding, trimethylhydroxytin, is hiernaast weergegeven.



Een veelgebruikte stabilisator is dibutyltinmaleaat. Het tinatoom is hierin door twee estergroepen gebonden aan één maleaatgroep. De naam maleaat is afgeleid van maleïnezuur (*cis*-buteendizuur). Esters van maleïnezuur worden maleaten genoemd. Tevens zijn twee butylgroepen gebonden aan het tinatoom.
Bij de reactie van dibutyltinmaleaat met waterstofchloride ontstaan butaan en monobutyl-monochloortinmaleaat.

4p **4** Geef met behulp van structuurformules de reactievergelijking voor de reactie van dibutyltinmaleaat met waterstofchloride.

Aan PVC wordt meestal 1,0 massa% stabilisator toegevoegd. Per jaar wordt wereldwijd $2{,}5 \cdot 10^7$ ton PVC geproduceerd. Dat betekent dat ook een grote hoeveelheid van het vrij schaarse metaal tin nodig is voor de synthese van organotin-stabilisatoren. De massa van een mol dibutyltinmaleaat bedraagt 347 g mol^{-1}.

2p **5** Bereken hoeveel ton tin per jaar nodig is om de hoeveelheid stabilisator te maken die nodig is om $2{,}5 \cdot 10^7$ ton PVC te stabiliseren. Ga er voor de berekening van uit dat uitsluitend dibutyltinmaleaat wordt gebruikt.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Elektrolyse met kobalt

Waterstof kan door middel van elektrolyse gevormd worden uit water. De materiaalkeuze voor de positieve elektrode (anode) vormt daarbij een lastig probleem. Platina is geschikt, maar veel te duur en daarom onbruikbaar op industriële schaal. Metalen zoals ijzer zijn ongeschikt omdat een anode van ijzer tijdens de elektrolyse wordt aangetast.

2p **6** Geef aan wat in dit verband wordt bedoeld met het woord ‘aangetast’ en leg uit waarom dit probleem zich niet bij de negatieve elektrode voordoet.

1p **7** Geef aan waarom een positieve elektrode van platina niet wordt aangetast.

In het vakblad ‘Science’ is een artikel verschenen over een onderzoek naar het gebruik van een alternatief elektrodemateriaal. De in het onderzoek gebruikte elektrodes bevatten aan het oppervlak een dunne laag van het materiaal indiumtinoxide ITO. ITO bestaat voor 90% uit indiumoxide en 10% tin(IV)oxide. Afgaand op de soort stoffen waaruit ITO bestaat, is het niet vanzelfsprekend dat deze vaste stof de elektrische stroom geleidt.

2p **8** Leg uit op microniveau (deeltjesniveau) dat het niet te verwachten is dat ITO elektrische stroom geleidt.

De onderzoekers maakten een oplossing van kaliumfosfaat in water. Ze brachten de oplossing door toevoeging van nog één andere soort stof op pH = 7,00. De fosfaationen worden hierbij geheel omgezet tot twee andere ionen.

2p **9** Leg uit welke soort stof de onderzoekers hebben toegevoegd om de pH van de oplossing op 7,00 te brengen.

3p **10** Ga met een berekening na van welke soort ionen, ontstaan uit de fosfaationen, de concentratie het grootst is bij pH = 7,00 (298 K).

Aan de gevormde oplossing werd kobalt(II)nitraat toegevoegd tot een concentratie van $5{,}0 \cdot 10^{-4}$ M. In deze oplossing plaatsten de onderzoekers twee ITO-elektrodes. Toen de stroom werd ingeschakeld, ontstond een zwart steenachtig laagje van kobalt(III)fosfaat op het oppervlak van de ITO-anode. Tevens werd aan de anode zuurstof gevormd en aan de kathode (negatieve elektrode) waterstof.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

De onderzoekers veronderstellen dat op en aan de ITO-anode de volgende reacties verlopen:

reactie 1: Co^{2+} ionen worden omgezet tot Co^{3+} ionen.
reactie 2: De Co^{3+} ionen reageren met fosfaationen tot kobalt(III)fosfaat, dat zich als een vaste stof afzet op de elektrode.
reactie 3: Een deel van de Co^{3+} ionen uit het kobalt(III)fosfaat wordt omgezet tot Co^{4+} ionen; deze ionen blijven gebonden aan de elektrode.
reactie 4: De ontstane Co^{4+} ionen reageren aan het oppervlak van de elektrode met watermoleculen, onder vorming van Co^{2+} ionen en losse zuurstofatomen.
reactie 5: De losse zuurstofatomen verenigen zich tot zuurstofmoleculen.

De Co^{2+} ionen die in reactie 4 ontstaan, komen weer in de oplossing. De Co^{2+} ionen treden dus op als katalysator bij deze elektrolyse.

2p **11** Geef aan welke van de reacties 1, 2 en 3 halfreacties zijn. Licht je antwoord toe. Geef je antwoord als volgt weer:
reactie 1: dit is wel/niet een halfreactie want …
reactie 2: dit is wel/niet een halfreactie want …
reactie 3: dit is wel/niet een halfreactie want …

2p **12** Geef de vergelijkingen van de beide halfreacties van reactie 4 en de totale vergelijking.

De vergelijking van de halfreactie voor de vorming van waterstof aan de kathode is hieronder weergegeven.

$$2\ H_2O + 2\ e^- \rightarrow H_2 + 2\ OH^-$$

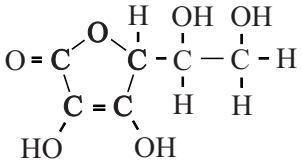
De onderzoekers hebben een stroomdichtheid gemeten van 0,10 mA cm^{-2} aan de elektrodes.

3p **13** Bereken hoeveel mL waterstof (T = 298 K , $p = p_0$) aan de kathode in een uur wordt geproduceerd per cm^2.
Gebruik onder andere de volgende gegevens:
– 1 A = 1 C s^{-1};
– de lading van 1 mol elektronen bedraagt $9{,}64853 \cdot 10^4$ C;

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

In gevecht tegen bloedarmoede

Circa 1,6 miljard mensen lijden aan bloedarmoede. Met name in ontwikkelingslanden is bloedarmoede een probleem, doordat voedsel vaak arm aan ijzer is. Daarom wordt gezocht naar manieren waarop voedsel verrijkt kan worden met goed opneembaar ijzer.
Om ijzer te kunnen opnemen, moet Fe^{3+} eerst worden omgezet tot Fe^{2+}. Dit gebeurt in de twaalfvingerige darm. Bij deze omzetting is het enzym DcytB betrokken.
Vitamine C (ascorbinezuur) wordt hierbij omgezet tot dehydro-ascorbinezuur. De ring van ascorbinezuur blijft hierbij intact en alleen de beide OH groepen aan de ring worden omgezet tot ketongroepen.

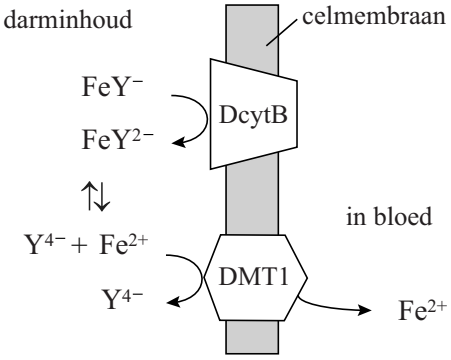


ascorbinezuur

3p **14** Geef de vergelijking in structuurformules van de halfreactie van ascorbinezuur tot dehydro-ascorbinezuur.

De Nederlandse firma AkzoNobel heeft een stof ontwikkeld om voedsel met goed opneembaar ijzer te verrijken: Ferrazone® (NaFeY).
Ferrazone® is een zout dat bestaat uit Na^+ ionen en FeY^- ionen. Een FeY^- ion wordt gevormd als Fe^{3+} en het zwakke zuur EDTA (H_4Y) worden samengevoegd. Als Ferrazone® via voeding het menselijk lichaam binnenkomt, lost het volledig op en valt het uiteen in Na^+ en FeY^-.
De FeY^- ionen nemen in het lichaam niet deel aan neerslagreacties.

Hiernaast is de opname van Fe^{2+} uit FeY^- in de darmen weergegeven. In de twaalfvingerige darm zet het enzym DcytB FeY^- om tot FeY^{2-}. Het eiwit DMT1 transporteert Fe^{2+} vervolgens door het celmembraan van de darmwand: het ijzer is nu opgenomen en kan door het lichaam worden gebruikt voor bijvoorbeeld zuurstoftransport.



De pH dicht bij de darmwand is laag. Dit draagt bij aan het vrijkomen van de ijzer(II)ionen uit FeY^{2-}.

2p **15** Leg uit dat de lage pH bijdraagt aan het vrijkomen van de ijzer(II)ionen uit FeY^{2-}.

De vrije Fe^{2+} ionen worden door het zogeheten ionkanaal van het eiwit DMT1 getransporteerd. Het ionkanaal wordt gevormd door enige α-helices van het eiwit. In de eiwitketen bevindt zich een aminozuureenheid Asp. Men vermoedt dat deze aminozuureenheid een rol speelt in het binden en transporteren van Fe^{2+}.

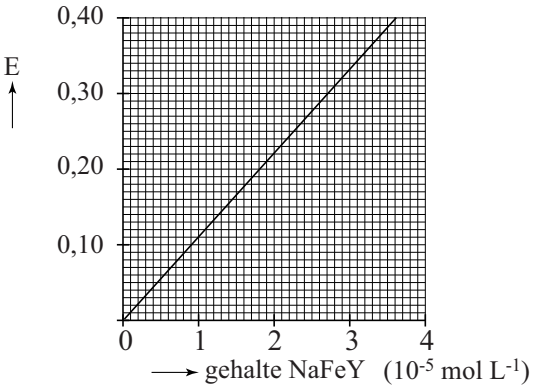
Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

De zijketen van Asp bevat een negatieve lading en wordt schematisch weergegeven met Asp^-. Het fragment in DMT1 dat de bindingsplek bevat is ~ Leu – Asp^- – Pro ~.

4p **16** Geef het fragment ~ Leu – Asp^- – Pro ~ weer in structuurformule. Geef in deze structuurformule ook de negatieve lading aan.

Uit onderzoek bleek dat kinderen die dagelijks meelpap kregen met Ferrazone® minder vaak bloedarmoede hadden. Zodoende wordt NaFeY aan voedingsproducten toegevoegd. Om het gehalte ijzer in met Ferrazone® verrijkt meel te bepalen, maakt men gebruik van een spectrofotometrische bepaling die volgens onderstaande beschrijving wordt uitgevoerd.
10 gram meel wordt afgewogen en gemengd met 30 mL water. Door te schudden lost alle NaFeY op. Na filtratie wordt 15 mL filtraat gemengd met fenantroline en vitamine C. Alle Fe^{3+} wordt zo omgezet tot een complex van Fe^{2+} en fenantroline. Het ontstane deeltje geeft de oplossing een oranje kleur. De intensiteit van deze kleur is recht evenredig met de concentratie ijzerionen. De verkregen oplossing wordt met water aangevuld tot 100 mL. De extinctie (absorptie) van deze oplossing wordt vergeleken met een vooraf bepaalde ijklijn. De resultaten hiervan zijn weergegeven in diagram 1.

diagram 1



Bij een dergelijke bepaling bleek de extinctie van een monster van 10 gram meel 0,378 te bedragen.

4p **17** Bereken het gehalte ijzer in het onderzochte meel in massa-ppm.

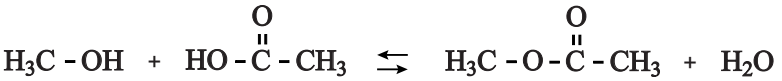
In ontwikkelingslanden wordt de lokale markt minder goed gecontroleerd. Om te voorkomen dat meel zonder of met te weinig NaFeY toch van de naam Ferrazone® wordt voorzien, moet een testkit worden samengesteld waarmee een handelaar kan bepalen of het meel daadwerkelijk de gewenste hoeveelheid Ferrazone® bevat. Zo'n testkit moet goedkoop zijn en kan daarom wel glaswerk en chemicaliën bevatten maar geen spectrofotometer.

2p **18** Beschrijf wat een dergelijke testkit, behalve glaswerk en chemicaliën, moet bevatten en hoe hiermee bepaald kan worden of meel de gewenste hoeveelheid Ferrazone® bevat.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Methylethanoaat

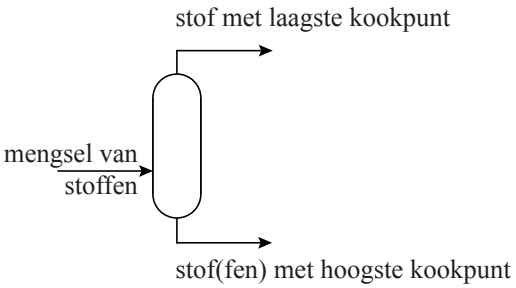
Methylethanoaat is in gebruik als oplosmiddel en als basis voor lakken. De productie van methylethanoaat ($C_3H_6O_2$) gebeurt door estervorming uit methanol en ethaanzuur. Als katalysator wordt zwavelzuur toegepast. Deze estervorming is een evenwichtsreactie.



2p **19** Bereken de reactiewarmte van deze reactie. Gebruik hierbij onder andere de volgende gegevens:
- de vormingswarmte van methylethanoaat bedraagt $-4{,}46 \cdot 10^5$ J mol^{-1};
- het gevormde water komt vrij als vloeistof.

Doordat de vorming van methylethanoaat een evenwichtsreactie is, zijn na de estervorming enkele scheidingsstappen nodig om het mengsel van stoffen afkomstig uit de reactor te scheiden. Deze scheiding kan worden bereikt met destillatie. Uit de reactor komt een mengsel van vijf stoffen: ethaanzuur, methanol, methylethanoaat, water en zwavelzuur.
In een destillatiestap wordt steeds één stof uit het mengsel afgescheiden. Aangenomen mag worden dat de scheiding volledig is. In dat geval zijn vier destillatiestappen nodig na de reactie om het mengsel volledig te scheiden. Dit gebeurt in destillatiekolommen, waarvan er in figuur 1 één schematisch is weergegeven.

figuur 1



2p **20** Leg uit, met behulp van gegevens uit de tabel met kookpunten hieronder, wat de minimumtemperatuur moet zijn om in de tweede destillatiekolom een scheiding te bewerkstelligen ($p = p_0$).

stof	kookpunt (°C, $p = p_0$)
ethaanzuur	118
methanol	65
methylethanoaat	57
water	100
zwavelzuur	330

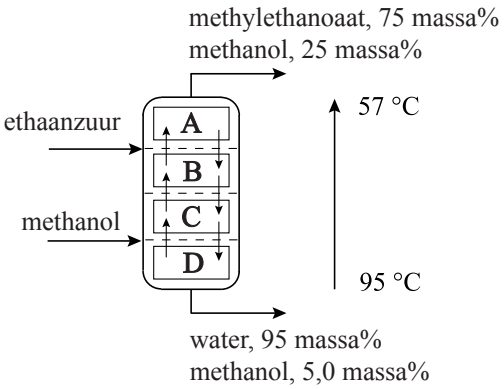
Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

In de jaren ’80 van de vorige eeuw heeft men een chemisch technologisch proces ontwikkeld, waarin een reactor en een destillatietoren worden gecombineerd. Dit proces heet ‘reactieve destillatie’. Door tijdens de reactie het reactiemengsel te verwarmen, verdampt methylethanoaat uit het reactiemengsel.

2p **21** Leg uit wat de invloed is op de ligging van het evenwicht wanneer methylethanoaat uit het reactiemengsel verdampt.

Aan de universiteit van Oldenburg in Duitsland zijn experimenten gedaan om de productie van methylethanoaat te verbeteren. Deze experimenten zijn gedaan in een fabriek op kleine schaal, een zogenoemde proeffabriek. In de proeffabriek wordt de ‘reactieve destillatie’ uitgevoerd in een zogenoemde reactieve-destillatiekolom. Deze kolom is verdeeld in vier compartimenten en staat verticaal, zoals in figuur 2 is weergegeven. In compartiment C vindt de reactie plaats. De plaatsen waar ethaanzuur en methanol worden toegevoegd, zijn ook aangegeven. In de kolom neemt de temperatuur van beneden naar boven geleidelijk af van 95 °C naar 57 °C. Het ethaanzuur en de methanol worden van te voren op de vereiste temperatuur gebracht.

figuur 2



Ethaanzuur is in een deel van de kolom ook extractiemiddel: alle water en in mindere mate methanol lossen in het ethaanzuur op, methylethanoaat lost slecht op.

2p **22** Leg uit waarom water beter oplost in ethaanzuur dan methylethanoaat.

Let op: de laatste vragen van dit examen staan op de volgende pagina.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

In de reactieve-destillatiekolom vindt een voortdurende uitwisseling van stoffen tussen de compartimenten plaats: vloeistoffen/oplossingen stromen van boven naar beneden en van beneden naar boven, gassen stromen alleen naar boven.
Wat in de verschillende compartimenten gebeurt, hangt af van de vulling van dat compartiment, de zogenoemde pakking. In de bovenbedoelde reactieve-destillatiekolom worden drie soorten pakkingen gebruikt:
- destillatiepakking: deze zorgt voor een optimaal verloop van een destillatie;
- extractiepakking: deze zorgt voor een optimaal verloop van een extractie;
- reactiepakking: deze zorgt voor een optimaal verloop van een reactie.

Aan de reactiepakking is eveneens de katalysator voor de vorming van methylethanoaat gebonden. Deze katalysator hoeft dus niet uit het reactiemengsel te worden verwijderd.

Per compartiment kunnen in principe drie verschillende soorten pakkingen tegelijk worden toegepast. De reactiepakking bevindt zich alleen in compartiment C.

3p **23** Geef voor de compartimenten B en C aan welke stoffen het compartiment van boven en van onder binnenkomen wanneer de kolom in bedrijf is. Gebruik figuur 2. Houd er rekening mee dat:
- stoffen onder hun kookpunt ook in dampvorm kunnen voorkomen;
- stoffen boven hun kookpunt ook in oplossing kunnen voorkomen.

Geef je antwoord in de vorm:
compartiment B: stof (stoffen) die van boven komt (komen): …
compartiment B: stof (stoffen) die van beneden komt (komen): …
compartiment C: stof (stoffen) die van boven komt (komen): …
compartiment C: stof (stoffen) die van beneden komt (komen): …

2p **24** Leg uit welk type (welke typen) pakking(en) in compartiment B wordt (worden) toegepast.

In figuur 2 zijn ook de resultaten vermeld die zijn verkregen in de proeffabriek van de universiteit van Oldenburg.

2p **25** Leg aan de hand van figuur 2 uit hoe groot het rendement is van de productie van methylethanoaat ten opzichte van ethaanzuur.

Een ingenieur gaat op basis van de gegevens van de proeffabriek een schatting maken voor de bouw van een echte fabriek. Deze fabriek moet $2{,}5 \cdot 10^4$ ton methylethanoaat per jaar gaan produceren.

5p **26** Bereken hoeveel kg mengsel van water en methanol per uur onder uit de reactieve-destillatiekolom komt in de echte fabriek.
- Neem aan dat de fabriek 360 dagen per jaar continu kan produceren.
- Gebruik bij je berekening de samenstelling van de stromen, zoals die in de proeffabriek gevonden zijn.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Examen VWO

2013

tijdvak 1
vrijdag 24 mei
13.30 - 16.30 uur

scheikunde

Bij dit examen hoort een uitwerkbijlage.

Dit examen bestaat uit 26 vragen.
Voor dit examen zijn maximaal 69 punten te behalen.
Voor elk vraagnummer staat hoeveel punten met een goed antwoord behaald kunnen worden.

Als bij een vraag een verklaring, uitleg, berekening of afleiding gevraagd wordt, worden aan het antwoord meestal geen punten toegekend als deze verklaring, uitleg, berekening of afleiding ontbreekt.

Geef niet meer antwoorden (redenen, voorbeelden e.d.) dan er worden gevraagd. Als er bijvoorbeeld twee redenen worden gevraagd en je geeft meer dan twee redenen, dan worden alleen de eerste twee in de beoordeling meegeteld.

VW-1028-a-13-1-o

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Ammoniet

Ammoniet is een verzamelnaam voor schelpvormige fossielen die soms een goudachtige glans hebben. Ammonieten in musea kunnen in de loop der tijd vervallen tot een grijs poeder. De tekstfragmenten in deze opgave zijn ontleend aan een artikel dat gaat over deze ongewenste verandering en hoe dat verval kan worden tegengegaan.
In tekstfragment 1 wordt de vorming verklaard van de stof die de goudachtige glans veroorzaakt.

tekstfragment 1

De ammonietjes zijn niet van goud maar van het bijzonder kwetsbare pyriet of markasiet. Dit zijn verbindingen van zwavel en ijzer die zijn ontstaan na de dood van een organisme. In eiwit zit zwavel, het zwavel dat zo stinkt als een ei aanbrandt of verrot. Als een dier na zijn dood verrot in een substraat waaruit deze gassen niet kunnen ontsnappen, bijvoorbeeld in klei, dan kan dat zwavel een verbinding aangaan met het ijzer dat meestal opgelost in water aanwezig is en wordt er ijzersulfide gevormd. Dit kristalliseert dan bijvoorbeeld tegen de wand van de schelp van een ammoniet.

Uit tekstfragment 1 wordt ongeveer duidelijk hoe pyriet kan ontstaan, maar chemisch gezien mankeert er nogal wat aan de beschrijving die wordt gegeven in de regels 3 tot en met 8.
Met pyriet of markasiet wordt een stof bedoeld met de formule FeS_2. In regel 7 van tekstfragment 1 wordt deze stof ijzersulfide genoemd. Dat is onjuist. De negatieve ionen zijn namelijk niet sulfide-ionen, maar zogenoemde disulfide-ionen, S_2^{2-}.
Ook is het niet de stof zwavel die de stank van rotte eieren veroorzaakt (regels 3 en 4), maar het gas waterstofsulfide, H_2S.
De omzetting van H_2S moleculen tot disulfide-ionen is een redoxreactie.

3p **1** Geef de vergelijking van de halfreactie voor de omzetting van H_2S tot S_2^{2-}.
In de vergelijking van deze halfreactie komt behalve H_2S en S_2^{2-} ook H^+ voor.

Eigenlijk is het chemisch gezien onjuist om over ‘opgelost ijzer’ te spreken (regel 7).

3p **2** Schrijf een stukje tekst dat de zin „Als een dier … gevormd.” uit de regels 4 tot en met 8 van tekstfragment 1 kan vervangen en dat chemisch gezien juist is. Maak gebruik van hierboven verstrekte informatie.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

In tekstfragment 2 wordt het verval van de ammonieten in musea verklaard.

tekstfragment 2

IJzersulfide kan in twee vormen uitkristalliseren: in de vorm van een kubus of radiair. De kubus is een gesloten vorm en wellicht ook daarom weinig kwetsbaar. Het kubische pyriet is de meest stabiele van de twee vormen. De radiaire vorm heet markasiet en is vanuit één punt straalsgewijs opgebouwd. Omdat er ruimte tussen die stralen is, kan er gemakkelijk water tussen komen dat zich met het markasiet verbindt. Er ontstaat dan het blauwgrijze mineraal melanteriet waarin veel kristalwater is opgenomen. De reactie kan in woorden als volgt worden weergegeven: markasiet met water en zuurstof vormt melanteriet en zwavelzuur. Door de opname van het kristalwater wordt het volume groter en gaat het fossiel barsten. Het melanteriet wordt door de barsten naar buiten geperst en het grijze poeder wordt zichtbaar. Heel wat fraaie pyrietammonieten zijn gebarsten en verbrokkeld en zo verloren gegaan.
Een boosdoener is het zwavelzuur dat het bijproduct is in de reactie van markasiet naar melanteriet. Dit zwavelzuur tast in het museum niet alleen het meubilair en de bijgevoegde etiketten aan maar zou ook de reactie zelf versnellen. Nu is het inderdaad zo dat veel pyrietfossielen zijn ingebed in kalksteen dat aangetast kan worden door zwavelzuur. Er wordt steeds weer nieuw pyriet blootgesteld aan luchtvochtigheid en zuurstof. Het zwavelzuur zorgt dus dat het proces steeds doorgaat.

In tekstfragment 2 wordt een reactie beschreven als verklaring van het ontstaan van het grijze poeder (regel 9 tot en met 12). De formule van melanteriet is $FeSO_4.7H_2O$. Het water dat voor de reactie nodig is, is als waterdamp in de lucht aanwezig.

3p **3** Geef de reactievergelijking voor het ontstaan van melanteriet uit markasiet.

3p **4** Bereken hoeveel maal zo groot de massa van de vaste stof wordt, wanneer vast markasiet wordt omgezet tot vast melanteriet. Geef de uitkomst van de berekening in drie significante cijfers.

1p **5** Welke gegevens heb je nog meer nodig om te berekenen hoeveel maal zo groot het volume van de vaste stof wordt, wanneer vast markasiet wordt omgezet tot vast melanteriet?

In tekstfragment 2 wordt ook de rol van zwavelzuur beschreven (zie regels 14 tot en met 20).

2p **6** Geef de vergelijking van de reactie die in de regels 17 en 18 van tekstfragment 2 wordt bedoeld. Gebruik eventueel gegevens uit Binas-tabel 66A.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Asbjørn Følling en de ontdekking van PKU

In 1934 bezocht de moeder van twee kinderen met een verstandelijke beperking de Noorse arts Asbjørn Følling. De moeder vond dat de urine van haar kinderen een afwijkende geur had en ze vermoedde dat die geur iets met de beperking van de kinderen te maken had. Vanwege de geur, die mogelijk op suikerziekte wees, voegde Følling aan de urine een paar druppels toe van een oplossing van ijzer(III)chloride ($FeCl_3$), een standaardtest voor suikerziekte. Indien iemand aan suikerziekte lijdt, kleurt de urine paars-rood. Følling nam echter een groene kleur waar, die na enkele minuten verdween.
Følling isoleerde uit de urine een witte vaste stof (stof X). Hij toonde vervolgens aan dat stof X de groenkleuring van de urine veroorzaakte en dat stof X niet aanwezig was in de urine van gezonde mensen.

2p **7** Beschrijf hoe Følling te werk kan zijn gegaan om aan te tonen dat stof X de groenkleuring van de urine veroorzaakt en dat stof X niet aanwezig is in de urine van gezonde mensen.

Om te achterhalen wat de molecuulformule van stof X is, deed Følling twee bepalingen.
- Hij voerde eerst een titratie uit met natronloog. Hij nam hierbij aan dat stof X een eenwaardig zuur is. Deze aanname bleek later geheel juist te zijn. Uit de titratie leidde hij af dat de molaire massa van stof X 164 g mol^{-1} bedraagt.
- Hij liet 4,69 mg van stof X volledig verbranden. Hierbij ontstond uitsluitend 11,2 mg CO_2 en 2,08 mg H_2O.

Met behulp van de gegevens uit deze twee bepalingen berekende Følling dat de molecuulformule van stof X $C_9H_8O_3$ is.

4p **8** Geef deze berekening.

Om de structuurformule van stof X te achterhalen, deed Følling nog enige andere experimenten. Toen hij stof X liet reageren met een sterke oxidator, ontstonden daaruit twee reactieproducten. Bij nader onderzoek bleken dat benzeencarbonzuur en ethaandizuur te zijn.
Følling trok uit deze waarneming de conclusie dat stof X was ontstaan uit het aminozuur fenylalanine. Later in het onderzoek bleek ook deze conclusie geheel juist te zijn.

2p **9** Geef een mogelijke structuurformule voor stof X. Houd daarbij ook rekening met eerder in deze opgave verstrekte gegevens.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Bij gezonde mensen wordt fenylalanine in het lichaam grotendeels omgezet tot een ander aminozuur doordat in een molecuul fenylalanine een OH groep wordt aangebracht (hydroxyleren).

1p **10** Geef de naam van het aminozuur dat ontstaat wanneer bij gezonde mensen fenylalanine door hydroxylering wordt omgezet.

Bij de kinderen vond de hydroxylering van fenylalanine kennelijk niet plaats. Følling vermoedde dat dit kwam door een genetische afwijking (mutatie) waardoor een voor de omzetting noodzakelijk enzym niet werkte. Het fenylalanine werd bij de kinderen kennelijk omgezet tot stof X. Omdat deze omzetting langzaam verloopt, hoopt fenylalanine zich op in het lichaam. Een gevolg daarvan is dat de hersenen en het zenuwstelsel worden aangetast. Deze genetische afwijking wordt reeds vele jaren phenylketonurie (PKU) genoemd.
Følling deed tot slot een onderzoek om na te gaan of gezonde mensen fenylalanine omzetten zonder dat daarbij stof X ontstaat. Hij kocht synthetisch gemaakte fenylalanine en nam een kleine hoeveelheid in. Toen hij daarna een test met ijzer(III)chloride uitvoerde, kleurde zijn urine tegen zijn verwachting in groen. Ook bij geteste medewerkers kleurde de urine groen na het toevoegen van enkele druppels ijzer(III)chloride-oplossing. De verklaring voor deze waarneming kwam enige tijd later. Er zijn twee vormen van fenylalanine.

2p **11** Leg aan de hand van de structuurformule van fenylalanine uit dat er twee vormen van deze stof bestaan.

3p **12** Geef een mogelijke verklaring voor de groenkleuring van de urine van Følling en zijn medewerkers na inname van synthetisch gemaakte fenylalanine.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Bepaling van de samenstelling van een koper-bismutlegering

Legeringen van koper en lood worden vaak gebruikt door loodgieters. Vanwege de giftigheid wordt lood hierin vaak vervangen door het minder giftige bismut. In een metallurgisch laboratorium doet men onderzoek naar de samenstelling van dit soort legeringen. Tijdens zo'n bepaling laat men eerst een stukje van de legering reageren met geconcentreerd salpeterzuur. Er ontstaan dan onder andere Bi^{3+} ionen en Cu^{2+} ionen.

3p **13** Leid met behulp van de vergelijkingen van de halfreacties de totale vergelijking af van de reactie die plaatsvindt wanneer het bismut reageert met geconcentreerd salpeterzuur. Ga ervan uit dat van het geconcentreerde salpeterzuur de NO_3^- ionen worden omgezet tot NO_2 moleculen.

Een deel van de oplossing die is ontstaan, wordt verdund en met een buffer op pH = 4,90 gebracht. Om de buffer te maken zijn oplossingen van natriumhydroxide en ethaanzuur samengevoegd. In deze buffer komen zowel deeltjes ethanoaat als ethaanzuur voor.

3p **14** Bereken de verhouding waarin deeltjes ethanoaat en ethaanzuur voorkomen in de buffer met pH = 4,90.
Noteer je antwoord als ethanoaat : ethaanzuur = … : …

De gebufferde oplossing wordt hierna getitreerd met een oplossing van de stof EDTA, vaak weergegeven met Na_2H_2Y. Dit zout is in oplossing geïoniseerd in Na^+ ionen en H_2Y^{2-} ionen. Tijdens de titratie treden achtereenvolgens de volgende reacties op:

$$Bi^{3+} + H_2Y^{2-} \rightleftarrows BiY^- + 2\,H^+$$

$$Cu^{2+} + H_2Y^{2-} \rightleftarrows CuY^{2-} + 2\,H^+$$

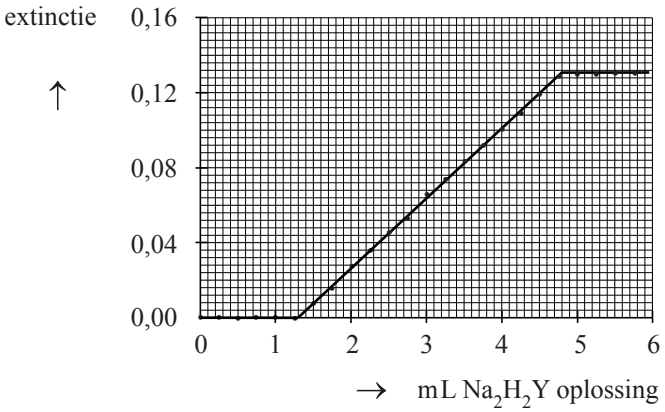
Beide reacties zijn evenwichtsreacties. De ligging van de evenwichten is zodanig dat tijdens de titratie eerst Bi^{3+} reageert. Pas wanneer nagenoeg alle Bi^{3+} heeft gereageerd, wordt Cu^{2+} omgezet.

Deeltjes CuY^{2-} absorberen licht met een golflengte van 745 nm terwijl Bi^{3+}, Cu^{2+}, H_2Y^{2-} en BiY^- en de overige aanwezige deeltjes niet absorberen bij deze golflengte. Tijdens de titratie wordt de extinctie van de oplossing gemeten.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

De extinctie (verticaal), uitgezet tegen de toegevoegde hoeveelheid Na_2H_2Y oplossing (horizontaal) levert onderstaand diagram op.

diagram



2p **15** Leg uit dat uit het diagram blijkt dat BiY^- ionen geen licht absorberen bij 745 nm.

4p **16** Bereken het massapercentage Cu van de koper-bismutlegering. Ga ervan uit dat de legering uitsluitend Bi en Cu bevat.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Fluoride in tandpasta

Eén van de stoffen die in tandpasta aanwezig zijn, zorgt ervoor dat vet en vuil dat aan het gebit kleeft, los komt van de tanden en kiezen en bij het spoelen van de mond met het spoelwater wordt afgevoerd. Een veelgebruikte stof daarvoor is het zogenoemde natriumlaurylsulfaat, een zout met formule $CH_3\text{-}(CH_2)_{11}\text{-}OSO_3Na$. In water is deze stof gesplitst in natriumionen en laurylsulfaationen. Dat vet en vuil van het gebit loskomen, kan worden verklaard met behulp van de bouw van laurylsulfaationen.

3p **17** Leg met behulp van de bouw van laurylsulfaationen uit dat vet en vuil van het gebit loskomen als laurylsulfaationen aanwezig zijn.

Het gebit bestaat aan de buitenkant uit glazuur (hydroxy-apatiet), een zout opgebouwd uit calcium-, fosfaat- en hydroxide-ionen in de molverhouding 5 : 3 : 1. Door de aanwezigheid van de hydroxide-ionen in hydroxy-apatiet wordt het glazuur aangetast door H^+ ionen afkomstig uit levensmiddelen. Door het glazuur regelmatig in contact te brengen met fluoride-ionen, worden hydroxide-ionen uitgewisseld tegen fluoride-ionen. Hierbij ontstaat het zogenoemde fluorapatiet dat minder snel wordt aangetast door H^+ ionen. Om deze reden zijn in veel tandpasta's fluoride-ionen aanwezig.

2p **18** Geef de vergelijking van de reactie waarbij hydroxy-apatiet wordt omgezet tot fluorapatiet.

Twee leerlingen gaan voor hun profielwerkstuk het fluoridegehalte bepalen van een bepaald merk tandpasta. Ze hebben op internet een bepaling gevonden waarbij het aanwezige fluoride als $PbClF$ wordt neergeslagen. Door daarna de massa van het $PbClF$ te wegen, kan het fluoridegehalte in de tandpasta worden berekend.
De leerlingen wegen een hoeveelheid tandpasta af en lossen dit in verdund salpeterzuur op. Terwijl zij dit doen, nemen zij een gasontwikkeling waar. Omdat in de tandpasta calciumcarbonaat aanwezig is als polijst- en schuurmiddel, vermoeden ze dat dit gas koolstofdioxide is. Ze leiden het gas daarom door kalkwater.

3p **19** Geef de vergelijking van de reactie die verloopt als koolstofdioxide door kalkwater wordt geleid. Geef de waarneming die de leerlingen zullen doen.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

De oplossing die is ontstaan na de reactie van tandpasta met salpeterzuur wordt enige minuten verhit om het nog opgeloste koolstofdioxide te verwijderen. Daarna brengen de leerlingen de oplossing op een pH-waarde van ongeveer 5 door het toedruppelen van natronloog.
Vervolgens voegen ze een $NaCl$ oplossing toe, waarna ze onder voortdurend roeren een $Pb(NO_3)_2$ oplossing toevoegen.
Tijdens het toedruppelen ontstaat een suspensie doordat zich een heterogeen evenwicht instelt:

$$PbClF \rightleftarrows Pb^{2+} + Cl^- + F^- \qquad \text{(evenwicht 1)}$$

Doordat een overmaat $NaCl$ oplossing en een overmaat $Pb(NO_3)_2$ oplossing is toegevoegd, is de $[F^-]$ in de vloeistof verwaarloosbaar klein.

2p **20** Geef de evenwichtsvoorwaarde voor evenwicht 1.

2p **21** Leg met behulp van de evenwichtsvoorwaarde uit dat het gebruik van een overmaat $NaCl$ oplossing en een overmaat $Pb(NO_3)_2$ oplossing ervoor zorgt dat de concentratie opgeloste F^- verwaarloosbaar klein kan worden.

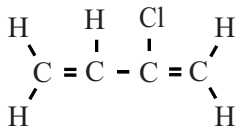
De leerlingen hebben een hoeveelheid tandpasta van 20,0143 g afgewogen en het fluoride omgezet in $PbClF$. De verkregen suspensie wordt gefiltreerd over een vooraf gedroogd filter. De massa van het filter is bepaald: 7,1842 g.
Het neerslag van $PbClF$ wordt in het filter verzameld en gewassen. Hierna wordt het filter gedroogd en met het daarin verzamelde neerslag gewogen: 7,5836 g.

4p **22** Bereken het fluoridegehalte van de onderzochte tandpasta in massa-ppm. Neem aan dat al het fluoride is neergeslagen als $PbClF$.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

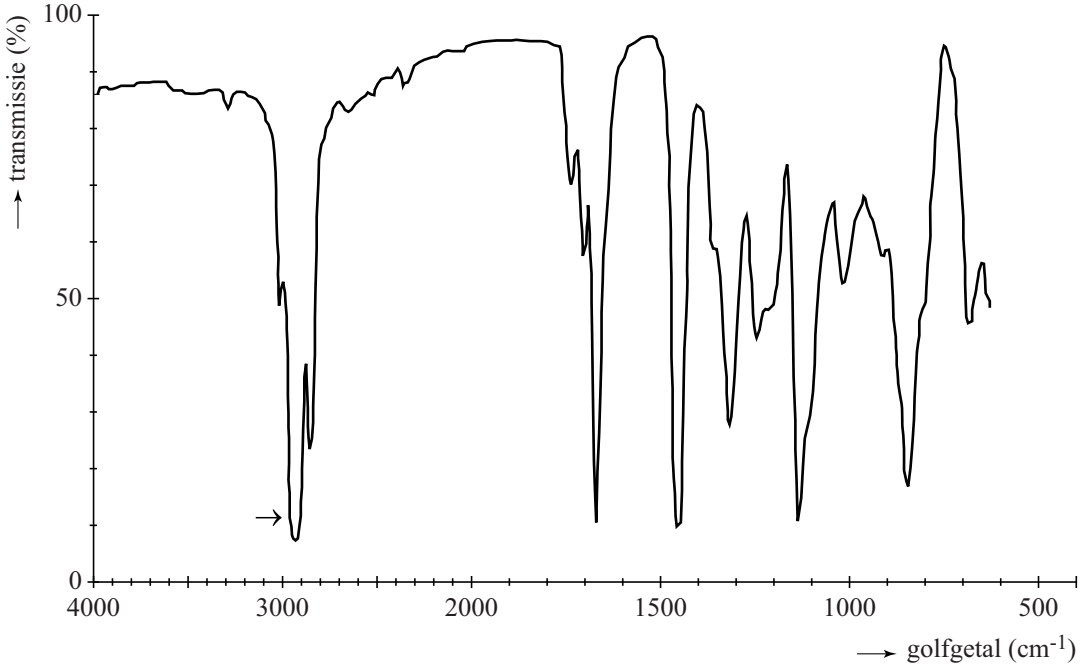
Polychloropreen

Polychloropreen is een polymeersoort die momenteel veel wordt gebruikt voor zogenaamde lifestyle-artikelen, zoals etuis voor laptops en mp3-spelers. Ook wetsuits voor duikers worden veelal van polychloropreen gemaakt.
Polychloropreen wordt gevormd door additiepolymerisatie van chloropreen (2–chloor–1,3–butadieen). In deze opgave wordt de stof chloropreen aangeduid als CP.
De structuurformule van CP is hiernaast weergegeven.



In het polymerisatieproces wordt het vierde koolstofatoom van de ene monomeereenheid verbonden met het eerste koolstofatoom van de volgende monomeereenheid. De meeste monomeereenheden nemen tijdens dit proces de *trans*-configuratie aan.
Als onderdeel van het controleproces maakt de fabrikant gebruik van infrarood spectrofotometrie. Hieronder is het IR-spectrum van een polychloropreenmonster weergegeven.

IR-spectrum



Een kenmerkende piek in het absorptiespectrum van polychloropreen is aangeduid met een pijl.

3p **23** Geef de structuurformule van een gedeelte van het midden van een polychloropreenketen, bestaande uit drie monomeereenheden. Teken hierin de monomeereenheden in de *trans*-configuratie.

2p **24** Noteer de frequentie die behoort bij de piek die is aangeduid met een pijl en omcirkel in de structuurformule uit vraag 23 één groep die verantwoordelijk is voor deze frequentie. Licht je antwoord toe.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Polychloropreen verliest zijn soepelheid bij lage temperaturen. Om dit te voorkomen, wordt CP voorafgaand aan de polymerisatie gemengd met de stof 2,3–dichloor–1,3–butadieen (in deze opgave verder aangeduid als DCB).
De polymeersoort die op deze wijze wordt gevormd, bevat dus zowel eenheden die afkomstig zijn van CP als van DCB. Door verschillende verhoudingen CP en DCB te gebruiken, ontstaan verschillende polymeersoorten met eveneens verschillende eigenschappen. Deze polymeersoorten worden allemaal aangeduid met de verzamelnaam polychloropreen.

De productie van polychloropreensoorten verloopt via een proces dat uit meerdere stappen bestaat. Een vereenvoudigde weergave van dit proces wordt hieronder beschreven.

- De stoffen CP en DCB worden samen met water en hulpstoffen (o.a. een emulgator) in een reactor gebracht. Hierin vindt gedurende enige tijd het polymerisatieproces plaats.
- Het reactiemengsel wordt naar een scheidingsruimte overgebracht waar de niet gereageerde monomeren worden verwijderd. Het mengsel van de niet gereageerde monomeren wordt geanalyseerd en teruggevoerd naar de reactor.
- Van de scheidingsruimte wordt het mengsel met daarin onder andere het polymeer, overgebracht naar een trommel waar azijnzuuroplossing aan het mengsel wordt toegevoegd. Het mengsel wordt rondgedraaid en afgekoeld. Door het zure milieu en de lage temperatuur slaat het polymeer als vaste stof neer uit het mengsel. Het gehele mengsel wordt overgebracht naar een wasruimte.
- In de wasruimte wordt het mengsel gewassen met water. Alle stoffen uit het mengsel, behalve het polymeer, lossen op in het water, dat als afvalwater wordt afgevoerd.

Na het wassen wordt het polymeer gedroogd, in kleine stukjes gesneden en opgeslagen.

4p **25** In de uitwerkbijlage bij dit examen staat het (onvolledige) blokschema voor de bovenbeschreven vereenvoudigde weergave van het productieproces. Maak dit af met behulp van extra pijlen voor de stofstromen. Vermeld bij alle stofstromen de hierin aanwezige stoffen/mengsels. Maak gebruik van de onderstaande zeven begrippen. Noteer uitsluitend de nummers van de stoffen/stofmengsels. Mogelijk komt een nummer meerdere keren voor.

1. afvalwater;
2. azijnzuuroplossing;
3. CP;
4. DCB;
5. hulpstoffen;
6. polymeer;
7. water.

Let op: de laatste vraag van dit examen staat op de volgende pagina.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Door de hoeveelheid chloor in een polymeersoort te bepalen, kan het DCB-gehalte in deze polymeersoort worden bepaald.
Dit kan gebeuren door een afgewogen hoeveelheid polymeer onder hoge druk en temperatuur volledig te verbranden. De ontstane gasvormige producten worden door een oplossing geleid, waarbij uiteindelijk alle chlooratomen worden omgezet tot chloride-ionen.
De hoeveelheid chloride-ionen kan worden bepaald door een titratie. Hiertoe wordt de oplossing van de chloride-ionen in een erlenmeyer gebracht en verdund. De vloeistof wordt gemengd met een kleine hoeveelheid K_2CrO_4 oplossing en ten slotte getitreerd met $AgNO_3$ oplossing. Tijdens deze titratie slaat zilverchloride neer. Nadat alle aanwezige chloride als zilverchloride is neergeslagen, slaat zilverchromaat (Ag_2CrO_4) neer.
De inhoud van de erlenmeyer verandert tijdens de titratie van kleur. De inhoud is voor, tijdens en na de titratie geen enkele keer kleurloos.
Op de uitwerkbijlage bij dit examen is de titratie in een tabel onvolledig weergegeven.

3p **26** Vul de tabel op de uitwerkbijlage in.
- Geef de kleur van de inhoud van de erlenmeyer voor de titratie, tijdens de titratie en na het bereiken van het equivalentiepunt.
- Geef voor alle drie de momenten aan of het mengsel helder of troebel is.
- Geef de formule(s) van de aanwezige deeltjes, waardoor de kleur wordt veroorzaakt. Gebruik hierbij Binas-tabel 65B.
- Geef de formule(s) van de aanwezige deeltjes, waardoor een eventueel aanwezige troebeling wordt veroorzaakt.

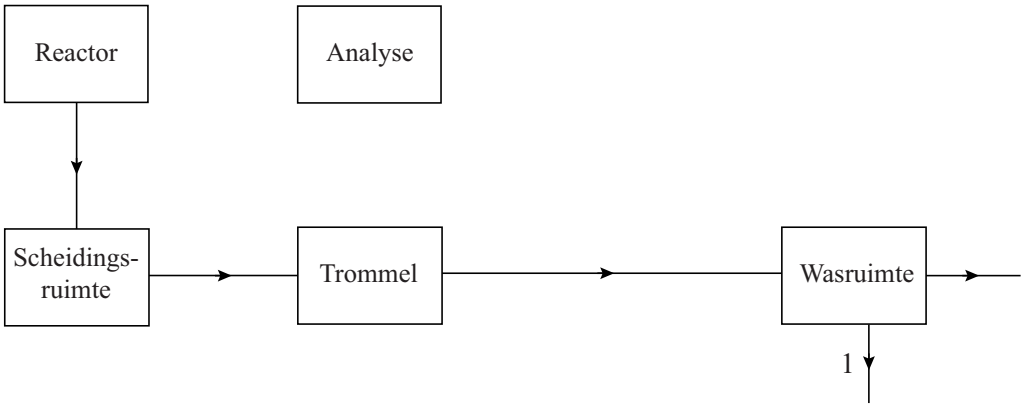
Bronvermelding
Een opsomming van de in dit examen gebruikte bronnen, zoals teksten en afbeeldingen, is te vinden in het bij dit examen behorende correctievoorschrift, dat na afloop van het examen wordt gepubliceerd.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

uitwerkbijlage

Naam kandidaat _____ Kandidaatnummer _____

25



26

	kleur	helder/troebel	formule van het (de) deeltje(s) dat (die) kleur en/of troebeling veroorzaakt (veroorzaken
voor de titratie			
tijdens de titratie			
na het equivalentiepunt			

VERGEET NIET DEZE UITWERKBIJLAGE IN TE LEVEREN

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Examen VWO

2013

tijdvak 1
vrijdag 24 mei
13.30 - 16.30 uur

scheikunde (pilot)

Bij dit examen hoort een uitwerkbijlage.

Dit examen bestaat uit 26 vragen.
Voor dit examen zijn maximaal 68 punten te behalen.
Voor elk vraagnummer staat hoeveel punten met een goed antwoord behaald kunnen worden.

Als bij een vraag een verklaring, uitleg, berekening of afleiding gevraagd wordt, worden aan het antwoord meestal geen punten toegekend als deze verklaring, uitleg, berekening of afleiding ontbreekt.

Geef niet meer antwoorden (redenen, voorbeelden e.d.) dan er worden gevraagd. Als er bijvoorbeeld twee redenen worden gevraagd en je geeft meer dan twee redenen, dan worden alleen de eerste twee in de beoordeling meegeteld.

VW-1028-f-13-1-o

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Ammoniet

Ammoniet is een verzamelnaam voor schelpvormige fossielen die soms een goudachtige glans hebben. De goudachtige glans wordt veroorzaakt door de stof pyriet. Met pyriet, ook wel markasiet genoemd, wordt een stof bedoeld met de formule FeS_2. In deze stof komen zogenoemde disulfide-ionen voor: S_2^{2-}. Deze ionen zijn ontstaan uit het gas waterstofsulfide (H_2S), waarna ze met aanwezige ijzer(II)ionen een neerslag vormden.
De omzetting van moleculen waterstofsulfide tot disulfide-ionen is een redoxreactie.

3p **1** Geef de vergelijking van de halfreactie voor de omzetting van H_2S tot S_2^{2-}. In de vergelijking van deze halfreactie komt behalve H_2S en S_2^{2-} ook H^+ voor.

Ammonieten in musea kunnen in de loop der tijd vervallen tot een grijs poeder. In onderstaand tekstfragment wordt het verval van de ammonieten in musea verklaard.

tekstfragment

Als markasiet reageert met waterdamp uit de lucht, ontstaat het blauwgrijze mineraal melanteriet waarin veel kristalwater is opgenomen. De reactie kan in woorden als volgt worden weergegeven:
markasiet met water en zuurstof vormt melanteriet en zwavelzuur.
Door de opname van het kristalwater wordt het volume groter en gaat het fossiel barsten.
Een boosdoener is het zwavelzuur dat het bijproduct is in de reactie van markasiet naar melanteriet. Dit zwavelzuur tast niet alleen het meubilair en de bijgevoegde etiketten aan maar zou ook de reactie zelf versnellen.
Nu is het inderdaad zo dat veel pyrietfossielen zijn ingebed in kalksteen dat aangetast kan worden door zwavelzuur.

In het tekstfragment wordt een reactie beschreven (regel 4). De formule van melanteriet is $FeSO_4.7H_2O$. Het water dat voor de reactie nodig is, is als waterdamp in de lucht aanwezig.

3p **2** Geef de reactievergelijking voor het ontstaan van melanteriet uit markasiet.

3p **3** Bereken hoeveel maal zo groot de massa van de vaste stof wordt, wanneer vast markasiet wordt omgezet tot vast melanteriet. Geef de uitkomst van de berekening in drie significante cijfers.

1p **4** Welke gegevens heb je nog meer nodig om te berekenen hoeveel maal zo groot het volume van de vaste stof wordt, wanneer vast markasiet wordt omgezet tot vast melanteriet?

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

In het tekstfragment wordt ook de rol van zwavelzuur beschreven (zie de regels 7 tot en met 11).

2p **5** Geef de vergelijking van de reactie die in de regels 10 en 11 van het tekstfragment wordt bedoeld. Gebruik eventueel gegevens uit Binas-tabel 66A.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Asbjørn Følling en de ontdekking van PKU

In 1934 bezocht de moeder van twee kinderen met een verstandelijke beperking de Noorse arts Asbjørn Følling. De moeder vond dat de urine van haar kinderen een afwijkende geur had en ze vermoedde dat die geur iets met de beperking van de kinderen te maken had. Vanwege de geur, die mogelijk op suikerziekte wees, voegde Følling aan de urine een paar druppels toe van een oplossing van ijzer(III)chloride ($FeCl_3$), een standaardtest voor suikerziekte. Indien iemand aan suikerziekte lijdt, kleurt de urine paars-rood. Følling nam echter een groene kleur waar, die na enkele minuten verdween.
Følling isoleerde uit de urine een witte vaste stof (stof X). Hij toonde vervolgens aan dat stof X de groenkleuring van de urine veroorzaakte en dat stof X niet aanwezig was in de urine van gezonde mensen.

2p **6** Beschrijf hoe Følling te werk kan zijn gegaan om aan te tonen dat stof X de groenkleuring van de urine veroorzaakt en dat stof X niet aanwezig is in de urine van gezonde mensen.

Om te achterhalen wat de molecuulformule van stof X is, deed Følling twee bepalingen.
- Hij voerde eerst een titratie uit met natronloog. Hij nam hierbij aan dat stof X een éénwaardig zuur is. Deze aanname bleek later geheel juist te zijn. Uit de titratie leidde hij af dat de molaire massa van stof X 164 g mol^{-1} bedraagt.
- Hij liet 4,69 mg van stof X volledig verbranden. Hierbij ontstond uitsluitend 11,2 mg CO_2 en 2,08 mg H_2O.

Met behulp van de gegevens uit deze twee bepalingen berekende Følling dat de molecuulformule van stof X $C_9H_8O_3$ is.

4p **7** Geef deze berekening.

Om de structuurformule van stof X te achterhalen, deed Følling nog enige andere experimenten. Toen hij stof X liet reageren met een sterke oxidator, ontstonden daaruit twee reactieproducten. Bij nader onderzoek bleken dat benzeencarbonzuur en ethaandizuur te zijn.
Følling trok uit deze waarneming de conclusie dat stof X was ontstaan uit het aminozuur fenylalanine. Later in het onderzoek bleek ook deze conclusie geheel juist te zijn.

2p **8** Geef een mogelijke structuurformule voor stof X. Houd daarbij ook rekening met eerder in deze opgave verstrekte gegevens.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Bij gezonde mensen wordt fenylalanine in het lichaam grotendeels omgezet tot een ander aminozuur doordat in een molecuul fenylalanine een OH groep wordt aangebracht (hydroxyleren).

1p **9** Geef de naam van het aminozuur dat ontstaat wanneer bij gezonde mensen fenylalanine door hydroxylering wordt omgezet.

Bij de kinderen vond de hydroxylering van fenylalanine kennelijk niet plaats. Følling vermoedde dat dit kwam door een genetische afwijking (mutatie) waardoor een voor de omzetting noodzakelijk enzym niet werkte. Het fenylalanine werd bij de kinderen kennelijk omgezet tot stof X. Omdat deze omzetting langzaam verloopt, hoopt fenylalanine zich op in het lichaam. Een gevolg daarvan is dat de hersenen en het zenuwstelsel worden aangetast. Deze genetische afwijking wordt reeds vele jaren phenylketonurie (PKU) genoemd.
Følling deed tot slot een onderzoek om na te gaan of gezonde mensen fenylalanine omzetten zonder dat daarbij stof X ontstaat. Hij kocht synthetisch gemaakte fenylalanine en nam een kleine hoeveelheid in. Toen hij daarna een test met ijzer(III)chloride uitvoerde, kleurde zijn urine tegen zijn verwachting in groen. Ook bij geteste medewerkers kleurde de urine groen na het toevoegen van enkele druppels ijzer(III)chloride-oplossing. De verklaring voor deze waarneming kwam enige tijd later. Er zijn twee vormen van fenylalanine.

2p **10** Leg aan de hand van de structuurformule van fenylalanine uit dat er twee vormen van deze stof bestaan.

3p **11** Geef een mogelijke verklaring voor de groenkleuring van de urine van Følling en zijn medewerkers na inname van synthetisch gemaakte fenylalanine.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Styreen-butadieen-rubber

Voor het maken van autobanden is jaarlijks een enorme hoeveelheid rubber nodig. Omdat er onvoldoende natuurrubber is, wordt op grote schaal synthetische rubber gemaakt.
Hierbij is 1,3-butadieen ($CH_2{=}CH{-}CH{=}CH_2$) een belangrijke grondstof. 1,3-butadieen ontstaat bij het stoomkraken van mengsels van verzadigde koolwaterstoffen. Uit het hierin aanwezige heptaan worden 1,3-butadieen, propaan en nog één andere stof gevormd.

3p **12** Ga met een berekening na of deze reactie exotherm of endotherm is.
De vormingswarmte van heptaan bedraagt $-1{,}88 \cdot 10^5$ J mol^{-1}.

Bij condensatie van het ontstane mengsel wordt een aantal fracties opgevangen. Elke fractie bevat een mengsel van verzadigde en onverzadigde koolwaterstoffen. Om 1,3-butadieen te scheiden van de andere koolwaterstoffen in de betreffende fractie maakt men gebruik van extractie. Door het relatief lage kookpunt (269 K) is 1,3-butadieen vervolgens af te scheiden uit de ontstane oplossing.

2p **13** Geef de namen van twee stoffen die zich in dezelfde fractie als 1,3-butadieen zullen bevinden en leg uit waarom deze stoffen zich in dezelfde fractie bevinden. Licht je antwoord toe met getalswaarden uit Binas.

De meest gebruikte rubbersoort voor autobanden is het zogeheten styreen-butadieen-rubber (SBR), een zogenoemd copolymeer van 1,3-butadieen en styreen (fenyletheen). 1,3-Butadieen kan op twee manieren polymeriseren met styreen:
- 1,4-additie. In het polymerisatieproces worden de koolstofatomen nummer 1 en 4 van 1,3-butadieen elk verbonden met een andere monomeereenheid. De hierbij in elke gepolymeriseerde monomeereenheid 1,3-butadieen gevormde dubbele binding tussen koolstofatomen nummer 2 en 3 kan zowel de *cis*- als de *trans*-configuratie aannemen;
- 1,2-additie. De reactie verloopt via koolstofatomen nummer 1 en 2 van 1,3-butadieen.

4p **14** Geef een fragment uit het midden van een SBR-polymeer weer met behulp van structuurformules. Dit fragment moet bestaan uit twee styreen-eenheden, één butadieen-eenheid met de *trans*-structuur die is ontstaan na 1,4-additie en één butadieen-eenheid die is ontstaan na 1,2-additie.

De productie van SBR is hieronder vereenvoudigd beschreven.
Styreen, 1,3-butadieen, water, een emulgator en hulpstoffen worden in een reactor gemengd. Als 60% van de monomeren is omgezet, wordt de reactor geleegd in ruimte S1.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

In S1 wordt 1,3-butadieen afgescheiden uit het mengsel dat uit de reactor komt. Het resterende mengsel wordt naar een zogenoemde stoomstripper geleid. Hier wordt stoom door het mengsel geleid. De stoom neemt het resterende styreen mee. Het mengsel van stoom en styreen wordt daarna in ruimte S3 gecondenseerd en gescheiden.
Aan het overblijvende mengsel van onder andere water en SBR wordt in ruimte S4 een zuur toegevoegd. Het SBR klontert daardoor samen en kan worden afgescheiden.
In de uitwerkbijlage die bij deze opgave hoort, is een onvolledig blokschema afgebeeld voor de productie van SBR. Bij deze productie wordt zo efficiënt mogelijk omgegaan met grondstoffen.

4p **15** Maak het blokschema af dat op de uitwerkbijlage bij deze opgave is gegeven. Gebruik lijnen met pijlen voor de ontbrekende stofstromen. Geef de stofstromen in het schema aan met cijfers:

1	1,3-butadieen	4	stoom
2	emulgator en hulpstoffen	5	styreen
3	SBR	6	vloeibaar water

Hergebruik van stoffen afkomstig uit S4 en hergebruik van water hoeft niet te worden aangegeven.

Voor de productie van een autoband wordt vloeibaar SBR gemengd met zwavel en enkele andere hulpstoffen. De band wordt opgebouwd uit een aantal lagen van dit mengsel, waartussen versterkende staaldraden aanwezig zijn. Aan het eind van het proces laat men de gehele band enige tijd in een mal uitharden bij 290 °C. Tijdens het uitharden worden de SBR ketens op een beperkt aantal plaatsen onderling verbonden door zwavelatomen. Het resultaat is een stevige, elastische rubber band. Rubber afkomstig van oude autobanden kan niet worden gebruikt voor de productie van nieuwe banden.

2p **16** Leg uit hoe rubber van een autoband er op deeltjesniveau uitziet en leg uit:
- waarom dit rubber niet kan worden gebruikt voor de productie van nieuwe banden;
- waarom dit rubber elastisch is.

Een manier om autobanden nuttig te gebruiken is door ze in korrelvorm in cementovens te verbranden. Bij de verbranding ontstaan H_2O en CO_2 en twee andere oxides. Deze twee andere oxides worden in het cement opgenomen. De beide oxides vormen een nuttige grondstof voor het cement. In vergelijking met gewone verbranding, kan zo milieuoverlast door één van deze oxides worden voorkomen.

2p **17** Geef de formules van de twee oxides die ontstaan naast H_2O en CO_2 bij de volledige verbranding van een autoband. Geef aan welk milieuvoordeel wordt bereikt doordat één van de oxides in het cement wordt opgenomen. Gebruik Binas-tabel 97A.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Fluoride in tandpasta

Twee leerlingen gaan voor hun profielwerkstuk het fluoridegehalte bepalen van een bepaald merk tandpasta. Ze hebben op internet een bepaling gevonden waarbij het aanwezige fluoride als $PbClF$ wordt neergeslagen. Door daarna de massa van het $PbClF$ te wegen, kan het fluoridegehalte in de tandpasta worden berekend.
De leerlingen wegen een hoeveelheid tandpasta af en lossen dit in verdund salpeterzuur op. Terwijl zij dit doen, nemen zij een gasontwikkeling waar. Omdat in de tandpasta calciumcarbonaat aanwezig is als polijst- en schuurmiddel, vermoeden ze dat dit gas koolstofdioxide is. Ze leiden het gas daarom door kalkwater.

3p **18** Geef de vergelijking van de reactie die verloopt als koolstofdioxide door kalkwater wordt geleid. Geef de waarneming die de leerlingen zullen doen.

De oplossing die is ontstaan na de reactie van tandpasta met salpeterzuur wordt enige minuten verhit om het nog opgeloste koolstofdioxide te verwijderen. Daarna brengen de leerlingen de oplossing op een pH-waarde van ongeveer 5 door het toedruppelen van natronloog.
Vervolgens voegen ze een $NaCl$ oplossing toe, waarna ze onder voortdurend roeren een $Pb(NO_3)_2$ oplossing toevoegen.
Tijdens het toedruppelen ontstaat een suspensie doordat zich een heterogeen evenwicht instelt:

$$PbClF \rightleftarrows Pb^{2+} + Cl^- + F^- \qquad \text{(evenwicht 1)}$$

Doordat een overmaat $NaCl$ oplossing en een overmaat $Pb(NO_3)_2$ oplossing is toegevoegd, is de $[F^-]$ in de vloeistof verwaarloosbaar klein.

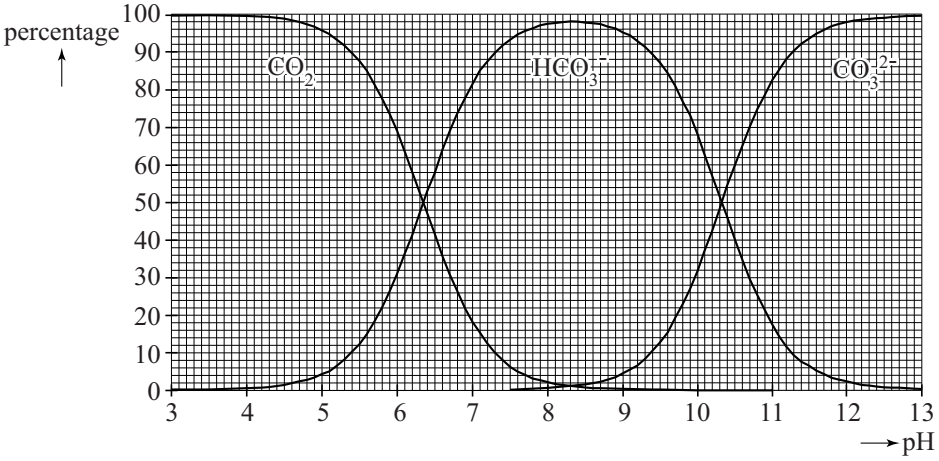
2p **19** Geef de evenwichtsvoorwaarde voor evenwicht 1.

2p **20** Leg met behulp van de evenwichtsvoorwaarde uit dat het gebruik van een overmaat $NaCl$ oplossing en een overmaat $Pb(NO_3)_2$ oplossing ervoor zorgt dat de concentratie opgeloste F^- verwaarloosbaar klein kan worden.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Het verwijderen van de opgeloste koolstofdioxide is noodzakelijk om te voorkomen dat behalve $PbClF$ ook $PbCO_3$ neerslaat; $PbCO_3$ is buitengewoon slecht oplosbaar. Om te voorkomen dat tijdens de bepaling ook $PbCO_3$ neerslaat, moet de $[CO_3^{2-}]$ beslist kleiner zijn dan 10^{-11} mol L^{-1}. De leerlingen vragen zich af of het uitkoken wel echt nodig is. Ze hebben in een scheikundeleerboek onderstaand diagram gevonden. Hierin staan hoeveelheden van de deeltjes CO_2, HCO_3^- en CO_3^{2-} uitgezet als percentage van de totale hoeveelheid opgeloste koolstofdioxide, tegen de pH. Het diagram geldt voor oplossingen van 25 °C. Een deel van dit diagram is hieronder weergegeven.

diagram



Volgens de leerlingen kun je uit dit diagram afleiden dat bij pH = 5 geen CO_3^{2-} voorkomt en dat uitkoken dus niet nodig is. Maar de leraar vindt dat de leerlingen daar iets te makkelijk over denken. Volgens de leraar is het best mogelijk dat in een oplossing van 25 °C die verzadigd is aan koolstofdioxide, bij pH = 5 de $[CO_3^{2-}]$ groter is dan 10^{-11} mol L^{-1}. Onder deze omstandigheden bedraagt de totale hoeveelheid van de deeltjes CO_2, HCO_3^- en CO_3^{2-} samen $1{,}10 \cdot 10^{-5}$ mol L^{-1}.

4p **21** Laat door middel van een berekening zien of de $[CO_3^{2-}]$ groter kan zijn dan 10^{-11} mol L^{-1} in een verzadigde oplossing van koolstofdioxide bij 25 °C en pH = 5,00. Gebruik het diagram.

De leerlingen hebben een hoeveelheid tandpasta van 20,0143 g afgewogen en het fluoride omgezet in $PbClF$. De verkregen suspensie wordt gefiltreerd over een vooraf gedroogd filter. De massa van het filter is bepaald: 7,1842 g.
Het neerslag van $PbClF$ wordt in het filter verzameld en gewassen. Hierna wordt het filter gedroogd en met het daarin verzamelde neerslag gewogen: 7,5836 g.

4p **22** Bereken het fluoridegehalte van de onderzochte tandpasta in massa-ppm. Neem aan dat al het fluoride is neergeslagen als $PbClF$.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Vuilnisbelt of goudmijn?

Mobiele telefoons, computers, accu's en elektronica worden tegenwoordig steeds vaker ingezameld en naar een recyclingbedrijf gebracht, zoals het Belgische bedrijf Umicore. In de materialen bevinden zich namelijk metalen zoals lood en koper, maar ook zeldzame edelmetalen. Om de metalen te kunnen recyclen, wordt het ingezamelde materiaal tot snippers vermalen. De snippers worden in een smeltreactor verhit, waarbij vooral vloeibaar koper en vloeibaar loodoxide (PbO) ontstaan.
Het vloeibare loodoxide mengt niet met het vloeibare koper, zodat de twee stoffen als aparte fracties kunnen worden afgevoerd naar de volgende stappen van het proces. Het onzuivere koper ondergaat vervolgens allerlei bewerkingen. Soms merkt de omgeving iets van de werkzaamheden, zoals in het volgende bericht in de 'Gazet van Antwerpen' van september 2010 te lezen is.

tekstfragment

> Bij Umicore in Hoboken is even na de middag een bruine gaswolk opgestegen na een reactie van grondstoffen met een waterige oplossing. De wolk verplaatste zich richting Kruibeke. Het was van daaruit dat de hulpdiensten de eerste oproepen ontvingen.
> „De nitreuze dampen zijn ontstaan nadat een oplossing over grondstoffen werd uitgegoten", meldt milieucoördinator Jan Kegels. „Wat daarbij precies mis is gelopen, wordt nog onderzocht."
> „Gelukkig vielen er geen gewonden en is er geen schade voor het milieu", zegt Kegels. Dat bevestigt de brandweer. „Doordat de wolk zich over de Schelde verplaatste, was ze sterk uitgedund vooraleer ze Kruibeke bereikte."

In dit bericht wordt niet echt duidelijk wat er gebeurd is op het fabrieksterrein en of de bruine wolk gevaarlijk had kunnen zijn voor het milieu en de volksgezondheid. Een chemisch vakblad wil een kort artikel plaatsen over dit bedrijfsongeval. Uit het artikel moet duidelijk worden:
- welke 'waterige oplossing' gebruikt is en welke grondstoffen worden bedoeld;
- welke stoffen de nitreuze dampen bevatten;
- welke stof verantwoordelijk is voor de bruine kleur van de gaswolk;
- welke risico's er aan de genoemde nitreuze dampen zitten.

3p **23** Schrijf een artikel van maximaal 80 woorden, waarin je bovenstaande uitleg geeft. Gebruik onder andere gegevens uit Binas-tabellen 48, 66A, 66B en 97. Geef in de kantlijn aan hoeveel woorden je hebt gebruikt.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Het gevormde onzuivere loodoxide wordt in een hoogoven omgezet tot lood. Het onzuivere lood bevat onder andere arseen, antimoon en tin. Deze metalen worden via het zogenoemde Harris-proces verwijderd. Hierbij worden aan het mengsel gesmolten natriumhydroxide en natriumnitraat toegevoegd. Tin wordt hierbij omgezet tot natriumstannaat $Na_2Sn(OH)_6$. Deze stof en de andere reactieproducten kunnen worden afgeschept van het vloeibare lood.

3p **24** Geef de halfreactie voor de reactie van tin met natriumhydroxide waarbij $Sn(OH)_6^{2-}$ ontstaat. In deze halfreactie komt onder andere OH^- voor.

Na de verwijdering van arseen, antimoon en tin zijn nog zilver en andere edelmetalen aanwezig in het lood. Om zilver van het lood af te scheiden wordt in het Parkes-proces vloeibaar zink aan het onzuivere vloeibare lood toegevoegd. Omdat vloeibaar zink niet mengt met vloeibaar lood, vormen zich twee lagen. Het aanwezige zilver lost veel beter op in zink dan in lood. Na afscheiding van het lood wordt het zilver-zink mengsel in een vacuümoven verhit, zodat zilver achterblijft.

2p **25** Welke twee scheidingsmethodes worden in het Parkes-proces toegepast?

Umicore beschikt over een groot laboratorium om de zuiverheid van de geproduceerde metalen te kunnen bepalen. Voor veel toepassingen is een hoge zuiverheid van de metalen gewenst. De voor bestek veel gebruikte legering ‘Sterling silver’ bevat uitsluitend zilver en 7,5 massa% koper. Twee leerlingen vragen zich af of ze zelf middels een eenvoudig experiment het massapercentage zilver in een monster Sterling silver kunnen controleren.
Ze stellen daartoe het volgende onvolledige werkplan op:
- laat een monster van 1,0 g Sterling silver reageren met een geschikt zuur, zodat het gehele monster in oplossing gaat;
- neutraliseer de ontstane oplossing.

2p **26** Leg uit wat ze vervolgens moeten doen om het massapercentage zilver in het gebruikte monster te kunnen bepalen.
- Beschrijf globaal de experimentele handeling(en).
- Geef aan welke chemicaliën daarbij nodig zijn.

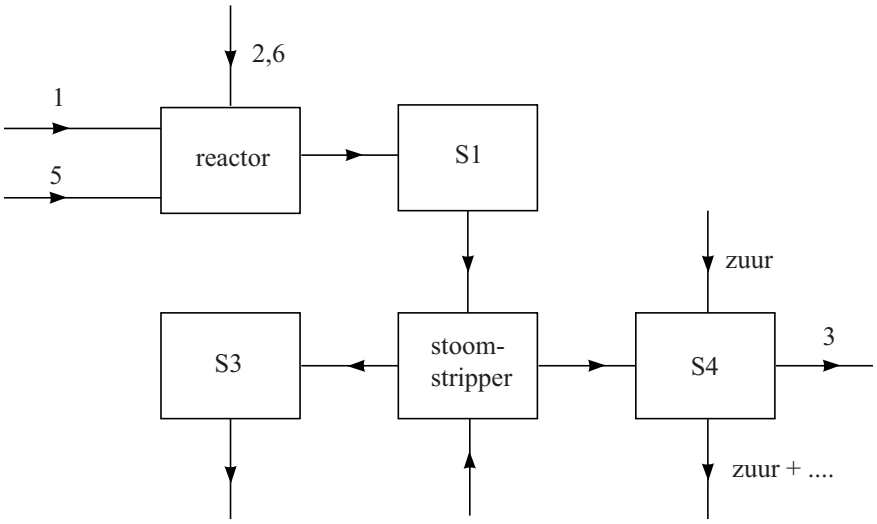
Bronvermelding
Een opsomming van de in dit examen gebruikte bronnen, zoals teksten en afbeeldingen, is te vinden in het bij dit examen behorende correctievoorschrift, dat na afloop van het examen wordt gepubliceerd.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

uitwerkbijlage

Naam kandidaat _____ Kandidaatnummer _____

15



VERGEET NIET DEZE UITWERKBIJLAGE IN TE LEVEREN

einde ■

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Examen VWO

2013

tijdvak 2
woensdag 19 juni
13.30 - 16.30 uur

scheikunde

Bij dit examen hoort een uitwerkbijlage.

Dit examen bestaat uit 26 vragen.
Voor dit examen zijn maximaal 73 punten te behalen.
Voor elk vraagnummer staat hoeveel punten met een goed antwoord behaald kunnen worden.

Als bij een vraag een verklaring, uitleg, berekening of afleiding gevraagd wordt, worden aan het antwoord meestal geen punten toegekend als deze verklaring, uitleg, berekening of afleiding ontbreekt.

Geef niet meer antwoorden (redenen, voorbeelden e.d.) dan er worden gevraagd. Als er bijvoorbeeld twee redenen worden gevraagd en je geeft meer dan twee redenen, dan worden alleen de eerste twee in de beoordeling meegeteld.

VW-1028-a-13-2-o

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Kwikvergiftiging in Japan

Veel kwikverbindingen zijn giftig. Een van de bekendste gevallen van kwikvergiftiging vond plaats in de jaren vijftig van de vorige eeuw in Minamata (Japan). Veel mensen werden daar vergiftigd door voedsel dat was besmet met methylkwikchloride (CH_3HgCl). Deze stof kwam in het zeewater terecht als industrieel afval. In water stelt zich het volgende evenwicht in:

$$CH_3HgCl\,(aq) \rightleftarrows CH_3Hg^+\,(aq) + Cl^-\,(aq)$$

2p **1** Geef de evenwichtsvoorwaarde voor dit evenwicht.

Methylkwikchloride wordt door organismen die in het water leven, zoals plankton en vissen, in het vetweefsel opgenomen in de vorm van het ongeïoniseerde CH_3HgCl. In zeewater is de $[CH_3HgCl]$ ongeveer $1{,}5 \cdot 10^5$ keer zo groot is als de $[CH_3Hg^+]$.

2p **2** Leg uit of in rivierwater de $[CH_3HgCl]$ ook $1{,}5 \cdot 10^5$ keer zo groot is als de $[CH_3Hg^+]$ of dat dit kleiner is of nog groter.

In een voedselketen wordt plankton geconsumeerd door kleine vissen, kleine vissen door grotere vissen en (grote) vissen door mensen. Omdat methylkwikchloride nauwelijks uit vetweefsel verdwijnt, wordt bij elk volgend organisme in de voedselketen de concentratie in het vetweefsel hoger. Dit verschijnsel heet bio-accumulatie. Zo is het mogelijk dat hoge concentraties van methylkwikchloride in vissen worden aangetroffen, terwijl in het water waarin de vissen leven, de concentratie van methylkwikchloride laag is. In de milieutoxicologie wordt het begrip bio-concentratie-factor (BCF) gehanteerd:

$$\text{BCF} = \frac{\text{gehalte } CH_3HgCl \text{ in vis (massa-ppm)}}{\text{gehalte } CH_3HgCl \text{ in zeewater (massa-ppm)}}$$

Men heeft destijds in Japan in vissen die door mensen als voedsel werden gebruikt een gehalte van $1{,}1 \cdot 10^2$ massa-ppm methylkwikchloride aangetroffen. Onder andere met dit gegeven is te berekenen hoeveel milligram kwik per liter zeewater aanwezig was. Het is gebruikelijk om dit kwikgehalte uit te drukken in mg Hg per liter.

4p **3** Bereken hoeveel mg Hg per liter aanwezig was in het zeewater waarin de vissen hebben geleefd. Ga ervan uit dat BCF = $8{,}4 \cdot 10^3$. Gebruik een gegeven uit Binas-tabel 11.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Het methylkwikchloride dat mensen binnenkrijgen, wordt direct in het lichaam opgenomen via het maag-darmstelsel. Methylkwikchloride reageert met aanwezig vrij cysteïne of een cysteïne-eenheid in een eiwit. Bij deze reactie wordt een covalente binding (atoombinding) gevormd tussen een kwikatoom en een zwavelatoom. Tevens splitst van een molecuul methylkwikchloride een Cl^- ion af en van de cysteïne-eenheid een H^+ ion. Wanneer deze reactie heeft plaatsgevonden met een eiwit dat een enzymfunctie heeft, kan dat enzym zijn werking soms niet meer uitvoeren.

4p **4** Geef met behulp van structuurformules de vergelijking van de reactie tussen een molecuul methylkwikchloride en het eiwitfragment ~ Leu – Cys ~.

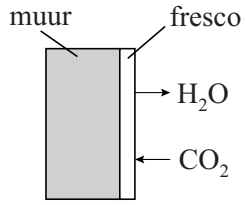
1p **5** Leg uit waarom het enzym na deze reactie zijn werking niet meer kan uitvoeren.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Restauratie van fresco's

Fresco's zijn muurschilderingen waarbij op een vochtige ondergrond een afbeelding is geschilderd. De vochtige laag die men als ondergrond voor het schilderwerk gebruikt, bestaat uit een suspensie van gebluste kalk (calciumhydroxide) met een afgepaste hoeveelheid water en zand. Tijdens het droogproces zuigt de vochtige ondergrond de verfpigmenten op. Tegelijkertijd reageert koolstofdioxide uit de lucht met de gebluste kalk. Zo wordt een laag van zand, kalksteen (calciumcarbonaat) en verfpigmenten gevormd. De componenten zijn in deze laag niet meer van elkaar te scheiden.
In figuur 1 is de interactie van de frescolaag met de omgeving tijdens het drogen (uitharden) weergegeven.

figuur 1



2p **6** Geef de reactievergelijking voor de vorming van kalksteen, zoals die tijdens het uitharden van een fresco plaatsvindt.

Van veel eeuwenoude buitenmuurschilderingen die met de frescotechniek gemaakt zijn, dreigt de beeltenis langzaam verloren te gaan. Dit gebeurt met name wanneer de concentratie van zwaveldioxide in de lucht hoog is. Omdat zwaveldioxide in vochtige lucht kan worden omgezet tot opgelost zwavelzuur, kan het kalksteen worden omgezet tot het veel zachtere gips (calciumsulfaatdihydraat):

$$2\ H^+ + SO_4^{2-} + CaCO_3 + H_2O \rightarrow CaSO_4.2H_2O + CO_2$$

Het gevormde zachte gips brokkelt langzaam af en kan vervolgens wegspoelen bij contact met water. Ook kunnen door dit proces barsten in het fresco ontstaan, omdat het volume dat door het gevormde gips wordt ingenomen groter is dan dat van het kalksteen waaruit het is ontstaan.

3p **7** Laat door middel van een berekening zien dat het volume van het gips groter is dan het volume van het kalksteen waaruit het is ontstaan. Gebruik Binas-tabel 10. Neem aan dat calciet voor kalksteen staat.

Zwaveldioxide in de lucht kan de fresco's ook aantasten via een redoxreactie met sommige verfpigmenten, zoals het rode pigment hematiet (Fe_2O_3). Hematiet wordt door een reactie met zwaveldioxide langzaam omgezet tot het zwarte magnetiet (Fe_3O_4).

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

4p **8** Geef van deze redoxreactie de vergelijkingen van de beide halfreacties en leid daarmee de totale reactievergelijking af. In de vergelijking van de halfreactie van de omzetting van hematiet tot magnetiet komen ook H_2O en H^+ voor.

2p **9** Verklaar aan de hand van deze reactievergelijking dat de vorming van magnetiet het afbrokkelen van een fresco nog verergert.

In de jaren zestig en zeventig van de vorige eeuw heeft men geprobeerd om fresco's te beschermen door een doorzichtige beschermende polymeerlaag op het fresco aan te brengen. Een van de polymeren die werd gebruikt, is het copolymeer acryloid B72.
Dit polymeer is ontstaan uit de volgende twee monomeren:
- de ester van ethanol en 2-methylpropeenzuur
- de ester van methanol en 2-methylpropeenzuur.

De vorming van dit copolymeer vindt plaats via additiepolymerisatie.

3p **10** Teken de structuurformule van een deel uit het midden van de keten van het copolymeer acryloid B72. Verwerk in deze structuurformule van beide monomeren twee eenheden.

Na verloop van tijd bleek dat het aanbrengen van een acryloidlaag toch niet afdoende was en zelfs schade kon aanrichten omdat de vocht- en luchtdoorlaatbaarheid sterk beïnvloed werden.
Een nieuwe benadering om beschadigde fresco's te redden, is het van binnenuit repareren van ontstane gaten met behulp van nanodeeltjes van calciumhydroxide en bariumhydroxide. Nanodeeltjes zijn korreltjes met een diameter van minder dan 300 nm; deze deeltjes zijn kleiner dan de poriën van het fresco en kunnen daarin binnendringen en nieuw kalksteen vormen. Het calciumhydroxide zorgt ervoor dat nieuw kalksteen kan ontstaan, maar kan met nog aanwezige sulfaten ook weer gips vormen. Het bariumhydroxide is nodig om dat gips om te zetten en het zorgt ook voor enige toename van de hoeveelheid kalksteen.
Met deze methode wordt niet alleen verder verval van het fresco voorkomen, maar kunnen vervaagde afbeeldingen ook weer helder tevoorschijn komen.

3p **11** Geef, aan de hand van een reactievergelijking, een mogelijke verklaring voor het feit dat bariumhydroxide de hoeveelheid gips kan doen verminderen en verklaar aan de hand van deze reactievergelijking dat de hoeveelheid kalksteen kan toenemen. Gebruik in je verklaring ook gegevens uit Binas.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Mest verwerken

Dierlijke mest is vaak vloeibaar en bevat onder andere ammoniak en ammoniumzouten. Men kan uit deze drijfmest ammoniumsulfaat maken dat als meststof kan dienen. Omdat de prijs van kunstmest steeds verder oploopt, is het aantrekkelijk om naar vervangers van kunstmest te zoeken. Op een website stond de volgende beschrijving.

tekstfragment

Door toevoeging van loog of kalk wordt de pH-waarde van de mestvloeistof verhoogd tot circa 10. Eventueel wordt de mest opgewarmd tot bijvoorbeeld 70 °C. Beide behandelingen verschuiven het NH_4^+/NH_3 evenwicht meer in de richting van de ammoniak.
De voorbehandelde vloeistof wordt vervolgens boven in een kolom, voorzien van pakking of schotels, gebracht. In deze kolom vindt 'luchtstrippen' plaats. Daarbij wordt aan de onderzijde van de kolom lucht ingeblazen. Mestvloeistof en lucht stromen derhalve in tegenstroom door de kolom. Tijdens de passage door de kolom vindt overdracht van ammoniak plaats van mestvloeistof naar lucht. Het gas dat uit de kolom stroomt, is daardoor rijk aan ammoniak. De ammoniak wordt hieruit verwijderd door absorptie in zure vloeistof. Daarbij ontstaat een ammoniumzoutoplossing als eindproduct. De lucht waaruit de ammoniak door absorptie is verwijderd wordt opnieuw in de stripkolom gebruikt. Dit voorkomt extra CO_2 inbreng en heeft als gevolg minder scaling (kalkafzetting in de vorm van calciumcarbonaat).

In dit tekstfragment wordt over ‘het NH_4^+/NH_3 evenwicht’ geschreven. Ook worden twee methoden beschreven om de ligging van het evenwicht te verschuiven.

2p **12** Geef een reactievergelijking voor dit evenwicht.

3p **13** Leg uit waarom de twee beschreven methoden de ligging van het evenwicht in de richting van de ammoniak verschuiven.

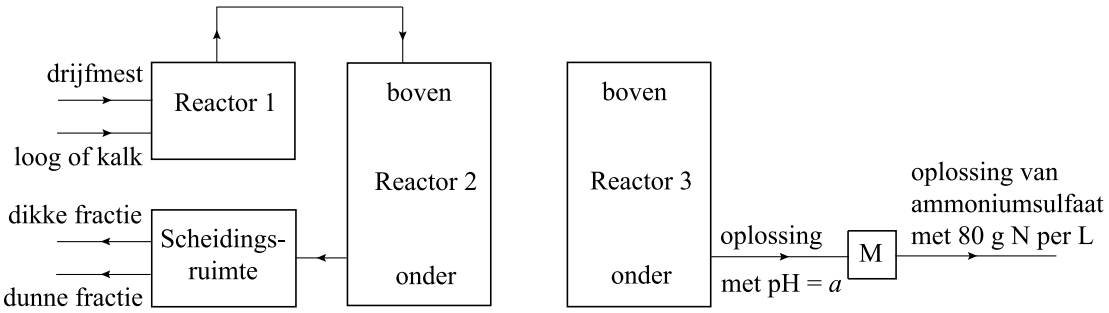
In de laatste zin van het fragment wordt de zogenoemde scaling beschreven.

2p **14** Leg uit waarom extra CO_2 inbreng tot meer scaling leidt.

In een artikel van de Universiteit van Wageningen wordt een technische installatie beschreven waarmee op de boerderij de verwijdering van ammoniak uit drijfmest kan worden uitgevoerd en waarbij als product een ammoniumsulfaatoplossing met 80 g N per liter wordt verkregen. Hierna en op de uitwerkbijlage bij dit examen is een (onvolledig) blokschema van deze installatie weergegeven.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

blokschema



- In reactor 1 vindt de voorbehandeling van de drijfmest plaats.
- Daarna wordt in reactor 2 het luchtstrippen uitgevoerd.
- In reactor 3 wordt met behulp van verdund zwavelzuur de ammoniak uit de ammoniakhoudende lucht omgezet tot ammoniumsulfaat. Daarbij wordt, net als in reactor 2, gebruik gemaakt van het tegenstroomprincipe. De ammoniumsulfaat die in reactor 3 ontstaat, is verkoopbaar als kunstmest.
- In een scheidingsruimte wordt de resterende drijfmest gescheiden in een dikke fractie en een dunne fractie. Uit de dikke fractie kan compost worden gemaakt.

Als het proces wordt opgestart, wordt in reactor 3 verdund zwavelzuur met pH = 2 gebracht. Hierin wordt de met ammoniak verrijkte lucht uit reactor 2 geleid. Wanneer de pH de waarde a heeft bereikt, die hoort bij ammoniumsulfaatoplossing met 80 g N per liter, wordt de oplossing uit reactor 3 gehaald. Daarna wordt nog een meting uitgevoerd (blokje M) om na te gaan of de oplossing uit reactor 3 inderdaad een ammoniumsulfaatoplossing is met 80 g N per liter. Wanneer dat nog niet het geval is, wordt de pH van de oplossing uit reactor 3 met 15 M zwavelzuur weer op 2 gebracht en in reactor 3 geleid. Deze procedure herhaalt men een aantal malen totdat de oplossing die uit reactor 3 komt een ammoniumsulfaatoplossing is die 80 g N per liter bevat. Dan wordt de oplossing afgevoerd.

4p **15** Bereken de pH van een ammoniumsulfaatoplossing met 80 g N per liter. Laat de invloed van de sulfaationen op de pH buiten beschouwing.

Omdat men op de boerderij niet de beschikking heeft over ingewikkelde apparatuur om chemische bepalingen uit te voeren, moet men een eenvoudige meting uitvoeren (blokje M) om na te gaan of de oplossing die uit reactor 3 komt inderdaad een ammoniumsulfaatoplossing is met 80 g N per liter.

2p **16** Geef de naam van een eigenschap van de oplossing die men kan meten en geef aan hoe men met behulp van die eigenschap nagaat of de ammoniumsulfaatoplossing die uit reactor 3 komt inderdaad 80 g N per liter bevat.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

4p **17** Completeer het blokschema op de uitwerkbijlage door de ontbrekende stofstromen zo in het blokschema te tekenen dat het schema het proces na de opstartfase weergeeft. Vermeld bij die zelfgetekende stofstromen de naam (namen) van de stof(fen) die daarbij hoort (horen) of een omschrijving van de stofstroom.
Laat in het schema ook zien of de stof(fen) onderin of bovenin de reactor wordt (worden) ingevoerd.

Om een idee te krijgen hoeveel zwavelzuur moet worden aangeschaft, kan in een laboratorium een stikstofbepaling aan de vloeibare mest worden gedaan.
Bij zo'n bepaling wordt eerst alle stikstof in de vloeibare mest omgezet tot ammoniak. Daarna leidt men de ammoniak in een kleine overmaat zuur. Vervolgens wordt een basische oplossing van een reagens toegevoegd. Daarbij treedt een reactie op waarvan de vergelijking hieronder onvolledig is weergegeven; alleen de coëfficiënten ontbreken.

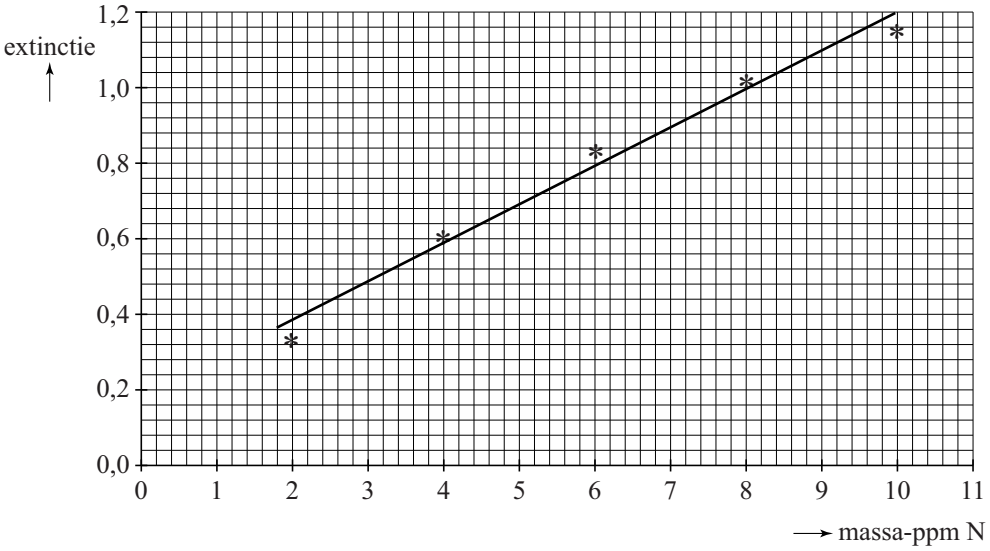
$$HgI_4^{2-} + OH^- + NH_4^+ \rightarrow Hg_2ONH_2I + H_2O + I^-$$

3p **18** Geef de volledige reactievergelijking.

Het ontstane Hg_2ONH_2I geeft aan de oplossing een oranje-rode kleur. Van de ontstane oplossing wordt de extinctie bepaald. De extinctie van de oplossing is evenredig met het gehalte aan N in de behandelde oplossing. Voorafgaand aan zo'n bepaling maakt men een reeks van standaardoplossingen met een bekend gehalte aan N. Aan 10,0 mL van die standaardoplossingen voegt men 2,0 mL van een oplossing van het reagens toe. Van de dan ontstane oplossingen meet men de extinctie. Het verband tussen de extinctie en het stikstofgehalte, in massa-ppm, van de 10,0 mL standaardoplossingen is hierna weergegeven in een ijklijn.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

ijklijn



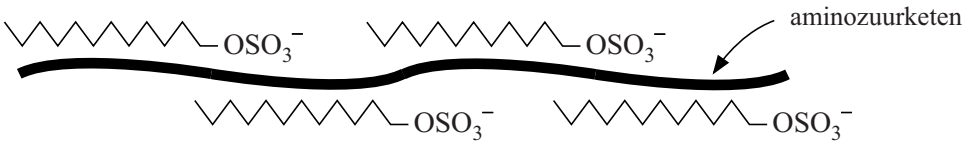
Op een boerderij moet 120 m^3 vloeibare mest worden behandeld op de wijze zoals hiervoor is beschreven. Om te bepalen hoeveel zwavelzuur men nodig heeft, wordt alle stikstof uit 1,0 mL vloeibare mest omgezet tot ammoniak. Deze ammoniak wordt geleid in 1,0 L verdund zoutzuur, zodat alle NH_3 wordt omgezet tot NH_4^+. Aan 10,0 mL van deze oplossing (oplossing P) wordt 2,0 mL reagens toegevoegd. De extinctie van de ontstane oplossing blijkt gelijk te zijn aan 0,65.

5p **19** Bereken hoeveel m^3 15 M zwavelzuur minstens nodig is om alle ammoniak, die kan ontstaan uit de 120 m^3 te behandelen mest, om te zetten tot opgelost ammoniumsulfaat. Ga ervan uit dat van de standaardoplossingen en van oplossing P de dichtheid 1,0 g mL^{-1} is.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Wanneer je door een virus bent besmet, maakt het lichaam zogenoemde antilichamen aan. Deze antilichamen zijn eiwitten die zich specifiek binden aan de eiwitten die door het virus worden gevormd. Hiervan maakt men onder andere gebruik bij de test of iemand besmet is met het HIV-virus. Bij deze test worden teststrips gebruikt waarop de HIV-eiwitten, gesorteerd op grootte, zijn aangebracht.
Voordat de HIV-eiwitten op de strips kunnen worden aangebracht, moeten ze eerst worden gedenatureerd. Daarvoor gebruikt men een oplossing van SDS. SDS is een zout dat bestaat uit Na^+ ionen en $C_{12}H_{25}SO_4^-$ ionen. Men neemt aan dat de $C_{12}H_{25}SO_4^-$ ionen zich gelijkmatig langs de aminozuurketen aan het eiwit binden, zodat de keten zich strekt. Schematisch wordt dat vaak weergegeven als in figuur 1.

figuur 1



De $C_{12}H_{25}SO_4^-$ ionen zijn onder andere via ionbindingen aan de aminozuurketen gebonden.

2p **20** Geef de naam van een aminozuur waarmee een $C_{12}H_{25}SO_4^-$ ion een ionbinding kan vormen. Licht je antwoord toe.

Men heeft vastgesteld dat de verhouding tussen het aantal aminozuureenheden in de keten en het aantal $C_{12}H_{25}SO_4^-$ ionen langs de keten in een gedenatureerd eiwit 9,0 : 5,0 is. Deze verhouding is voor alle eiwitten hetzelfde.

3p **21** Bereken hoeveel gram SDS nodig is om 1,0 gram eiwit te denatureren. Ga ervan uit dat de gemiddelde massa van een aminozuureenheid in een eiwitmolecuul 112 u is.

Bij het denatureren wordt ook de stof DTT gebruikt. De systematische naam van DTT is 1,4–dimercapto–2,3–butaandiol. Het voorvoegsel mercapto geeft een SH groep weer (zie ook Binas-tabel 66D). DTT zorgt ervoor dat $S-S$ bindingen tussen cysteïne-eenheden in een eiwitmolecuul worden verbroken. De reactievergelijking waarbij een $S-S$ binding door DTT wordt verbroken, is hieronder schematisch weergegeven:

$$\sim Cys-S-S-Cys\sim \; + \; DTT \; \rightarrow \; \sim Cys-SH \; + \; HS-Cys\sim \; + \; A$$

In deze reactie worden weer nieuwe $S-S$ bindingen gevormd.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

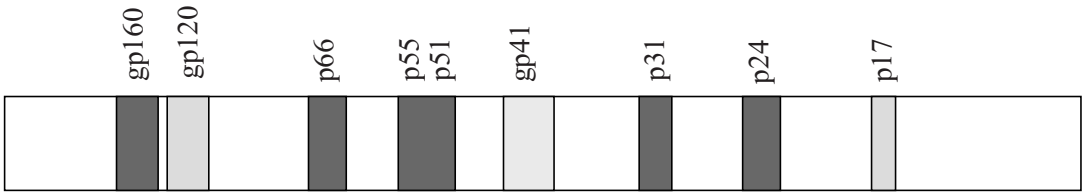
3p **22** Geef de structuurformule van stof A.

Bij de behandeling met SDS en DTT wordt zowel de tertiaire structuur als de secundaire structuur van de eiwitten verbroken. Het SDS heeft invloed op zowel de secundaire als de tertiaire structuur.

2p **23** Leg uit of DTT de secundaire of de tertiaire structuur van het eiwit verbreekt.

Wanneer de HIV-eiwitten zijn gedenatureerd, worden ze op grootte gescheiden. Daartoe wordt een oplossing met gedenatureerde HIV-eiwitten aan de rand van een rechthoekige gel aangebracht. In de gel worden elektroden gestoken die worden aangesloten op een gelijkstroombron. Omdat de gedenatureerde eiwitmoleculen met de $C_{12}H_{25}SO_4^-$ ionen negatief geladen zijn, bewegen ze naar de positieve elektrode. Hoe groter de eiwitmoleculen, hoe langzamer ze door de gel gaan. Na afloop van de scheiding bevinden de eiwitten zich elk op een eigen positie in de gel. In figuur 2 is een gel weergegeven waarin de HIV-eiwitten op grootte zijn gescheiden.

figuur 2



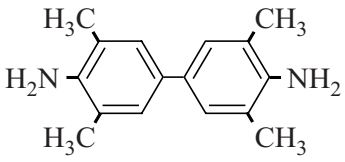
De namen van de eiwitten die in figuur 2 voorkomen, zijn afgeleid van hun molecuulmassa's. Zo heeft het eiwit gp160 een molecuulmassa van $160 \cdot 10^3$ u.
Het RNA van een HIV-virusdeeltje bevat de code voor de HIV-eiwitten. Deze streng bestaat uit 9749 nucleotiden. Vaak zijn stukjes van virus-RNA onderdeel van de code voor verschillende eiwitten. De code voor het ene eiwit loopt dan bijvoorbeeld van nucleotide 1 tot en met nucleotide 900 en van een ander eiwit van nucleotide 801 tot en met 1400 op het virus-RNA. Met behulp van figuur 2 is af te leiden of een dergelijke overlap van codes ook voorkomt bij het HIV-virus.

3p **24** Laat met behulp van een berekening zien of zo'n overlap ook voorkomt bij het HIV-virus. Ga ervan uit dat de gemiddelde massa van een aminozuureenheid in een eiwitmolecuul 112 u is.

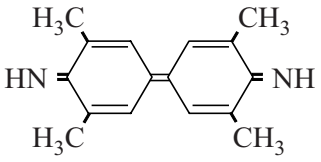
Let op: de laatste vragen van dit examen staan op de volgende pagina.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Wanneer de eiwitten in de gel op grootte zijn gescheiden, worden ze op de strip overgebracht. Daarbij behouden de eiwitten hun onderlinge positie. Nu is de strip klaar voor gebruik. Op de strip zijn geen $C_{12}H_{25}SO_4^-$ ionen meer aan de eiwitketens gebonden.
Tijdens het testen wordt een bloedmonster op de strip aangebracht. Wanneer in het bloed antilichamen aanwezig zijn, binden die zich aan de eiwitten op de teststrip. Dit wordt zichtbaar gemaakt via een serie reacties waarbij uiteindelijk de stof TMB in een redoxreactie door waterstofperoxide wordt omgezet tot een reactieproduct met een donkerblauwe kleur. Hieronder staan de structuurformules van TMB en het gekleurde reactieproduct.



TMB



donkerblauw reactieproduct

4p **25** Geef de vergelijkingen van de beide halfreacties en de totale reactievergelijking voor de omzetting van TMB tot het blauwe reactieproduct. Gebruik molecuulformules. In de vergelijking van de halfreactie van TMB komt onder andere ook H^+ voor.

Bij een HIV-test worden, behalve het te testen bloedmonster, nog twee controlemonsters getest: een monster waarvan men zeker weet dat het HIV-antilichamen bevat en een monster waarvan men zeker weet dat het geen HIV-antilichamen bevat.

1p **26** Geef een reden waarom deze twee controlemonsters worden getest.

Bronvermelding

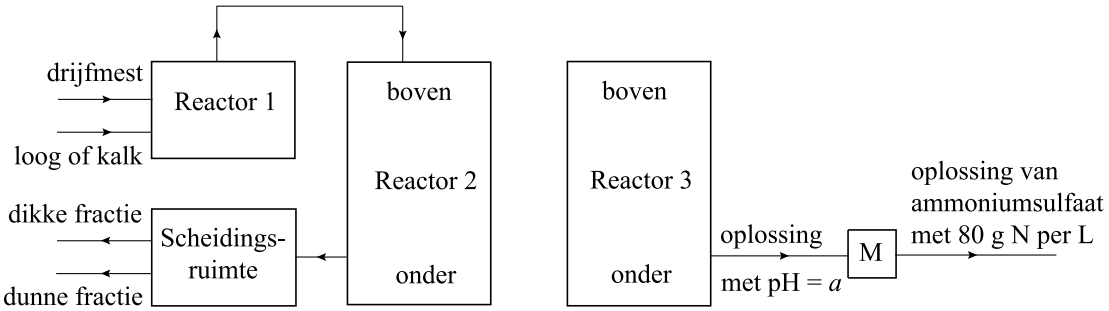
Een opsomming van de in dit examen gebruikte bronnen, zoals teksten en afbeeldingen, is te vinden in het bij dit examen behorende correctievoorschrift, dat na afloop van het examen wordt gepubliceerd.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

uitwerkbijlage

Naam kandidaat _____ Kandidaatnummer _____

17



VERGEET NIET DEZE UITWERKBIJLAGE IN TE LEVEREN

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Examen VWO

2013

tijdvak 2
woensdag 19 juni
13.30 - 16.30 uur

scheikunde (pilot)

Bij dit examen hoort een uitwerkbijlage.

Dit examen bestaat uit 26 vragen.
Voor dit examen zijn maximaal 69 punten te behalen.
Voor elk vraagnummer staat hoeveel punten met een goed antwoord behaald kunnen worden.

Als bij een vraag een verklaring, uitleg, berekening of afleiding gevraagd wordt, worden aan het antwoord meestal geen punten toegekend als deze verklaring, uitleg, berekening of afleiding ontbreekt.

Geef niet meer antwoorden (redenen, voorbeelden e.d.) dan er worden gevraagd. Als er bijvoorbeeld twee redenen worden gevraagd en je geeft meer dan twee redenen, dan worden alleen de eerste twee in de beoordeling meegeteld.

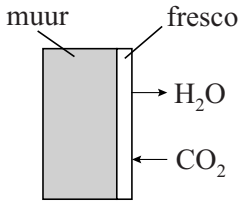
VW-1028-f-13-2-o

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Restauratie van fresco's

Fresco's zijn muurschilderingen waarbij op een vochtige ondergrond een afbeelding is geschilderd. De vochtige laag die men als ondergrond voor het schilderwerk gebruikt, bestaat uit een suspensie van gebluste kalk (calciumhydroxide) met een afgepaste hoeveelheid water en zand. Tijdens het droogproces zuigt de vochtige ondergrond de verfpigmenten op. Tegelijkertijd reageert koolstofdioxide uit de lucht met de gebluste kalk. Zo wordt een laag van zand, kalksteen (calciumcarbonaat) en verfpigmenten gevormd. De componenten zijn in deze laag niet meer van elkaar te scheiden.
In figuur 1 is de interactie van de frescolaag met de omgeving tijdens het drogen (uitharden) weergegeven.

figuur 1



2p **1** Geef de reactievergelijking voor de vorming van kalksteen, zoals die tijdens het uitharden van een fresco plaatsvindt.

Van veel eeuwenoude buitenmuurschilderingen die met de frescotechniek zijn gemaakt, dreigt de beeltenis langzaam verloren te gaan. Dit gebeurt met name wanneer de concentratie van zwaveldioxide in de lucht hoog is. Omdat zwaveldioxide in vochtige lucht kan worden omgezet tot opgelost zwavelzuur, kan het kalksteen worden omgezet tot het veel zachtere gips (calciumsulfaatdihydraat):

$$2\ H^+ + SO_4^{2-} + CaCO_3 + H_2O \rightarrow CaSO_4.2H_2O + CO_2$$

Het gevormde zachte gips brokkelt langzaam af en kan vervolgens wegspoelen bij contact met water. Ook kunnen door dit proces barsten in het fresco ontstaan, omdat het volume dat door het gevormde gips wordt ingenomen groter is dan dat van het kalksteen waaruit het is ontstaan.

3p **2** Laat door middel van een berekening zien dat het volume van het gips groter is dan het volume van het kalksteen waaruit het is ontstaan. Gebruik Binas-tabel 10. Neem aan dat calciet voor kalksteen staat.

Zwaveldioxide in de lucht kan de fresco's ook aantasten via een redoxreactie met sommige verfpigmenten, zoals het rode pigment hematiet (Fe_2O_3). Hematiet wordt door een reactie met zwaveldioxide langzaam omgezet tot het zwarte magnetiet (Fe_3O_4).

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

4p **3** Geef van deze redoxreactie de vergelijkingen van de beide halfreacties en leid daarmee de totale reactievergelijking af. In de vergelijking van de halfreactie van de omzetting van hematiet tot magnetiet komen ook H_2O en H^+ voor.

2p **4** Verklaar aan de hand van deze reactievergelijking dat de vorming van magnetiet het afbrokkelen van een fresco nog verergert.

In de jaren zestig en zeventig van de vorige eeuw heeft men geprobeerd om fresco's te beschermen door een doorzichtige beschermende polymeerlaag op het fresco aan te brengen. Een van de polymeren die werd gebruikt, is het copolymeer acryloid B72.
Dit polymeer is ontstaan uit de volgende twee monomeren:
- de ester van ethanol en 2-methylpropeenzuur
- de ester van methanol en 2-methylpropeenzuur.

De vorming van dit copolymeer vindt plaats via additiepolymerisatie.

3p **5** Teken de structuurformule van een deel uit het midden van de keten van het copolymeer acryloid B72. Verwerk in deze structuurformule van beide monomeren twee eenheden.

Na verloop van tijd bleek dat het aanbrengen van een acryloidlaag toch niet afdoende was en zelfs schade kon aanrichten omdat de vocht- en luchtdoorlaatbaarheid sterk beïnvloed werden.
Een nieuwe benadering om beschadigde fresco's te redden, is het van binnenuit repareren van ontstane gaten met behulp van nanodeeltjes van calciumhydroxide en bariumhydroxide. Nanodeeltjes zijn korreltjes met een diameter van minder dan 300 nm; deze deeltjes zijn kleiner dan de poriën van het fresco en kunnen daarin binnendringen en nieuw kalksteen vormen. Het calciumhydroxide zorgt ervoor dat nieuw kalksteen kan ontstaan, maar kan met nog aanwezige sulfaten ook weer gips vormen. Het bariumhydroxide is nodig om dat gips om te zetten en het zorgt ook voor enige toename van de hoeveelheid kalksteen.
Met deze methode wordt niet alleen verder verval van het fresco voorkomen, maar kunnen vervaagde afbeeldingen ook weer helder tevoorschijn komen.

3p **6** Geef, aan de hand van een reactievergelijking, een mogelijke verklaring voor het feit dat bariumhydroxide de hoeveelheid gips kan doen verminderen en verklaar aan de hand van deze reactievergelijking dat de hoeveelheid kalksteen kan toenemen. Gebruik in je verklaring ook gegevens uit Binas.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Duurzaam cement

Voor het gebruik in beton en metselspecie wordt wereldwijd jaarlijks meer dan $3 \cdot 10^9$ ton cement geproduceerd. Portlandcement is de meest gebruikte soort cement. De productie van Portlandcement start met de calcinatie van kalksteen in een zogenoemde cementoven. Bij een temperatuur van 1100 K ontleedt kalksteen (calciumcarbonaat) volgens onderstaande reactievergelijking.

$$CaCO_3 \rightarrow CaO + CO_2$$

Het gevormde calciumoxide reageert vervolgens in de cementoven met de andere grondstoffen SiO_2, Al_2O_3 en Fe_2O_3 in verschillende verhoudingen tot zogeheten cementklinker. Uit cementklinker wordt door toevoeging van calciumsulfaat uiteindelijk Portlandcement bereid. In tabel 1 staat weergegeven welke verbindingen voornamelijk in cementklinker voorkomen.

tabel 1

soort stof	molaire massa ($g\ mol^{-1}$)	massa% in cementklinker
Ca_2SiO_4	172,3	29
Ca_3SiO_5	228,3	46
$Ca_3Al_2O_6$	270,2	7,1
$Ca_4Al_2Fe_2O_{10}$	486,0	7,3

De productie van 1,0 ton cementklinker zorgt voor een uitstoot van 0,80 ton CO_2. Een groot deel daarvan komt vrij als het reactieproduct van de calcinatie.

4p **7** Bereken met behulp van tabel 1 hoeveel massaprocent van deze 0,80 ton CO_2 geproduceerd wordt door de calcinatiereactie. Neem aan dat de CO_2 uitstoot uitsluitend ontstaat bij de vorming van de in de tabel genoemde stoffen.

Een ander deel van de CO_2 uitstoot komt niet vrij als reactieproduct in de calcinatie, maar wordt veroorzaakt doordat in de cementovens de temperatuur zeer hoog is, tot maximaal 1500 K. Bij deze hoge temperatuur verloopt de vorming van de cementklinker. De calcinatie en de vorming van cementklinker zijn beide endotherm.

3p **8** Bereken de reactiewarmte van de calcinatie van kalksteen.

Om de CO_2 uitstoot bij de productie van cement te beperken zoekt men naar alternatieven voor Portlandcement. Het bedrijf Novacem heeft een nieuw proces ontwikkeld, waarbij met andere grondstoffen wordt gewerkt.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

In de uitwerkbijlage die bij dit examen hoort, is een vereenvoudigd en onvolledig blokschema voor de productie van het zogeheten Novacemcement na de opstartfase weergegeven. In het productieproces wordt de verpoederde grondstof serpentine ($Mg_3Si_2O_5(OH)_4$) in reactor R1 gemengd met water. Onder hoge druk en bij $T = 440$ K wordt serpentine met CO_2 vrijwel volledig omgezet tot magnesiumcarbonaat ($MgCO_3$), siliciumdioxide (SiO_2) en nog een andere stof. Deze reactie is exotherm en omkeerbaar.

3p **9** Geef de vergelijking van de reactie van CO_2 met serpentine.
Neem aan dat geen van de betrokken vaste stoffen oplost in het water.

De verblijftijd in R1 is zo gekozen dat zich een evenwicht kan instellen. In het mengsel dat R1 verlaat, bevindt zich dan nog een klein percentage serpentine.

2p **10** Leg uit of zich in het mengsel dat R1 verlaat een groter of kleiner percentage serpentine bevindt als de temperatuur in R1 hoger is dan 440 K.

De uit R1 afkomstige vaste stoffen worden in ruimte S gescheiden van het water. De vaste stoffen worden naar reactor R2 geleid, waar het magnesiumcarbonaat volledig reageert tot magnesiumoxide en koolstofdioxide ($T = 970$ K, $p = p_0$). Deze reactie is endotherm.
Van de uit R2 afkomstige vaste stoffen wordt de helft direct naar een mengruimte gevoerd. De andere helft wordt naar reactor R3 geleid, waar het magnesiumoxide in een exotherme reactie bij kamertemperatuur volledig reageert met water en CO_2 tot zogenoemd gehydrateerd magnesiumcarbonaat ($Mg_2CO_3(OH)_2.nH_2O$).
In een mengruimte worden vervolgens bij kamertemperatuur de vaste stoffen afkomstig uit R2 en R3 gemengd. Dit mengsel heet Novacemcement.
Voor het gehele proces hoeft geen water van buitenaf te worden aangevoerd.

4p **11** Teken in het blokschema op de uitwerkbijlage de ontbrekende stofstromen.
- Zet bij alle stofstromen de stof(fen) die daarbij hoort (horen).
- Stofstromen voor serpentine hoeven niet te worden weergegeven.
- Houd rekening met het feit dat men, waar mogelijk, stoffen recirculeert.

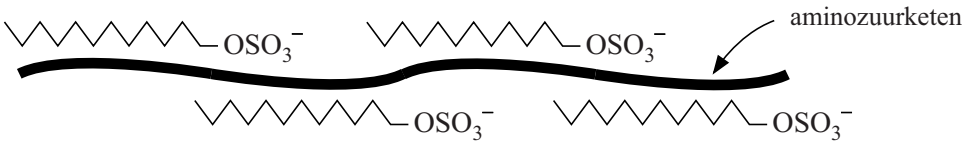
Zowel de CO_2 uitstoot als het energieverbruik zijn bij de productie van Novacemcement lager dan bij de productie van Portlandcement.

3p **12** Leg uit dat zowel de CO_2 uitstoot als het energieverbruik bij de productie van Novacemcement lager is dan bij de productie van Portlandcement.
- Noem daarbij twee aspecten waarin het energieverbruik van beide processen verschilt.
- Noem daarbij één aspect waarin de CO_2 uitstoot van beide processen verschilt.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Wanneer je door een virus bent besmet, maakt het lichaam zogenoemde antilichamen aan. Deze antilichamen zijn eiwitten die zich specifiek binden aan de eiwitten die door het virus worden gevormd. Hiervan maakt men onder andere gebruik bij de test of iemand besmet is met het HIV-virus. Bij deze test worden teststrips gebruikt waarop de HIV-eiwitten, gesorteerd op grootte, zijn aangebracht.
Voordat de HIV-eiwitten op de strips kunnen worden aangebracht, moeten ze eerst worden gedenatureerd. Daarvoor gebruikt men een oplossing van SDS. SDS is een zout dat bestaat uit Na^+ ionen en $C_{12}H_{25}SO_4^-$ ionen.
Men neemt aan dat de $C_{12}H_{25}SO_4^-$ ionen zich gelijkmatig langs de aminozuurketen aan het eiwit binden, zodat de keten zich strekt.
Schematisch wordt dat vaak weergegeven als in figuur 1:

figuur 1



De $C_{12}H_{25}SO_4^-$ ionen zijn onder andere via ionbindingen aan de aminozuurketen gebonden.

2p **13** Geef de naam van een aminozuur waarmee een $C_{12}H_{25}SO_4^-$ ion een ionbinding kan vormen. Licht je antwoord toe.

Men heeft vastgesteld dat de verhouding tussen het aantal aminozuureenheden in de keten en het aantal $C_{12}H_{25}SO_4^-$ ionen langs de keten in een gedenatureerd eiwit 9,0 : 5,0 is. Deze verhouding is voor alle eiwitten hetzelfde.

3p **14** Bereken hoeveel gram SDS nodig is om 1,0 gram eiwit te denatureren. Ga ervan uit dat de gemiddelde massa van een aminozuureenheid in een eiwitmolecuul 112 u is.

Bij het denatureren wordt ook de stof DTT gebruikt. De systematische naam van DTT is 1,4–dimercapto–2,3–butaandiol. Het voorvoegsel mercapto geeft een SH groep weer (zie ook Binas-tabel 66D). DTT zorgt ervoor dat $S-S$ bindingen tussen cysteïne-eenheden in een eiwitmolecuul worden verbroken. De reactievergelijking waarbij een $S-S$ binding door DTT wordt verbroken, is hieronder schematisch weergegeven:

$$\sim Cys-S-S-Cys\sim \ + \ DTT \ \rightarrow \ \sim Cys-SH \ + \ HS-Cys\sim \ + \ A$$

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

In deze reactie worden weer nieuwe S – S bindingen gevormd.

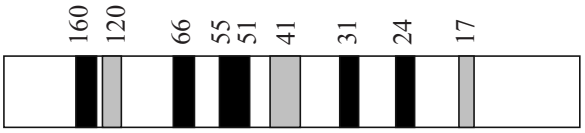
3p **15** Geef de structuurformule van stof A.

Bij de behandeling met SDS en DTT wordt zowel de tertiaire structuur als de secundaire structuur van de eiwitten verbroken. Het SDS heeft invloed op zowel de secundaire als de tertiaire structuur.

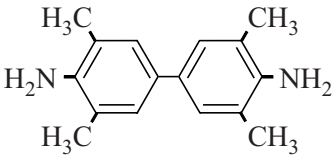
2p **16** Leg uit of DTT de secundaire of de tertiaire structuur van het eiwit verbreekt.

Het mengsel van eiwitten wordt op grootte gescheiden. Hierna worden ze op een strip overgebracht waarbij de in figuur 2 schematisch weergegeven teststrip ontstaat. De getallen geven de molaire massa's van de aanwezige eiwitten weer in 10^3 g mol^{-1}. Op de strip zijn geen $C_{12}H_{25}SO_4^-$ ionen meer aan de eiwitketens gebonden.

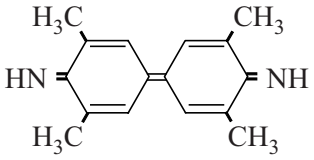
figuur 2



Tijdens het testen wordt een bloedmonster op de strip aangebracht. Wanneer in het bloed antilichamen aanwezig zijn, binden die zich aan de eiwitten op de teststrip. Dit wordt zichtbaar gemaakt via een serie reacties waarbij uiteindelijk de stof TMB in een redoxreactie wordt omgezet tot een reactieproduct met een donkerblauwe kleur. Hieronder staan de structuurformules van TMB en het gekleurde reactieproduct.



TMB



donkerblauw reactieproduct

2p **17** Leg uit of aan het mengsel een oxidator of een reductor moet worden toegevoegd, zodat TMB wordt omgezet tot het gekleurde reactieproduct.

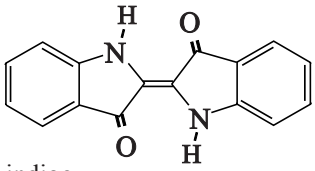
Bij een HIV-test worden, behalve het te testen bloedmonster, nog twee controlemonsters getest: een monster waarvan men zeker weet dat het HIV-antilichamen bevat en een monster waarvan men zeker weet dat het geen HIV-antilichamen bevat.

1p **18** Geef een reden waarom deze twee controlemonsters worden getest.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Blauwe Luier Syndroom

In 1960 werd in de Verenigde Staten een zieke baby in het ziekenhuis opgenomen. Heel bijzonder was dat de urineplekken in de luiers van deze baby soms blauw waren. De behandelende artsen vermoedden dat de luiers blauw waren door de aanwezigheid van de stof indigo in de luiers.



indigo

Om vast te kunnen te stellen of de blauwe stof inderdaad indigo was, moest de blauwe stof geïsoleerd worden. Hierbij werd de volgende werkwijze gehanteerd:

- de blauwe luiers werden gespoeld met aceton (propanon);
- door de verkregen vloeistof in te dampen werd een blauwe vaste stof verkregen;
- de blauwe stof werd vervolgens gemengd met water tot een suspensie;
- de verkregen suspensie werd door een filter geschonken en nog drie keer met water gewassen;
- uiteindelijk werd de overgebleven blauwe vaste stof gedroogd.

In het hierboven beschreven proces is gebruikgemaakt van meerdere scheidingsmethoden.

3p **19** Geef de naam van elke gebruikte scheidingsmethode en geef voor elke scheidingsmethode één voorbeeld uit de tekst.

In de beschreven werkwijze wordt gebruikgemaakt van het feit dat indigo slecht oplost in water. In een discussie met haar leraar, zegt Marian dat ze dit gek vindt. Ze had op grond van de structuurformule verwacht dat indigo wel oplosbaar in water zou zijn.

2p **20** Noem een argument dat Marian kan gebruiken om aannemelijk te maken dat indigo oplosbaar is in water. Geef aan met welk argument de leraar duidelijk kan maken dat indigo niet oplosbaar is in water.
Noteer je antwoord als volgt:
Argument Marian: …
Argument leraar: …

Toen de blauwe stof inderdaad indigo bleek te zijn, vermoedden de artsen dat deze zeer zeldzame aandoening veroorzaakt werd door een afwijkende stofwisseling van het aminozuur tryptofaan. Tryptofaan wordt in de maag en darmen door hydrolyse van eiwitten gevormd en vervolgens in het bloed opgenomen.

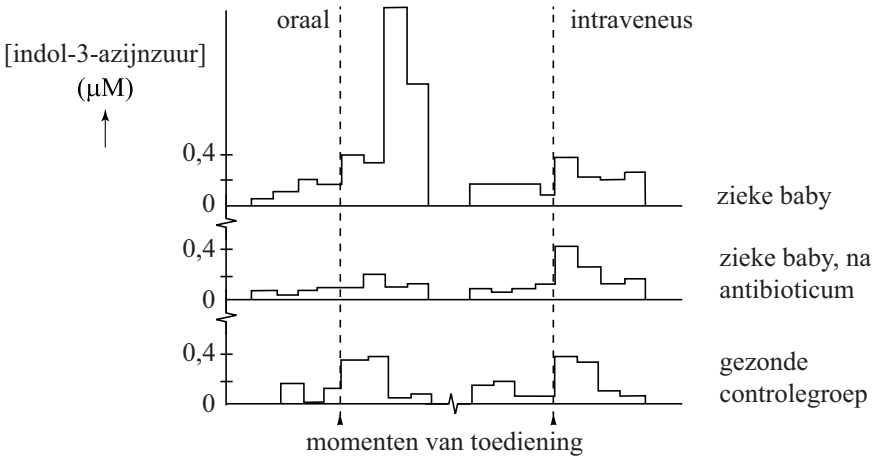
3p **21** Geef de reactievergelijking in structuurformules voor de gedeeltelijke hydrolyse van het fragment ~Ala – Trp, waarbij Trp gevormd wordt.
Van de eenheid Trp in de eiwitketen is de zuurgroep nog aanwezig.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

De ziekte, het Blauwe Luier Syndroom (BDS), kenmerkt zich door een ongebruikelijke afbraak van het tryptofaan. Eén van afbraakproducten van tryptofaan is het zogenoemde indol-3-azijnzuur. Bij BDS komt deze stof in afwijkende concentraties voor in de urine. Om vast te stellen of urine van het zieke kind inderdaad indol-3-azijnzuur bevatte, werd een chromatografieproef uitgevoerd.

2p **22** Beschrijf hoe je door middel van chromatografie kunt aantonen dat indol-3-azijnzuur in urine voorkomt. Geef ook aan waaruit blijkt dat in de onderzochte urine inderdaad indol-3-azijnzuur voorkomt.

Bij gezonde mensen worden eiwitten in de maag en in de darmen gehydrolyseerd, waarbij losse aminozuren ontstaan. Vanuit de darmen worden de aminozuren deels opgenomen in het bloed. Een deel dat niet opgenomen wordt, wordt door bacteriën omgezet. De in het bloed opgenomen aminozuren worden gebruikt voor de eiwitsynthese. Overtollige aminozuren worden in de lever omgezet. De afbraakproducten worden uitgescheiden via de urine.
Om te onderzoeken in welke fase van de spijsvertering een afwijking optreedt, werd een test opgezet. In de test kreeg een zieke baby oraal (via de mond) tryptofaan toegediend. Op een later tijdstip kreeg de baby intraveneus (rechtstreeks in het bloed) tryptofaan toegediend. Deze test werd ook bij een controlegroep uitgevoerd.
Deze test werd herhaald nadat de zieke baby vier dagen lang een antibioticum had geslikt. Het antibioticum doodt alle bacteriën in de darm. In de urine van de baby's werd de concentratie van indol-3-azijnzuur gemeten. De urine van alle baby's werd verzameld van 24 uur voor tot 24 uur na de toediening van tryptofaan. Hieronder staan de resultaten van de test weergegeven.

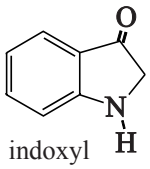


2p **23** Leg aan de hand van de onderzoeksresultaten uit of de afwijkende omzetting van tryptofaan tot indol-3-azijnzuur in de darmen of in de lever van de zieke baby plaatsvindt.

Let op: de laatste vragen van dit examen staan op de volgende pagina.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Omdat de blauwe kleur vaak niet meteen ontstond, maar pas als de luier enige tijd aan de lucht was blootgesteld, was de aanname dat indigo ontstaat uit in de urine aanwezig indoxyl. Indoxyl is bij BDS het belangrijkste afbraakproduct van tryptofaan.



indoxyl

3p **24** Geef de vergelijking van de halfreactie waarbij indoxyl wordt omgezet tot indigo. In de vergelijking van deze halfreactie komt onder andere ook H^+ voor. Gebruik in de vergelijking bovenstaande weergaves van indoxyl en indigo.

1p **25** Geef aan waarom de luiers pas blauw kleurden nadat ze aan de lucht waren blootgesteld.

Een eenvoudige test om aan te tonen dat iemand lijdt aan BDS is de Obermeijer-test. In de test wordt indoxyl omgezet tot indigo. De test is hieronder beschreven.

> Doe 5 mL urine en 5 mL Obermeijer-reagens in een reageerbuis, meng dit en laat de buis 5 minuten staan. Hierbij wordt indigo gevormd.
> Voeg 2 mL chloroform toe en meng de inhoud net zo lang tot alle indigo in de chloroform is opgelost.
> Voeg druppelsgewijs een verzadigde kaliumchloraat-oplossing toe. Schud de buis na iedere toegevoegde druppel en tel het aantal druppels dat nodig is om de kleur te laten verdwijnen. Als niet meer dan 2 druppels nodig zijn, dan is er geen sprake van BDS.
> Obermeijer-reagens: Los 2 g ijzer(III)chloride op in 1 L geconcentreerd zoutzuur.
> Verzadigde kaliumchloraat-oplossing: Los 6,6 g watervrij kaliumchloraat ($KClO_3$) op tot 100 mL oplossing.

Van een proefpersoon is met een andere methode vastgesteld dat de concentratie indoxyl in de urine $6{,}0 \cdot 10^{-2}$ M bedraagt.

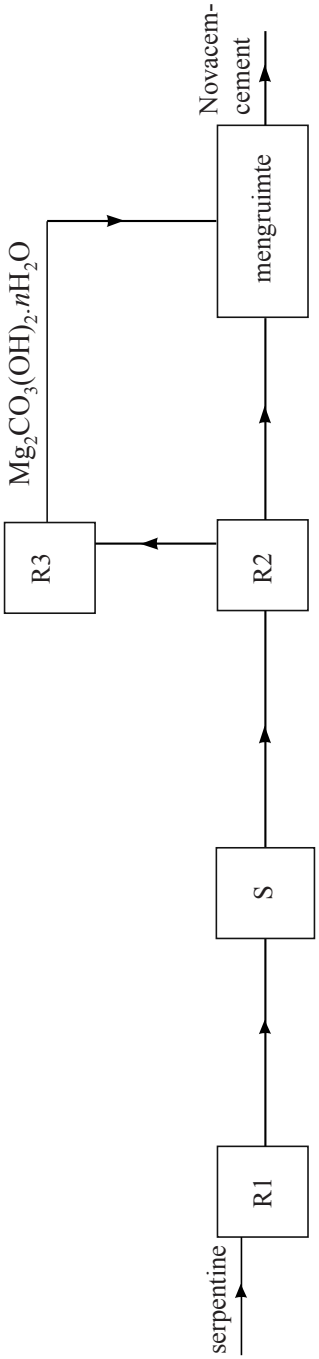
4p **26** Ga met een berekening na of de Obermeijer-test uitwijst of deze persoon aan BDS lijdt of niet. Gebruik de volgende gegevens:
- het volume van 1 druppel bedraagt 0,05 mL;
- de molverhouding waarin indigo en chloraat reageren is 3 : 2.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

uitwerkbijlage

Naam kandidaat _____ Kandidaatnummer _____

11



VERGEET NIET DEZE UITWERKBIJLAGE IN TE LEVEREN

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Examen VWO

2012

tijdvak 1
dinsdag 29 mei
13.30 - 16.30 uur

scheikunde

Dit examen bestaat uit 25 vragen.
Voor dit examen zijn maximaal 70 punten te behalen.
Voor elk vraagnummer staat hoeveel punten met een goed antwoord behaald kunnen worden.

Als bij een vraag een verklaring, uitleg, berekening of afleiding gevraagd wordt, worden aan het antwoord meestal geen punten toegekend als deze verklaring, uitleg, berekening of afleiding ontbreekt.

Geef niet meer antwoorden (redenen, voorbeelden e.d.) dan er worden gevraagd. Als er bijvoorbeeld twee redenen worden gevraagd en je geeft meer dan twee redenen, dan worden alleen de eerste twee in de beoordeling meegeteld.

VW-1028-a-12-1-o

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Waterstof uit afvalwater

Er wordt al enige tijd onderzoek gedaan naar de duurzame productie van waterstofgas uit afvalwater. Zo zijn er experimenten uitgevoerd met de zogenoemde 'donkere fermentatie' van afvalwater. Bij deze experimenten zijn bacteriën gebruikt die in het donker koolhydraten kunnen omzetten.
Donkere fermentatie van een glucose-oplossing kan in twee stappen verlopen. Stap 1 wordt hieronder in een onvolledige reactievergelijking weergegeven. De correcte formules van alle bij de reactie betrokken deeltjes staan in de vergelijking vermeld. Alleen de coëfficiënten in de reactievergelijking ontbreken.

stap 1: $C_6H_{12}O_6 + H_2O \rightarrow H_2 + CH_3COO^- + HCO_3^- + H^+$

4p **1** Stel de volledige reactievergelijking voor stap 1 op. Gebruik hierbij het gegeven dat CH_3COO^- en HCO_3^- in de molverhouding 1 : 1 ontstaan.

Als de juiste mix van bacteriën aanwezig is, wordt het ethanoaat (CH_3COO^-) als volgt omgezet:

stap 2: $CH_3COO^- + 4\ H_2O \rightarrow 4\ H_2 + 2\ HCO_3^- + H^+$

Theoretisch kan in deze twee-staps donkere fermentatie uit 1 mol glucose 12 mol waterstof ontstaan. In de praktijk is het rendement van deze omzetting laag.
In een experiment is de donkere fermentatie uitgevoerd met speciaal geselecteerde bacteriën. Daarbij werd 5,0 L glucose-oplossing met een concentratie van 250 g per L gebruikt. Het rendement van de waterstofproductie bleek daarbij 15 procent te zijn.

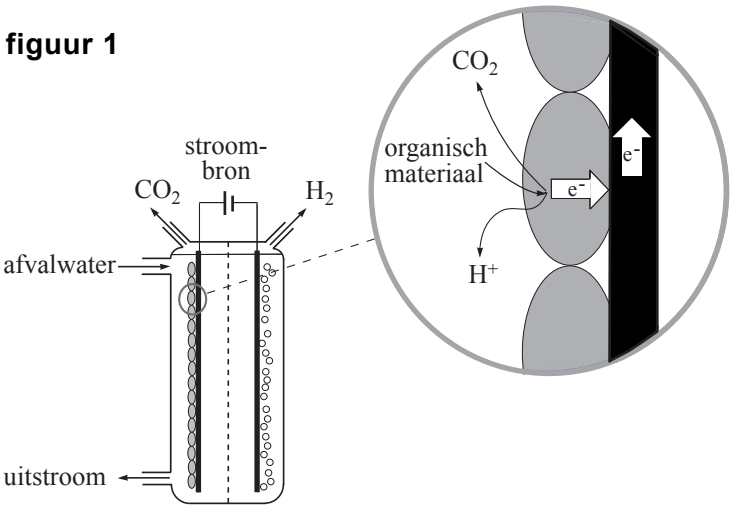
4p **2** Bereken hoeveel dm^3 waterstofgas in dit experiment is geproduceerd. Ga ervan uit dat glucose de enige stof is die door de bacteriën wordt omgezet tot H_2 en dat het experiment is uitgevoerd bij een temperatuur van 298 K en $p = p_0$.

Aan de Universiteit van Wageningen wordt onderzoek gedaan naar een andere methode waarmee met een hoger rendement waterstofgas uit afvalwater wordt verkregen. De gebruikte methode wordt biogekatalyseerde elektrolyse genoemd. Daarbij maakt men gebruik van een speciale soort bacteriën, *Geobacter sulfurreducens* genaamd.
Drie eigenschappen van deze bacteriën zijn essentieel in dit experiment:
- ze hechten goed aan elektrodemateriaal in een elektrolysecel;
- ze leven in waterig milieu onder anaërobe (zuurstofloze) omstandigheden;
- ze zijn in staat elektronen door te geven aan een elektrode.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Met behulp van *Geobacter sulfurreducens* is een elektrolysecel geconstrueerd, die schematisch is getekend in figuur 1.

figuur 1



De elektrolysecel bestaat uit twee compartimenten, gescheiden door een membraan. Door het linkercompartiment stroomt afvalwater met daarin organisch materiaal. In het rechtercompartiment bevindt zich een andere geleidende oplossing. De elektroden zijn van koolstof. De elektrode in het linkercompartiment is bedekt met de bacteriën (de grijze ovalen in de detailtekening).
Tijdens de experimenteerfase is gebruik gemaakt van een oplossing van natriumethanoaat (natriumacetaat) als organisch materiaal.
In het linkercompartiment met daarin de elektrode waaraan de bacteriën zijn gehecht, wordt ethanoaat omgezet tot onder andere CO_2.
In het rechtercompartiment wordt waterstofgas gevormd uit H^+ ionen.

4p **3** Geef de vergelijking van de halfreactie die optreedt aan de elektrode waaraan de bacteriën zijn gehecht. In deze vergelijking komen onder andere ook H_2O en H^+ voor.

In de elektrolysecel zijn beide oplossingen gebufferd op een pH van 7,00. In een oplossing van koolstofdioxide komen ook HCO_3^- ionen voor.

3p **4** Bereken de verhouding $[HCO_3^-] : [CO_2]$ in een oplossing met een pH van 7,00.

Energetisch is deze methode om waterstof te produceren veel gunstiger dan de elektrolyse van water. Om 1,0 m^3 waterstof te bereiden door elektrolyse van water is minimaal 4,4 kWh nodig bij $p = p_0$ en $T = 298$ K. Dit is 17 keer zoveel als nodig is voor het bereiden van 1,0 m^3 waterstof met behulp van biogekatalyseerde elektrolyse.

3p **5** Bereken hoeveel joule minimaal nodig is voor de bereiding van 1,0 mol H_2 met behulp van biogekatalyseerde elektrolyse. Gebruik onder andere een gegeven uit Binas-tabel 5.

1p **6** Noem nog een voordeel van waterstofproductie met behulp van biogekatalyseerde elektrolyse.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Klare wijn

Wijn bevat meerdere zuren. Samen zijn deze van invloed op de smaak en op de pH van de wijn. Eén van die zuren is wijnsteenzuur.

3p **7** Geef de structuurformule van wijnsteenzuur.

Wijnsteenzuur is een tweewaardig zuur. Dat betekent dat een molecuul wijnsteenzuur twee H^+ ionen kan afsplitsen. Het negatieve ion dat ontstaat wanneer een molecuul wijnsteenzuur één H^+ heeft afgestaan, wordt waterstoftartraat genoemd. Het negatieve ion dat ontstaat wanneer wijnsteenzuur twee H^+ ionen afsplitst wordt tartraat genoemd. In het vervolg van deze opgave wordt wijnsteenzuur weergegeven met H_2T, waterstoftartraat met HT^- en tartraat met T^{2-}.
Wijn is soms troebel. Dit wordt vaak veroorzaakt doordat er slecht oplosbaar kaliumwaterstoftartraat wordt gevormd. Het volgende heterogene evenwicht heeft zich dan ingesteld:

$$KHT(s) \rightleftarrows K^+(aq) + HT^-(aq) \qquad \text{(evenwicht 1)}$$

Om te verhinderen dat wijn in de fles troebel wordt, wordt wijn eerst in een vat gedurende enkele dagen afgekoeld tot ongeveer 0 °C. Bij die temperatuur slaat een groot deel van het kaliumwaterstoftartraat neer en blijft in het vat achter. Daarna wordt de wijn in flessen overgebracht.

2p **8** Leg uit of de reactie naar links van evenwicht 1 exotherm is of endotherm.

Wijnsteenzuur ioniseert in twee stappen:

$$H_2T + H_2O \rightleftarrows H_3O^+ + HT^- \qquad \text{(evenwicht 2)}$$
$$HT^- + H_2O \rightleftarrows H_3O^+ + T^{2-} \qquad \text{(evenwicht 3)}$$

Tijdens het neerslaan van KHT dalen de concentraties van de deeltjes H_2T en T^{2-}.

2p **9** Leg aan de hand van de evenwichten 2 en 3 uit dat de concentraties van H_2T en van T^{2-} dalen tijdens het neerslaan van KHT.

Voor evenwicht 2 geldt $K_{z,2} = 9{,}1 \cdot 10^{-4}$ en voor evenwicht 3 geldt $K_{z,3} = 4{,}3 \cdot 10^{-5}$ (298 K).
Met behulp van bovenvermelde zuurconstanten kan men berekenen dat bij pH = 3,70 de concentratie van wijnsteenzuur, $[H_2T]$, vrijwel gelijk is aan de concentratie van tartraat, $[T^{2-}]$.

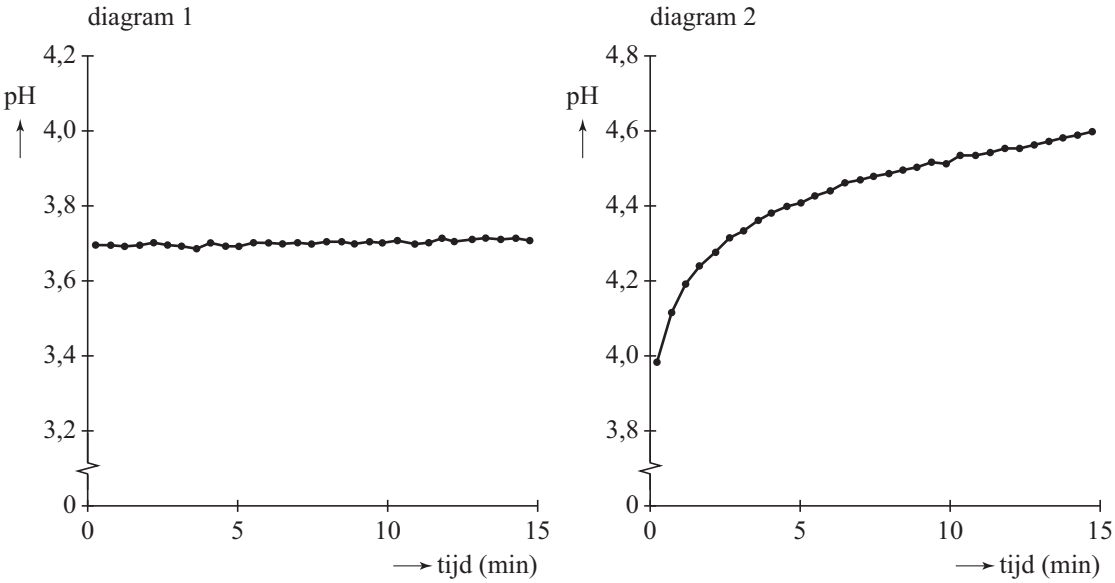
4p **10** Geef deze berekening.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Men heeft onderzocht of en zo ja hoe de pH van de wijn verandert ten gevolge van het neerslaan van kaliumwaterstoftartraat. Daarbij spelen de begin-pH van de wijn en de ionisatie-evenwichten van wijnsteenzuur een belangrijke rol.
In dit onderzoek heeft men een aantal experimenten uitgevoerd. In één van die experimenten was de begin-pH van de oplossing 3,70 en in een ander experiment was de begin-pH van de oplossing hoger dan 3,70.

Experiment 1
Bij kamertemperatuur werd in 25 mL water 1,0 gram natriumtartraat (Na_2T) opgelost. Met 1,0 M zoutzuur werd de pH op een waarde van 3,70 gebracht. De oplossing werd verwarmd tot ongeveer 40 °C. Daarna werd 1,0 gram kaliumchloride opgelost. Vervolgens liet men de oplossing gedurende 15 minuten afkoelen tot kamertemperatuur.
Tijdens het afkoelen werd om de 30 seconden de pH gemeten. Het bleek dat de pH vrijwel constant bleef (zie diagram 1).

Experiment 2
Dit experiment met de hogere begin-pH was verder gelijk aan het experiment bij pH = 3,70. In dit experiment bleek de pH gedurende het afkoelen te stijgen (zie diagram 2).



Bij deze proeven sloeg kaliumwaterstoftartraat neer. Hoe lager de temperatuur, hoe meer kaliumwaterstoftartraat neersloeg. Hierdoor dalen de concentraties van H_2T en T^{2-} in beide experimenten.

2p **11** Leg met behulp van evenwichten 2 en 3 uit of de daling van de $[H_2T]$ in experiment 1 groter of kleiner is dan de daling van de $[T^{2-}]$ of dat de dalingen van deze concentraties aan elkaar gelijk zijn.
– Neem aan dat de waarden van $K_{z,2}$ en $K_{z,3}$ en K_w niet veranderen bij beide experimenten.

3p **12** Leg met behulp van evenwichten 2 en 3 uit of de daling van de $[H_2T]$ in experiment 2 groter of kleiner is dan de daling van de $[T^{2-}]$ of dat de dalingen van deze concentraties aan elkaar gelijk zijn.
– Neem aan dat de waarden van $K_{z,2}$ en $K_{z,3}$ en K_w niet veranderen bij beide experimenten.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Hout is een veel gebruikt constructiemateriaal. Het bestaat voor een groot deel uit cellulose. Cellulose is een polymeer van glucose en geeft sterkte aan het hout. Cellulose is een eindproduct van een reeks reacties die begint met de fotosynthese. Uit de glucose, die hierbij ontstaat, wordt cellulose gevormd.

3p **13** Geef in één reactievergelijking het proces weer waarbij in een aantal stappen cellulose ontstaat. Ga uit van de beginstoffen van de fotosynthese. Geef cellulose weer met $(C_6H_{10}O_5)_n$.

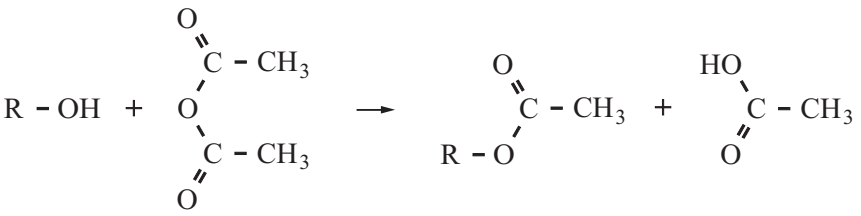
Een ander polymeer dat in hout voorkomt, is hemicellulose. Hemicellulose is opgebouwd uit verschillende monosachariden. Een monosacharide dat veel in ketens van hemicellulose is verwerkt, is xylose. Xylose is een stereo-isomeer van D-ribose en verschilt van D-ribose in de oriëntatie van de OH groep aan het C atoom met nummer 3 (zie Binas-tabel 67A).

3p **14** Teken een fragment uit het midden van een hemicellulose keten, bestaande uit een eenheid van D-galactose en een eenheid van xylose. D-Galactose koppelt door middel van de OH groepen aan de C atomen met nummers 1 en 4 en xylose door middel van de OH groepen aan de C atomen met nummers 1 en 5. Gebruik de notatie die ook in Binas wordt gehanteerd.

In ketens van hemicellulose zijn ook zogenoemde uronzuren ingebouwd. Voorbeeld van zo'n uronzuur is glucuronzuur. Glucuronzuur kan ontstaan uit glucose, wanneer de $-CH_2-OH$ groep wordt omgezet tot een carbonzuurgroep. Deze omzetting is een redoxreactie.

3p **15** Geef de vergelijking van de halfreactie voor de omzetting van glucose tot glucuronzuur. In deze vergelijking komen onder andere ook H^+ en H_2O voor. Noteer glucose als $R-CH_2-OH$ en glucuronzuur op een vergelijkbare manier.

Hout is erg gevoelig voor vocht. De grote vochtgevoeligheid van hout wordt veroorzaakt door de aanwezigheid van veel hydroxylgroepen in moleculen cellulose en hemicellulose. Een methode om hout minder gevoelig te maken voor vocht berust op een reactie die acetyleren wordt genoemd. Bij deze reactie worden hydroxylgroepen met behulp van moleculen azijnzuuranhydride veresterd. De reactie wordt als volgt schematisch weergegeven:



R staat voor de rest van een molecuul cellulose of hemicellulose.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Titan Wood heeft een procedé ontwikkeld om hout te acetyleren. Het azijnzuuranhydride dat hiervoor nodig is, wordt in het procedé zelf bereid uit de grondstof azijnzuur. Het aldus behandelde hout wordt Accoya® genoemd.
Het door Titan Wood ontwikkelde proces verloopt (vereenvoudigd) als volgt:

- Het hout wordt in droogkamers gedroogd en in een reactor R1 gebracht. Hierin wordt azijnzuuranhydride gepompt. Men laat de acetyleringsreactie bij hoge druk en temperatuur gedurende enkele uren plaatsvinden. Er is een overmaat azijnzuuranhydride. De verblijftijd in de reactor is zo gekozen, dat nagenoeg alle hydroxylgroepen in het hout worden geacetyleerd.
- Azijnzuur dat bij de reactie ontstaat, wordt samen met het niet-gereageerde azijnzuuranhydride afgevoerd naar een opslagtank O. In deze tank wordt extra azijnzuur ingevoerd.
- Het azijnzuur wordt samen met het niet-gereageerde azijnzuuranhydride uit de opslagtank O naar een reactor R2 geleid, waarin het wordt verhit. Het azijnzuur wordt dan omgezet tot azijnzuuranhydride, met als tweede reactieproduct water. Deze twee reactieproducten worden in reactor R2 van elkaar gescheiden.

4p **16** Geef het proces, zoals dat bij Titan Wood wordt uitgevoerd, in een blokschema weer.
Teken in dat schema drie blokken:

- R1 is de reactor waarin het hout zich bevindt;
- R2 is de reactor waarin azijnzuuranhydride en water ontstaan;
- O is de opslagtank van azijnzuur en het ongereageerde azijnzuuranhydride;

Geef de stofstromen in het schema aan met cijfers:

- 1 voor gedroogd hout;
- 2 voor behandeld hout (Accoya®);
- 3 voor azijnzuuranhydride;
- 4 voor azijnzuur;
- 5 voor water.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Wanneer het proces in bedrijf is, werkt men met porties van 30 m^3 hout. Men kan berekenen hoeveel ton azijnzuur tenminste moet worden ingekocht voor de acetylering van deze hoeveelheid hout, volgens het Titan Wood proces.

5p **17** Bereken hoeveel ton azijnzuur (1 ton = $1 \cdot 10^3$ kg) tenminste moet worden ingekocht voor de acetylering van één portie hout van 30 m^3 volgens dit proces. Ga voor deze berekening ervan uit dat:
- de dichtheid van het te behandelen hout $0{,}63 \cdot 10^3$ kg m^{-3} is;
- cellulose het enige polysacharide in hout is;
- het hout 65 massaprocent cellulose bevat;
- 95 procent van de hydroxylgroepen van cellulose wordt geacetyleerd.

Omdat het hout van te voren is gedroogd tot een vochtgehalte van ongeveer 6% bevat het altijd nog wat water. Het in de reactor toegevoegde azijnzuuranhydride kan ook met dit water reageren. Daarbij ontstaat uitsluitend azijnzuur.
Een belangrijk aspect voor de kosten van het Titan Wood proces is de benodigde hoeveelheid azijnzuur die moet worden ingekocht.

2p **18** Leg uit wat het effect is op de hoeveelheid azijnzuur die moet worden ingekocht wanneer het vochtgehalte van het te behandelen hout hoger is dan 6%. Ga er daarbij van uit dat de kwaliteit (acetyleringsgraad) van het hout constant moet zijn.

1p **19** Wat zou, bij een gelijkblijvende gewenste kwaliteit van behandeld hout, het effect op de verblijftijd in de reactor van het te behandelen hout zijn, wanneer het vochtpercentage na het drogen hoger is dan 6%?

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Kunststoffen sorteren

In *de Volkskrant* stonden artikelen over het apart inzamelen van kunststoffen. Hieronder volgt een fragment uit een van die artikelen.

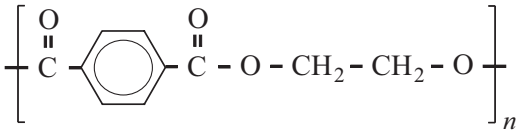
tekstfragment

> Kunststofverpakkingen zijn een crime. In de verbrandingsoven van een afvalverwerkingsbedrijf leiden de energierijke verpakkingen tot extra onderhoud aan het metselwerk, doordat de temperatuur te hoog oploopt. Ook milieutechnisch is het beter om de verpakkingen apart te houden. Na te zijn versnipperd tot vlokken of vermalen tot plastic korrels kunnen ze een tweede leven beginnen als nieuw flesje of flacon. Als de afvalfracties van onvoldoende zuiverheid zijn, kunnen ze tenminste nog als fleecetrui of als bermpaaltje verder.

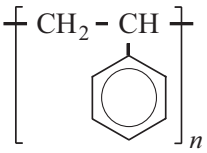
Het metselwerk in de verbrandingsoven wordt gemaakt met behulp van metselspecie. De specie verhardt na het metselen doordat een zouthydraat ontstaat.

2p **20** Leg uit waarom schade ontstaat aan het metselwerk in een verbrandingsoven als de temperatuur te hoog oploopt.

Een groot aandeel van de verpakkingsmaterialen die uiteindelijk in het afval terechtkomen, is vervaardigd uit PET of polystyreen. Hieronder zijn de structuurformules van PET en van polystyreen schematisch weergegeven.



PET



polystyreen

3p **21** Leg zowel voor PET als voor polystyreen uit of ze tot de kunststoffen behoren die aan een ‘tweede leven’ als flesje kunnen beginnen. Geef aan de hand van de structuurformules van PET en polystyreen een verklaring voor je antwoord; verwerk hierin ook de begrippen thermoharder en/of thermoplast.

Bij polymerisaties worden twee verschillende reactietypen onderscheiden: polycondensatie en polyadditie.

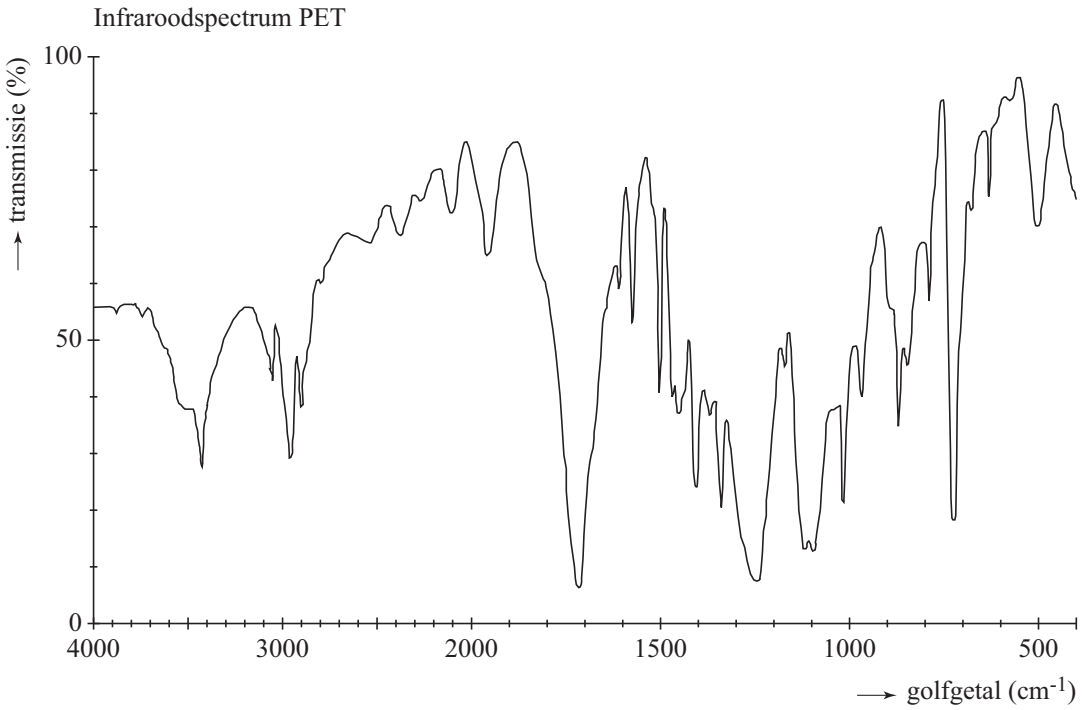
3p **22** Geef de structuurformules van de twee monomeren waaruit PET wordt gemaakt en de structuurformule van het monomeer waaruit polystyreen wordt gemaakt.
Noteer je antwoord als volgt:
monomeren PET: …
monomeer polystyreen: …

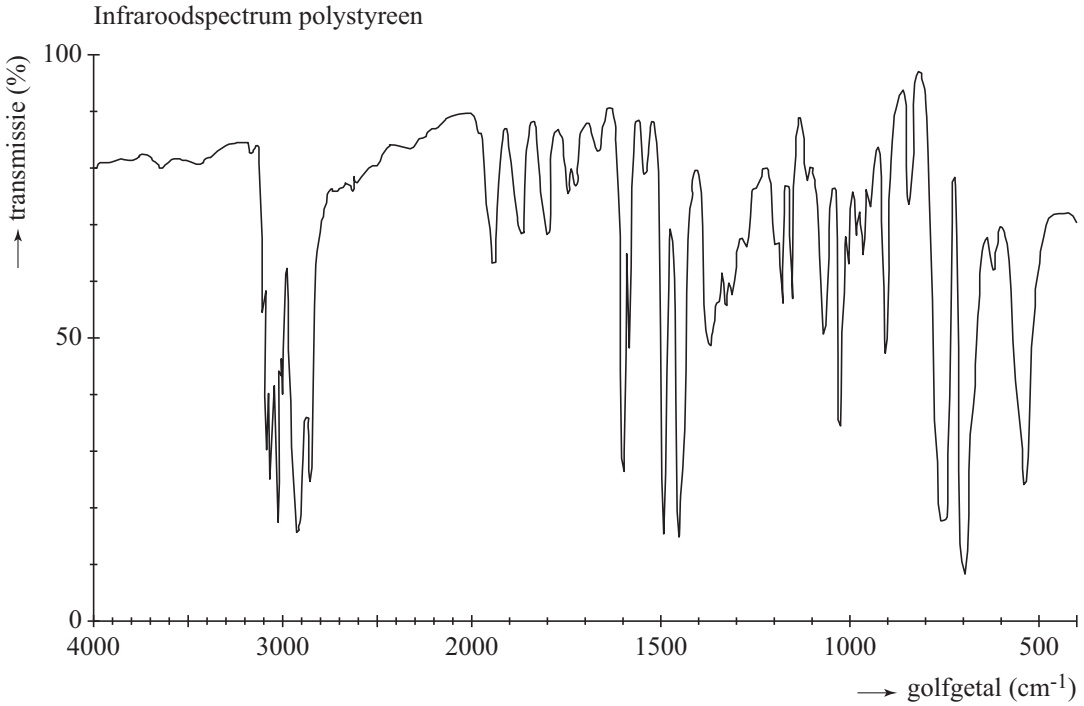
2p **23** Leg zowel voor PET als voor polystyreen uit of het polymeer ontstaat door polycondensatie of door polyadditie.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Als de ingezamelde kunststoffen worden gesorteerd, leveren ze meer geld op en is meer hergebruik mogelijk. Bij het sorteren worden de kunststofverpakkingen op een lopende band geplaatst die langs een apparaat loopt dat infrarood (IR) licht uitzendt. De kunststof weerkaatst het licht. De mate van weerkaatsing varieert met de golflengte van het licht, omdat het materiaal het infrarode licht bij de ene golflengte meer absorbeert dan bij een andere golflengte. Hierdoor kunnen de kunststoffen worden gescheiden.
Hieronder zijn de IR-spectra van PET en van polystyreen afgebeeld.
In IR-spectra worden de pieken aangeduid met hun golfgetal. Het golfgetal is uitgezet op de horizontale as met eenheid cm^{-1}.

infraroodspectra





Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Bij een recyclebedrijf wil men PET en polystyreen gaan scheiden. Daarvoor wil men infrarood licht gebruiken met een bepaald golfgetal. Uit de IR-spectra kan men afleiden welk golfgetal het gebruikte licht moet hebben om een scheiding uit te kunnen voeren. Infrarood licht in het absorptiegebied met een golfgetal tussen 3100 en 3000 cm^{-1} is niet geschikt om PET en polystyreen te onderscheiden.

2p **24** Leg uit waarom in beide IR-spectra een piek voorkomt in dit absorptiegebied. Maak bij je uitleg gebruik van de gegeven structuurformules van PET en polystyreen. Gebruik Binas-tabel 39B.

Infrarood licht in het absorptiegebied met een golfgetal tussen 1700 en 1750 cm^{-1} is wél geschikt om PET en polystyreen te onderscheiden.

2p **25** Leg uit waarom slechts in één van beide IR-spectra een duidelijke piek voorkomt in dit absorptiegebied. Maak bij je uitleg gebruik van de gegeven structuurformules van PET en polystyreen. Gebruik Binas-tabel 39B.

Bronvermelding

Een opsomming van de in dit examen gebruikte bronnen, zoals teksten en afbeeldingen, is te vinden in het bij dit examen behorende correctievoorschrift, dat na afloop van het examen wordt gepubliceerd.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Examen VWO

2012

tijdvak 1
dinsdag 29 mei
13.30 - 16.30 uur

scheikunde (pilot)

Dit examen bestaat uit 25 vragen.
Voor dit examen zijn maximaal 71 punten te behalen.
Voor elk vraagnummer staat hoeveel punten met een goed antwoord behaald kunnen worden.

Als bij een vraag een verklaring, uitleg, berekening of afleiding gevraagd wordt, worden aan het antwoord meestal geen punten toegekend als deze verklaring, uitleg, berekening of afleiding ontbreekt.

Geef niet meer antwoorden (redenen, voorbeelden e.d.) dan er worden gevraagd. Als er bijvoorbeeld twee redenen worden gevraagd en je geeft meer dan twee redenen, dan worden alleen de eerste twee in de beoordeling meegeteld.

VW-1028-f-12-1-o

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Duurzame productie van waterstof uit afvalwater

Er wordt al enige tijd onderzoek gedaan naar de duurzame productie van waterstofgas uit afvalwater. Zo zijn er experimenten uitgevoerd met de zogenoemde 'donkere fermentatie' van afvalwater. Bij deze experimenten zijn bacteriën gebruikt die in het donker koolhydraten kunnen omzetten.
Donkere fermentatie van een glucose-oplossing kan in twee stappen verlopen. Stap 1 wordt hieronder in een onvolledige reactievergelijking weergegeven. De correcte formules van alle bij de reactie betrokken deeltjes staan in de vergelijking vermeld. Alleen de coëfficiënten in de reactievergelijking ontbreken.

stap 1: $C_6H_{12}O_6 + H_2O \rightarrow H_2 + CH_3COO^- + HCO_3^- + H^+$

4p **1** Stel de volledige reactievergelijking voor stap 1 op. Gebruik hierbij het gegeven dat CH_3COO^- en HCO_3^- in de molverhouding 1 : 1 ontstaan.

Als de juiste mix van bacteriën aanwezig is, wordt het ethanoaat (CH_3COO^-) als volgt omgezet:

stap 2: $CH_3COO^- + 4\ H_2O \rightarrow 4\ H_2 + 2\ HCO_3^- + H^+$

Theoretisch kan in deze twee-staps donkere fermentatie uit 1 mol glucose 12 mol waterstof ontstaan. In de praktijk is het rendement van deze omzetting laag.
In een experiment is de donkere fermentatie uitgevoerd met speciaal geselecteerde bacteriën. Daarbij werd 5,0 L glucose-oplossing met een concentratie van 250 g per L gebruikt. Het rendement van de waterstofproductie bleek daarbij 15 procent te zijn.

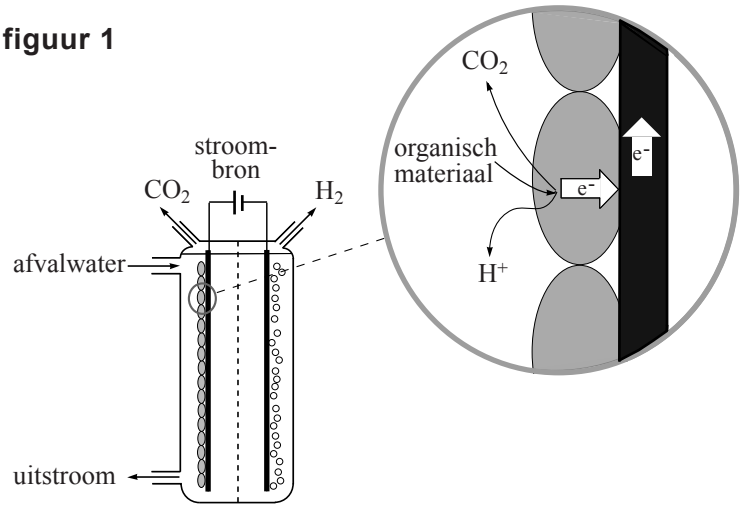
4p **2** Bereken hoeveel dm^3 waterstofgas in dit experiment is geproduceerd. Ga ervan uit dat glucose de enige stof is die door de bacteriën wordt omgezet tot H_2 en dat het experiment is uitgevoerd bij een temperatuur van 298 K en $p = p_0$.

Aan de Universiteit van Wageningen wordt onderzoek gedaan naar een andere methode waarmee met een hoger rendement waterstofgas uit afvalwater wordt verkregen. De gebruikte methode wordt biogekatalyseerde elektrolyse genoemd. Daarbij maakt men gebruik van een speciale soort bacteriën, *Geobacter sulfurreducens* genaamd.
Drie eigenschappen van deze bacteriën zijn essentieel in dit experiment:
- ze hechten goed aan elektrodemateriaal in een elektrolysecel;
- ze leven in waterig milieu onder anaërobe (zuurstofloze) omstandigheden;
- ze zijn in staat elektronen door te geven aan een elektrode.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Met behulp van *Geobacter sulfurreducens* is een elektrolysecel geconstrueerd, die schematisch is getekend in figuur 1.

figuur 1



De elektrolysecel bestaat uit twee compartimenten, gescheiden door een membraan. Door het linkercompartiment stroomt afvalwater met daarin organisch materiaal. In het rechtercompartiment bevindt zich een andere geleidende oplossing. De elektroden zijn van koolstof. De elektrode in het linkercompartiment is bedekt met de bacteriën (de grijze ovalen in de detailtekening).
Tijdens de experimenteerfase is gebruik gemaakt van een oplossing van natriumethanoaat (natriumacetaat) als organisch materiaal.
In het linkercompartiment met daarin de elektrode waaraan de bacteriën zijn gehecht, wordt ethanoaat omgezet tot onder andere CO_2.
In het rechtercompartiment wordt waterstofgas gevormd uit H^+ ionen.

4p **3** Geef de vergelijking van de halfreactie die optreedt aan de elektrode waaraan de bacteriën zijn gehecht. In deze vergelijking komen onder andere ook H_2O en H^+ voor.

Energetisch is deze methode om waterstof te produceren veel gunstiger dan de elektrolyse van water.

1p **4** Noem nog een voordeel van waterstofproductie met behulp van biogekatalyseerde elektrolyse.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Lithiumbatterijen

Een pacemaker is een apparaat om het hart te ondersteunen en wordt vlak onder de huid van een patiënt geplaatst. Een belangrijk moment in de ontwikkeling van pacemakers was het gebruik van lithiumbatterijen.
De pacemaker en dus ook de batterij moet zo klein en zo licht mogelijk zijn.
Bij de keuze van een geschikt metaal voor de toepassing in een pacemaker, is de zogenoemde elektrochemische capaciteit van belang. Daarmee wordt in deze opgave bedoeld: de hoeveelheid lading die 1 gram van dat metaal kan genereren.

3p **5** Laat met behulp van een berekening zien van welk metaal de elektrochemische capaciteit het grootst is: lithium of beryllium.

Mede vanwege de giftigheid van beryllium wordt deze stof niet in pacemakers toegepast. De toepassing van lithium in batterijen kent dat probleem niet.
Een lithiumbatterij heeft de volgende opbouw:
- een lithium anode: lithium reageert tijdens stroomlevering als reductor; het is de negatieve pool van de batterij;
- een kathode: dit is een materiaal (of materialen) dat tijdens stroomlevering als oxidator reageert; dit is de positieve pool van de batterij;
- een elektrolyt: dit is (meestal) een oplossing die ionentransport in de batterij mogelijk maakt en de anode en kathode in de batterij van elkaar scheidt.

In batterijen wordt soms een waterige oplossing als elektrolyt gebruikt, maar een dergelijke oplossing is in een batterij met een lithiumanode niet bruikbaar, omdat dan een gevaarlijke situatie ontstaat.

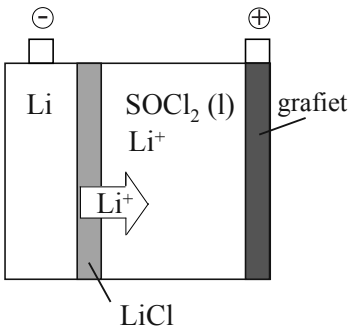
3p **6** Leg uit wat er zal gebeuren in een batterij met een lithiumanode als een waterige oplossing als elektrolyt wordt gebruikt en geef aan waarom dat gevaarlijk is.

In batterijen met lithium als anode wordt gebruik gemaakt van organische oplosmiddelen die voldoende polair zijn om een lithiumzout als $LiClO_4$ in op te kunnen lossen. Eén van die oplosmiddelen is methylmethanoaat.

4p **7** Teken de structuurformule van methylmethanoaat en leg met behulp van de structuurformule uit dat methylmethanoaat polair is.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

De lithiumbatterijen die in omloop zijn, verschillen onder andere in het kathodemateriaal. Hiernaast is een batterij weergegeven met als kathode een grafietelektrode. Deze is geplaatst in een ruimte met daarin als elektrolyt de stof $LiAlCl_4$ opgelost in de vloeistof thionylchloride ($SOCl_2$).
Als in deze oplossing een anode van lithium wordt geplaatst, vormt zich een laagje vast lithiumchloride op het oppervlak van de anode. Dit laagje kan wel lithiumionen doorlaten, maar geen deeltjes $SOCl_2$.



Tijdens stroomlevering van een dergelijke lithiumbatterij worden aan de kathode thionylchloride en lithiumionen omgezet tot opgelost zwavel (S), opgelost zwaveldioxide en vast lithiumchloride.

3p **8** Geef de vergelijking van de halfreactie die tijdens stroomlevering aan de kathode optreedt.

Als een pacemaker het hartritme continu ondersteunt, is de batterij eerder leeg dan wanneer de pacemaker maar af en toe in werking hoeft te komen. Voor plaatsing kan bepaald worden hoe lang de levensduur van een batterij is. Hiervoor is alleen het volume van belang dat het lithium in de batterij inneemt. Van het totale volume van een bepaalde lithiumbatterij wordt 0,435 cm^3 ingenomen door het lithium.

5p **9** Bereken hoeveel jaren deze batterij gebruikt kan worden bij constante ondersteuning van het hartritme. Neem aan dat alle andere stoffen dan lithium in de batterij in overmaat aanwezig zijn. Maak bij de berekening gebruik van Binas tabel 7 en onder andere de volgende gegevens:
- de dichtheid van lithium bedraagt 0,534 g cm^{-3};
- de batterij levert een constante stroom van 10 μA (1 A = 1 C s^{-1});
- de batterij kan worden gebruikt tot het moment dat 80% van het anodemateriaal is opgebruikt.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

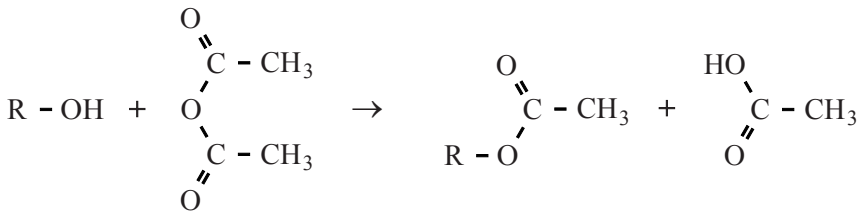
Hout is een veel gebruikt constructiemateriaal. Het bestaat voor een groot deel uit cellulose. Cellulose is een polymeer van glucose en geeft sterkte aan het hout. Cellulose is een eindproduct van een reeks reacties die begint met de fotosynthese. Hierbij worden glucose en zuurstof gevormd uit koolstofdioxide en water. Uit glucose wordt vervolgens cellulose gevormd.

3p **10** Geef in één reactievergelijking het proces weer waarbij cellulose ontstaat uit koolstofdioxide en water. Geef cellulose weer met $(C_6H_{10}O_5)_n$.

Een ander polymeer dat in hout voorkomt, is hemicellulose. Hemicellulose is opgebouwd uit verschillende monosachariden. Een monosacharide dat veel in ketens van hemicellulose is verwerkt, is xylose. Xylose is een stereo-isomeer van D-ribose en verschilt van D-ribose in de oriëntatie van de OH groep aan het C atoom met nummer 3 (zie Binas-tabel 67A).

3p **11** Teken een fragment uit het midden van een hemicellulose keten, bestaande uit een eenheid van D-galactose en een eenheid van xylose. D-galactose koppelt door middel van de OH groepen aan de C atomen met nummers 1 en 4 en xylose door middel van de OH groepen aan de C atomen met nummers 1 en 5. Gebruik de notatie die ook in Binas wordt gehanteerd.

Hout is erg gevoelig voor vocht. De grote vochtgevoeligheid van hout wordt veroorzaakt door de aanwezigheid van veel hydroxylgroepen in moleculen cellulose en hemicellulose. Een methode om hout minder gevoelig te maken voor vocht berust op een reactie die acetyleren wordt genoemd. Bij deze reactie worden hydroxylgroepen met behulp van moleculen azijnzuuranhydride veresterd. De reactie wordt als volgt schematisch weergegeven:



R staat voor de rest van een molecuul cellulose of hemicellulose.
Titan Wood heeft een procedé ontwikkeld om hout te acetyleren. Het azijnzuuranhydride dat hiervoor nodig is, wordt in het procedé zelf bereid uit de grondstof azijnzuur. Het aldus behandelde hout wordt Accoya® genoemd.
Het door Titan Wood ontwikkelde proces verloopt (vereenvoudigd) als volgt:

– Het hout wordt in droogkamers gedroogd en in een reactor R1 gebracht. Hierin wordt azijnzuuranhydride gepompt. Men laat de acetyleringsreactie bij hoge druk en temperatuur gedurende enkele uren plaatsvinden. Er is een overmaat azijnzuuranhydride. De verblijftijd in de reactor is zo gekozen, dat nagenoeg alle hydroxylgroepen in het hout worden geacetyleerd.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

– Azijnzuur dat bij de reactie ontstaat, wordt samen met het niet-gereageerde azijnzuuranhydride afgevoerd naar een opslagtank O. In deze tank wordt extra azijnzuur ingevoerd.
– Het azijnzuur wordt samen met het niet-gereageerde azijnzuuranhydride uit de opslagtank O naar een reactor R2 geleid, waarin het wordt verhit. Het azijnzuur wordt dan omgezet tot azijnzuuranhydride, met als tweede reactieproduct water. Deze twee reactieproducten worden in reactor R2 van elkaar gescheiden.

4p **12** Geef het proces, zoals dat bij Titan Wood wordt uitgevoerd, in een blokschema weer.
Teken in dat schema drie blokken:
– R1 is de reactor waarin het hout zich bevindt;
– R2 is de reactor waarin azijnzuuranhydride en water ontstaan;
– O is de opslagtank van azijnzuur en het ongereageerde azijnzuuranhydride;
Geef de stofstromen in het schema aan met cijfers:
– 1 voor gedroogd hout;
– 2 voor behandeld hout (Accoya®);
– 3 voor azijnzuuranhydride;
– 4 voor azijnzuur;
– 5 voor water.

Wanneer het proces in bedrijf is, werkt men met porties van 30 m^3 hout. Men kan berekenen hoeveel ton azijnzuur tenminste moet worden ingekocht voor de acetylering van deze hoeveelheid hout, volgens het Titan Wood proces.

5p **13** Bereken hoeveel ton azijnzuur (1 ton = $1 \cdot 10^3$ kg) tenminste moet worden ingekocht voor de acetylering van één portie hout van 30 m^3 volgens dit proces.
Ga voor deze berekening ervan uit dat:
– de dichtheid van het te behandelen hout $0{,}63 \cdot 10^3$ kg m^{-3} is;
– cellulose het enige polysacharide in hout is;
– het hout 65 massaprocent cellulose bevat;
– 95 procent van de hydroxylgroepen van cellulose wordt geacetyleerd.

Omdat het hout van te voren is gedroogd tot een vochtgehalte van ongeveer 6% bevat het altijd nog wat water. Het in de reactor toegevoegde azijnzuuranhydride kan ook met dit water reageren. Daarbij ontstaat uitsluitend azijnzuur.
Een belangrijk aspect voor de kosten van het Titan Wood proces is de benodigde hoeveelheid azijnzuur die moet worden ingekocht.

2p **14** Leg uit wat het effect is op de hoeveelheid azijnzuur die moet worden ingekocht wanneer het vochtgehalte van het te behandelen hout hoger is dan 6%. Ga er daarbij van uit dat de kwaliteit (acetyleringsgraad) van het hout constant moet zijn.

1p **15** Wat zou, bij een gelijkblijvende gewenste kwaliteit van behandeld hout, het effect op de verblijftijd in de reactor van te behandelen hout zijn, wanneer het vochtpercentage na het drogen hoger is dan 6%?

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Biodiesel uit plantaardig afval

In een recent proefschrift is beschreven hoe uit plantaardig afval biodiesel kan worden geproduceerd. In een bioreactor worden in het plantenafval aanwezige stoffen als cellulose, vetten en eiwitten door een mix van bacteriën omgezet tot ethanol en zuren waaronder voornamelijk ethaanzuur (CH_3COOH). Het onderzoek richtte zich op een methode om ethanol en ethaanzuur om te zetten in stoffen die geschikt zijn om met diesel te mengen.
Ethanol wordt veel gebruikt als brandstof voor benzineauto's, maar ethaanzuur is niet geschikt als brandstof. Dit heeft onder andere te maken met de lage verbrandingswarmte van ethaanzuur.
Omdat brandstoffen per liter afgerekend worden, is een vergelijking van de verbrandingswarmte per liter brandstof gebruikelijk. De verbrandingswarmte wordt dan uitgedrukt in MJ L^{-1}. De verbrandingswarmte van 1,0 L ethanol bedraagt 24 MJ L^{-1}. De verbrandingswarmte van ethaanzuur is lager dan deze waarde.

2p **16** Laat met een berekening zien dat de verbrandingswarmte van 1,0 L ethaanzuur lager is dan de verbrandingswarmte van 1,0 L ethanol. De dichtheid van ethaanzuur bedraagt 1,05 kg L^{-1}.

1p **17** Geef nog een reden waarom ethaanzuur niet geschikt is als brandstof in auto's.

In het reactiemengsel in de bioreactor komt ethaanzuur voornamelijk voor als ethanoaat. Om het gevormde ethanoaat toch nuttig te kunnen toepassen, is onderzocht of met de mix van bacteriën het ethanoaat omgezet kan worden tot een voor biodiesel bruikbare grondstof. In het onderzoek is het gelukt om in de bioreactor de ontstane ethanoaat-ionen met het aanwezige ethanol om te zetten tot hexanoaat-ionen. Deze omzetting wordt ook door de mix van bacteriën uitgevoerd. De hexanoaat-ionen vormen de grondstof voor de biodiesel.
De totaalvergelijking van de reactie van ethanoaat met ethanol kan als volgt worden weergegeven:

1 mol ethanoaat + 2 mol ethanol $\rightarrow$ 1 mol hexanoaat + 2 mol water

Het gevormde hexanoaat wordt na afloop van deze reactie omgezet tot hexaanzuur. Volgens de onderzoekster is de omzetting van ethanoaat en ethanol tot hexanoaat energetisch gunstig omdat de volledige verbranding van 1 mol hexaanzuur meer energie oplevert dan de volledige verbranding van 2 mol ethanol.

2p **18** Leg met behulp van de molecuulformules van ethanol en hexaanzuur uit dat het te verwachten is dat de volledige verbranding van 1 mol hexaanzuur meer energie oplevert dan de volledige verbranding van 2 mol ethanol.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

De hiervoor genoemde omzetting van ethanoaat in hexanoaat verloopt bij een pH tussen 5,5 en 7,0. Omdat hexaanzuur een zwak zuur is (pK_z = 4,78), bevat het reactiemengsel zowel natriumhexanoaat als hexaanzuur.

3p **19** Bereken de verhouding waarin hexanoaat en hexaanzuur voorkomen bij pH = 5,50. Noteer je antwoord als [hexanoaat] : [hexaanzuur] = … : …

Natriumhexanoaat is goed oplosbaar in water. De oplosbaarheid van hexaanzuur in water is matig.

2p **20** Leg met behulp van begrippen op deeltjesniveau uit dat hexaanzuur matig oplosbaar is in water.

In de bioreactor is de concentratie hexaanzuur laag, zodat het aanwezige hexaanzuur geheel is opgelost. Om hexaanzuur uit het reactiemengsel te isoleren, zijn twee methoden onderzocht.

Methode 1
De pH van het reactiemengsel wordt verlaagd tot pH = 5,00 door geconcentreerd zoutzuur aan de inhoud van de bioreactor toe te voegen. Hierdoor stijgt de concentratie van hexaanzuur en daalt de concentratie van hexanoaat. Na het aanzuren kan het opgeloste hexaanzuur uit het reactiemengsel gescheiden worden door extractie met een geschikte vloeistof waarin hexaanzuur wel oplost, maar natriumhexanoaat niet. Na de extractie kan het hexaanzuur door destillatie gescheiden worden van het oplosmiddel dat opnieuw kan worden gebruikt.

Methode 2
De pH van het reactiemengsel wordt verhoogd tot pH = 7,00 door geconcentreerd natronloog toe te voegen. Hierdoor stijgt de concentratie van hexanoaat en daalt de concentratie van hexaanzuur. Als aan het ontstane mengsel een overmaat calciumchloride-oplossing wordt toegevoegd, ontstaat een neerslag van het slecht oplosbare calciumhexanoaat. Het neerslag wordt gefiltreerd waarna het calciumhexanoaat met geconcentreerd zoutzuur wordt omgezet tot vast hexaanzuur.

Deze methoden om hexaanzuur uit het reactiemengsel te isoleren, verschillen in energieverbruik en atoomefficiëntie. Deze verschillen kunnen meegewogen worden om een keuze voor één van beide methoden te maken.

2p **21** Geef aan welke methode de voorkeur heeft als gelet wordt op het energieverbruik. Licht je antwoord toe.

2p **22** Geef aan welke methode de voorkeur heeft als gelet wordt op de atoomefficiëntie. Licht je antwoord toe.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Hexaanzuur is nog niet geschikt voor gebruik als dieselbrandstof. Het is mogelijk om door middel van een ketonisatie-reactie hexaanzuur om te zetten tot een stof die wel geschikt is om als dieselbrandstof te gebruiken. Ketonisatie is een reactie van carbonzuren en kan als volgt worden weergegeven:

2 mol carbonzuur $\rightarrow$ 1 mol keton + 1 mol water + 1 mol koolstofdioxide

Bij de ketonisatie van ethaanzuur ontstaat propanon. Bij de ketonisatie van propaanzuur ontstaat 3-pentanon. In een andere publicatie is de ketonisatie beschreven van hexaanzuur.

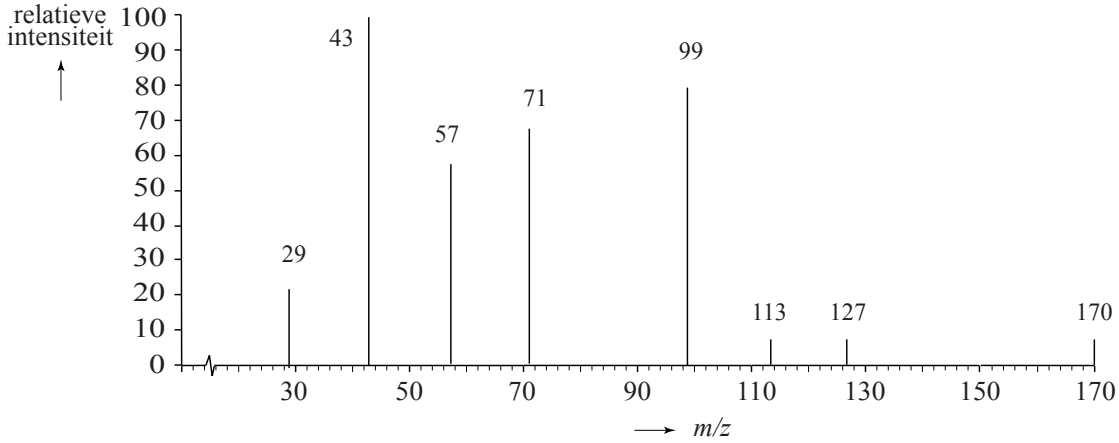
3p **23** Geef de reactievergelijking in structuurformules van de ketonisatie van hexaanzuur.

De onderzoekers wilden uitzoeken of ketonisatie ook verloopt als hexaanzuur verontreinigd is met bijvoorbeeld een alcohol. Als dat lukt, hoeft hexaanzuur niet eerst gezuiverd te worden en kan het reactiemengsel afkomstig van de bioreactor na afscheiding van water en de daarin opgeloste stoffen direct gebruikt worden voor ketonisatie.

Men ging bij het onderzoek uit van een mengsel van hexaanzuur en 1-pentanol. Het blijkt dat er twee reacties tegelijk verlopen:
1 de vorming van de ester van hexaanzuur en 1-pentanol, dit is een evenwicht (reactie 1);
2 de ketonisatie van hexaanzuur, dit is een aflopende reactie (reactie 2).

Van het reactiemengsel wordt een monster genomen en gescheiden met chromatografie. Van één van de stoffen uit het reactiemengsel is een massaspectrum opgenomen. Dit massaspectrum is in figuur 1 weergegeven.

figuur 1



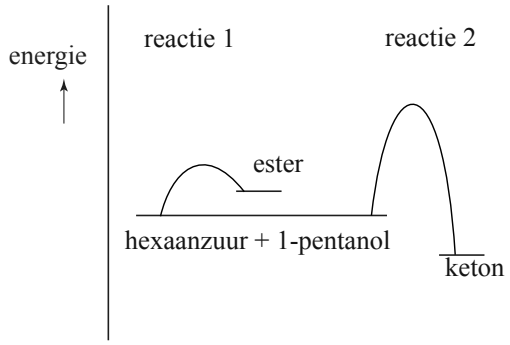
De onderzoekers concludeerden onder andere op basis van dit massaspectrum dat het keton gevormd was. Zij baseerden deze uitspraak vooral op de pieken bij m/z = 71 en m/z = 99.

2p **24** Leg uit bij welke fragmentionen afkomstig van het keton de pieken bij m/z = 71 en m/z = 99 horen.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

In figuur 2 zijn de energiediagrammen weergegeven van de beide reacties.

figuur 2



Of de ester of het keton ontstaat, blijkt sterk af te hangen van de temperatuur. Als het reactiemengsel langere tijd op hogere temperaturen wordt gehouden, wordt uitsluitend het keton aangetroffen.

3p **25** Leg onder andere met behulp van de energiediagrammen uit waarom alleen het keton wordt aangetroffen als het reactiemengsel langere tijd op hogere temperaturen wordt gehouden en waarom de ester niet wordt aangetroffen.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Examen VWO

2012

tijdvak 2
woensdag 20 juni
13.30 - 16.30 uur

scheikunde

Bij dit examen hoort een uitwerkbijlage.

Dit examen bestaat uit 26 vragen.
Voor dit examen zijn maximaal 69 punten te behalen.
Voor elk vraagnummer staat hoeveel punten met een goed antwoord behaald kunnen worden.

Als bij een vraag een verklaring, uitleg, berekening of afleiding gevraagd wordt, worden aan het antwoord meestal geen punten toegekend als deze verklaring, uitleg, berekening of afleiding ontbreekt.

Geef niet meer antwoorden (redenen, voorbeelden e.d.) dan er worden gevraagd. Als er bijvoorbeeld twee redenen worden gevraagd en je geeft meer dan twee redenen, dan worden alleen de eerste twee in de beoordeling meegeteld.

VW-1028-a-12-2-o

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

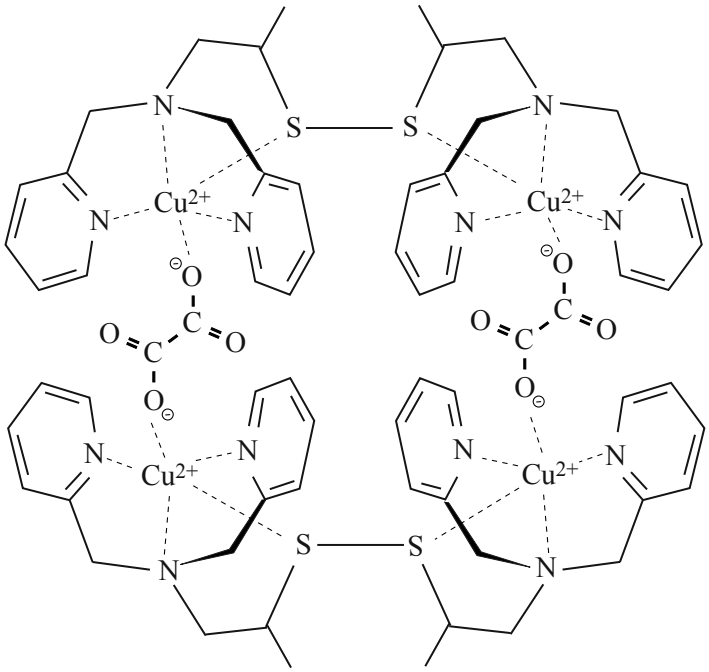
Selectieve opname koolstofdioxide

Aan de Universiteit van Leiden wordt onderzoek gedaan naar een methode om koolstofdioxide te binden. Bij deze methode wordt gebruikgemaakt van een koper(I)complex dat wordt aangeduid met P^{2+}. Men maakt dit complex door Cu^{2+} ionen te laten reageren met moleculen van een organische stof R–SH. De reactie tussen Cu^{2+} en R–SH is een redoxreactie, waarbij P^{2+} gevormd wordt. De vergelijking van de reactie tussen Cu^{2+} en R–SH is met schematische structuurformules onvolledig weergegeven op de uitwerkbijlage die bij dit examen hoort.

2p **1** Maak de vergelijking van de reactie tussen R–SH en Cu^{2+} op de uitwerkbijlage volledig.

Dat het koper(I)complex P^{2+} is gevormd, wordt aangetoond met behulp van massaspectrometrie. In het massaspectrum wordt onder andere een piek aangetroffen bij m/z = 335. Deze piek wordt toegeschreven aan het deeltje P^{2+} waarin uitsluitend de isotoop Cu-63 aanwezig is. Dit deeltje P^{2+} heeft m = 670 u en z = 2+.
Als een oplossing van P^{2+} aan de lucht wordt blootgesteld, ontstaan langzaam groenblauwe kristallen. Het blijkt dat de Cu^{+} ionen worden omgezet in Cu^{2+} ionen. In deze reactie reageert niet zuurstof als oxidator, maar CO_2.
Hierbij ontstaat een nieuw complex Q^{4+} dat wordt gevormd uit twee deeltjes P^{2+} en 4 moleculen CO_2. In figuur 1 is dit deeltje Q^{4+} met behulp van een schematische structuurformule weergegeven.

figuur 1



Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Dat dit deeltje Q^{4+} is gevormd, heeft men onder andere uit het massaspectrum van het reactieproduct afgeleid: daarin heeft men een piek gevonden bij *m/z* = 379. Deze waarde geldt voor Q^{4+} waarin van Cu en C alleen de isotopen Cu-63 en C-12 voorkomen. Dat CO_2 heeft gereageerd, heeft men kunnen bevestigen door een aanvullend experiment waarbij men gebruikmaakte van CO_2 met daarin uitsluitend de isotoop C-13.

2p **2** Laat met behulp van een berekening zien dat de piek bij *m/z* = 379 verwijst naar het deeltje Q^{4+}.

2p **3** Leg uit bij welke *m/z* waarde een piek zal voorkomen bij het aanvullende experiment, waarbij alle CO_2 moleculen het C-13 atoom bevatten.

Men kan een experiment uitvoeren, waarmee kan worden aangetoond dat CO_2 de oxidator is bij gelijktijdige aanwezigheid van koolstofdioxide en zuurstof.

2p **4** Geef een beschrijving van zo'n experiment. Geef aan hoe uit de resultaten kan worden geconcludeerd dat bij gelijktijdige aanwezigheid van koolstofdioxide en zuurstof de oxidator koolstofdioxide is.

Een oplossing met daarin Q^{4+}, waarin koolstofdioxide uit de lucht is gebonden, kan worden geëlektrolyseerd. Hierbij wordt het complex P^{2+} weer gevormd en ontstaan oxalaationen. Als in de oplossing lithiumionen aanwezig zijn, ontstaat een neerslag van lithiumoxalaat ($Li_2C_2O_4$).

Studenten voeren een experiment uit met 5,0 L lucht afkomstig uit een niet goed geventileerde ruimte. Het volumepercentage CO_2 in de lucht is vóór behandeling 0,55 volumeprocent. Ze laten de lucht enige tijd met een oplossing van P^{2+} in aanraking komen. Vervolgens wordt het ontstane mengsel geëlektrolyseerd in aanwezigheid van lithiumionen. De massa van het ontstane neerslag van lithiumoxalaat blijkt 24 mg te zijn.

5p **5** Bereken hoeveel volumeprocent koolstofdioxide de lucht na de behandeling bevat. Neem aan dat:
- het volume van de lucht na de behandeling nog steeds 5,0 L is;
- alle lithiumoxalaat is neergeslagen;
- het molair volume voor gassen bij de proefomstandigheden 24,5 L mol^{-1} is;
- de elektrolysereactie, waarbij het complex Q^{4+} wordt geregenereerd tot P^{2+}, voor 95% is verlopen.

De studenten vragen zich af of de methode geschikt is om op grote schaal het broeikaseffect te bestrijden. Om een afweging te kunnen maken, hebben ze op een aantal vragen nog antwoorden nodig. Ze sturen een e-mail naar de onderzoekers, waarin ze enkele vragen stellen over het proces.

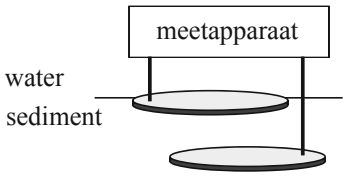
2p **6** Schrijf twee vragen op die de studenten in een dergelijke e-mail aan de onderzoekers kunnen stellen:
- één over een scheikundig en/of technologisch aspect;
- één over een toxicologisch en/of duurzaamheidsaspect.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Modderstroom

Sedimentbrandstofcellen zijn elektrische cellen op de zeebodem. Ze maken gebruik van verschillen in concentraties van stoffen in de zeebodem. Ze voorzien apparaatjes van stroom, zoals meetapparatuur in internationale wateren. Een sedimentbrandstofcel bestaat uit twee met het meetapparaat verbonden elektroden. Eén elektrode bevindt zich in de bovenste laag van het sediment, de andere iets dieper. In figuur 1 is een sedimentbrandstofcel schematisch weergegeven.

figuur 1



Aan de bovenste elektrode reageert zuurstof met water volgens

$$O_2 + 2\,H_2O + 4\,e^- \rightarrow 4\,OH^-$$

Aan de onderste elektrode reageert waterstofsulfide (H_2S) in de bodem tot vast zwavel (S) en H^+.

3p **7** Geef de vergelijking van de halfreactie van waterstofsulfide en geef de totaalvergelijking.

4p **8** Bereken hoeveel gram waterstofsulfide moet worden omgezet om een sedimentbrandstofcel een jaar lang een stroom van 1,0 mA te laten leveren. Je mag er in deze berekening van uitgaan dat er voldoende zuurstof aanwezig is. Gegeven: 1 A = 1 C s^{-1}. Maak gebruik van Binas-tabel 7.

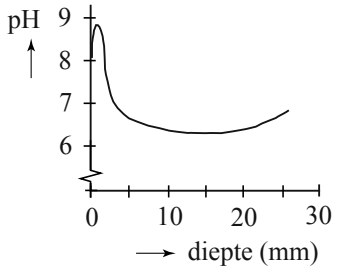
Lars Peter Nielsen, een onderzoeker uit Denemarken, heeft bodemmonsters uit de haven van Aarhus onderzocht om de werking van de sedimentbrandstofcel beter te begrijpen. Hij ontdekte dat het bovenste deel van de bodem uit drie sedimentlagen bestaat. In de bovenste laag (ruim 1 cm dik) is veel zuurstof aanwezig. Hier bevinden zich geen zwavel of zwavelverbindingen zoals waterstofsulfide. In de onderste laag is geen zuurstof aanwezig, maar bevinden zich wel zwavelverbindingen. In de middelste laag (1,2 à 1,9 cm dik) zijn veel organische verbindingen aanwezig die in een halfreactie met water reageren tot koolstofdioxide, waarbij H^+ ontstaat.

2p **9** Geef de vergelijking van de halfreactie die in de middelste laag plaatsvindt. Geef de organische verbindingen weer met de algemene formule $(CH_2O)_n$.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Nielsen mat de pH op verschillende dieptes in het sediment. De resultaten van de metingen zijn weergegeven in figuur 2.

figuur 2



Onder andere uit deze resultaten concludeerde hij dat de halfreacties van zuurstof en waterstofsulfide gescheiden van elkaar plaatsvinden, ook als er geen sedimentbrandstofcel in de sedimentlagen aanwezig is.

3p **10** Leg uit waarom deze conclusie door de resultaten in figuur 2 ondersteund wordt.

Tussen de verschillende sedimentlagen bewegen ionen, afhankelijk van hun lading, naar boven of naar beneden.

2p **11** Leg uit of de positieve ionen in het sediment naar boven of naar beneden bewegen.

Nielsen ontdekte dat de afbraaksnelheid van H_2S in de onderste sedimentlaag direct veranderde als de concentratie zuurstof in de bovenste laag veranderde. Deze lagen moeten daarom wel via een snelle verbinding met elkaar in contact staan. Dit is niet te verklaren uit ionentransport omdat dat een te langzaam proces is. Blijkbaar vindt er een elektronenstroom plaats van de ene naar de andere laag. Hij bedacht hier twee mogelijke mechanismen voor:

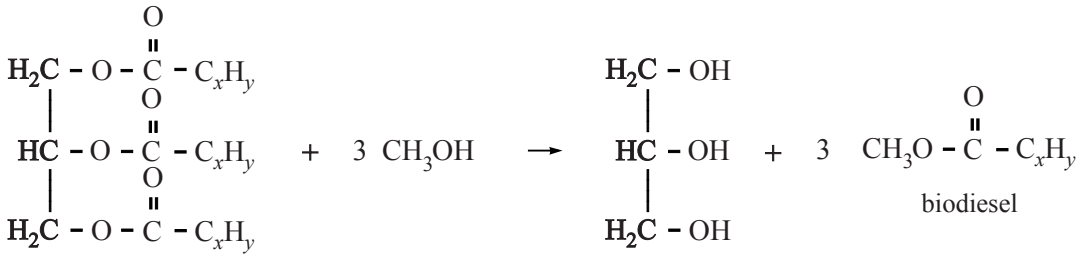
I. Het sediment bevat metaaldeeltjes die verantwoordelijk zijn voor het elektronentransport.
II. Het sediment bevat bacteriën die onderling contact maken en voor elektronentransport zorgen.

2p **12** Beschrijf een experiment waarmee je kunt onderzoeken of bacteriën betrokken zijn bij de stroomgeleiding.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Biodiesel uit frituurolie

Frituurolie wordt voor het grootste deel niet geconsumeerd. Het moet wel regelmatig vervangen worden, waardoor een grote afvalstroom ontstaat. Deze afvalstroom kan onder andere worden gebruikt voor de productie van biodiesel. De productie van biodiesel gaat volgens een zogenoemde om-estering, waarbij methylesters van vetzuren ontstaan. De gevormde methylesters, de biodiesel, kunnen gemengd worden met gewone diesel. De schematische reactievergelijking voor de om-estering kan als volgt worden weergegeven:



De producten biodiesel en glycerol mengen niet en vormen een tweelagensysteem. Dit komt door een verschil in de bindingen tussen de moleculen.

2p **13** Leg aan de hand van de structuurformules uit welke binding(en) tussen de moleculen aanwezig is/zijn in biodiesel en welke binding(en) tussen de moleculen aanwezig is/zijn in glycerol.

Bij de productie van biodiesel kan zowel een base als een zuur als katalysator dienen. Het gebruik van een base als katalysator resulteert, bij gelijke reactieomstandigheden, in een veel hogere reactiesnelheid dan een zuur als katalysator. Een veelgebruikte base als katalysator is $NaCH_3O$. Deze stof kan echter bij het produceren van biodiesel uit gebruikte frituurolie niet zomaar toegepast worden. Dit komt doordat gebruikte frituurolie vrije vetzuren bevat. Deze vrije vetzuren reageren met de base $NaCH_3O$. Deze reactie kan worden weergegeven als:

De reactie van $NaCH_3O$ met de vrije vetzuren in de gebruikte frituurolie kan een probleem geven bij de scheiding van de geproduceerde biodiesel en glycerol. Dit zal vooral het geval zijn wanneer het massapercentage vrije vetzuren in de frituurolie hoog is.

2p **14** Leg uit waarom de scheiding van de producten biodiesel en glycerol bemoeilijkt wordt, wanneer de vrije vetzuren met een base reageren.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Door de reactie van de katalysator met vrije vetzuren kan de concentratie van de katalysator in het reactievat te laag worden voor een goede werking. Het verlies aan katalysator wordt gecompenseerd door een extra hoeveelheid katalysator toe te voegen. Een optimale katalytische werking treedt op bij een gehalte van ongeveer 1,0 massaprocent aan $NaCH_3O$ in de frituurolie.
Van een monster frituurolie is het gehalte vrije vetzuren vooraf bepaald op 2,2 massaprocent. In het reactievat wordt $7{,}0 \cdot 10^3$ kg van deze frituurolie gemengd met de katalysator.

4p **15** Bereken hoeveel kilogram $NaCH_3O$ moet worden toegevoegd aan het reactievat met $7{,}0 \cdot 10^3$ kg frituurolie waarin zich 2,2 massaprocent vrije vetzuren bevindt om 1,0 massaprocent $NaCH_3O$ over te houden.
- Neem aan dat de gemiddelde massa van een mol vrij vetzuur 282 g bedraagt.
- De massatoename ten gevolge van het toevoegen van extra $NaCH_3O$ mag worden verwaarloosd.

Om te voorkomen dat bij de productie van biodiesel de vrije vetzuren met de katalysator $NaCH_3O$ reageren, is het proces in twee stappen verdeeld. Dit proces is op de uitwerkbijlage die bij dit examen hoort onvolledig weergegeven.
In reactor R1 vindt een zuur gekatalyseerde reactie plaats waarbij uitsluitend de vrije vetzuren met methanol reageren tot biodiesel en water. Door het gebruik van een overmaat methanol, kan dit als een aflopende reactie opgevat worden.
Het mengsel uit R1 gaat naar scheidingsruimte S1 waar zich twee vloeistoflagen vormen. De vloeistoflaag met de biodiesel en de overgebleven frituurolie gaat naar reactor R2.
In R2 worden in een base gekatalyseerde reactie de triglyceriden met overmaat methanol omgezet tot biodiesel en glycerol. In scheidingsruimte S2 wordt de biodiesel gescheiden van de andere stoffen.
In destillatiekolom D1 worden de mengsels, afkomstig uit S1 en S2, gezuiverd voor gebruik en hergebruik. In het blokschema is de stofstroom van de katalysatoren niet opgenomen. In het blokschema zijn een aantal stoffen bij de stofstromen weggelaten. De stofstroom van methanol is in het schema al volledig weergegeven met nummer 1.

3p **16** Maak het blokschema af dat op de uitwerkbijlage bij deze opgave is gegeven.
Gebruik voor de ontbrekende stoffen de volgende nummers:

2	biodiesel	5	glycerol
3	frituurolie	6	water
4	frituurolie zonder vrije vetzuren		

Stofstromen van de katalysatoren hoeven niet te worden weergegeven.

In een fabriek wordt 150 ton biodiesel per dag geproduceerd. Zowel in R1 als in R2 wordt per dag 30,0 ton methanol ingevoerd. Van de totale overmaat methanol kan 97,0% worden teruggewonnen voor hergebruik in de biodieselproductie (het verlies aan methanol is niet in het blokschema weergegeven).

4p **17** Bereken hoeveel ton methanol per dag van buitenaf moet worden ingevoerd bij de inlaat. Neem aan dat de gemiddelde massa van een mol biodiesel 296 g is.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Hechting caseïne aan chymosine

Melk bevat ongeveer 4% eiwit waarvan het eiwit caseïne het grootste deel uitmaakt. De aanwezigheid van caseïne is onmisbaar voor het maken van kaas. Bij de bereiding van kaas worden zuursel en stremsel aan melk toegevoegd. Zuursel is een mengsel van verschillende soorten melkzuurbacteriën die lactose omzetten tot melkzuur (2–hydroxypropaanzuur).

3p **18** Geef met behulp van molecuulformules de reactievergelijking voor de omzetting van lactose tot melkzuur. Behalve lactose is nog een tweede stof nodig bij deze omzetting. Maak gebruik van Binas-tabel 67A.

Stremsel bevat het enzym chymosine. Onder invloed van chymosine vindt hydrolyse plaats van een deel van de aanwezige caseïnemoleculen. Hierdoor wordt de melk dikker en ontstaat via een aantal bewerkingen kaas.
Hieronder zijn de aminozuren 98 tot en met 112 van een molecuul caseïne weergegeven. Het omkaderde gedeelte van een molecuul caseïne bevindt zich tijdens de hydrolyse in de holte van het enzym, waar de reactie optreedt: het zogenoemde actieve centrum. In een molecuul caseïne wordt de peptidebinding tussen fenylalanine (Phe) op plaats 105 en methionine (Met) op plaats 106 verbroken.

~ His - Pro - His - Pro - His - Leu - Ser - Phe - Met - Ala - Ile - Pro - Pro - Lys - Lys ~
100 110

Van aminozuur 1 is de aminogroep nog aanwezig.

4p **19** Geef de reactievergelijking voor de hydrolyse van het fragment ~Phe–Met~. Gebruik structuurformules voor de koolstofverbindingen.
Maak gebruik van Binas-tabel 67C.

Bij een onderzoek naar de hechting van caseïnemoleculen aan chymosine is een aantal peptiden gesynthetiseerd. Deze peptiden zijn gebruikt als substraat voor het enzym.
Peptiden worden gemaakt uit aminozuren. Als men één soort dipeptide, bijvoorbeeld Ala-Ile, wil maken uit een mengsel van beide aminozuren, kunnen naast Ala-Ile nog andere dipeptiden ontstaan.

2p **20** Geef de afkortingen van de dipeptiden die, behalve Ala–Ile, ontstaan als men dipeptiden maakt uit een mengsel van Ala en Ile.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Als eerste peptide werd het gedeelte van caseïne gemaakt dat zich in het actieve centrum bevindt: Leu-Ser-Phe-Met-Ala-Ile. Voor de synthese van dit peptide ging men als volgt te werk:

1 Men laat een oplossing van Ile reageren met een bepaald slecht oplosbaar polymeer. Daarbij reageren de carbonzuurgroepen van Ile met de hydroxylgroepen van het polymeer. Er ontstaat een vaste stof die schematisch kan worden aangeduid als Ile-Polymeer.
2 In een ander reactievat laat men de aminogroep van Ala reageren met een andere stof, waardoor de aminogroep niet meer beschikbaar is voor reacties met een ander aminozuur. Dit wordt aangegeven als X-Ala. Het is mogelijk om X te verwijderen, zodat de oorspronkelijke aminogroep weer ontstaat.
3 Het vaste Ile-Polymeer laat men reageren met een oplossing met een overmaat X-Ala. Daarbij ontstaat X-Ala-Ile-Polymeer.
4 Deze stof ondergaat een aantal bewerkingen, zodat X-Met-Ala-Ile-Polymeer ontstaat.
5 Als deze stappen worden herhaald met de opeenvolgende aminozuren, kunnen de gewenste polypeptiden worden gesynthetiseerd.

Het groeiende polypeptide blijft tijdens deze bewerkingen gebonden aan het polymeer.

4p **21** Geef een globale beschrijving van de handelingen die men moet verrichten in stap 4 om uit het ontstane mengsel uit stap 3 het gevormde X-Ala-Ile-Polymeer om te zetten tot X-Met-Ala-Ile-Polymeer.

Het gebruikte polymeer bevat hydroxylgroepen, waardoor de carbonzuurgroepen van de aminozuren met het polymeer kunnen reageren.

2p **22** Geef met behulp van structuurformules de vergelijking van de reactie van een oplossing van Ile met een polymeer dat hydroxylgroepen bevat. Noteer het polymeer hierbij als HO-Polymeer.

Aan het eind van de synthese moet het ontstane polypeptide worden losgemaakt van het polymeer. Hierbij treedt een hydrolyse op, waarbij het gewenste polypeptide vrijkomt.

2p **23** Leg uit waarom men liever geen polymeer gebruikt met aminogroepen in plaats van hydroxylgroepen.

Let op: de laatste vragen van dit examen staan op de volgende pagina.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Bij het onderzoek naar de hechting van caseïnemoleculen aan chymosine, werd gemeten hoe snel de verschillende polypeptiden werden gehydrolyseerd door chymosine. Voor dit onderzoek werd een buffer met pH = 4,7 gemaakt.

2p **24** Leg uit welke oplossingen kunnen worden gebruikt om een buffer met pH = 4,7 te maken. Gebruik een gegeven uit Binas-tabel 49.

Voor de snelheid s van de reactie van het enzym E met een substraat S geldt bij dit onderzoek de volgende vergelijking:

$s = k \cdot [E] \cdot [S]$.

In tabel 1 is voor een aantal van de onderzochte polypeptiden de waarde van k vermeld. De metingen zijn uitgevoerd bij pH = 4,7.

tabel 1

exp.	substraat	k
1	Leu-Ser-Phe-Met-Ala-Ile	22
2	His-Leu-Ser-Phe-Met-Ala-Ile	31
3	Pro-His-Leu-Ser-Phe-Met-Ala-Ile	104
4	His-Pro-His-Leu-Ser-Phe-Met-Ala-Ile-Pro-Pro	990
5	Pro-His-Pro-His-Leu-Ser-Phe-Met-Ala-Ile-Pro-Pro	$2{,}0 \cdot 10^3$
6	His-Pro-His-Pro-His-Leu-Ser-Phe-Met-Ala-Ile-Pro-Pro	$2{,}7 \cdot 10^3$
7	His-Pro-His-Pro-His-Leu-Ser-Phe-Met-Ala-Ile-Pro-Pro-Lys	$2{,}5 \cdot 10^3$
8	His-Pro-His-Pro-His-Leu-Ser-Phe-Met-Ala-Ile-Pro-Pro-Lys-Lys	$2{,}2 \cdot 10^3$

De onderzoekers trokken uit het gehele onderzoek de conclusie dat sommige aminozuureenheden net buiten het actieve centrum een rol spelen bij de mate van hechting van het polypeptide in het actieve centrum van het enzym.
De onderzoekers formuleerden de hypothese dat één van de mogelijke verklaringen voor een goede hechting van een substraat bij pH = 4,7 is, dat één of meerdere van de aanwezige zijgroepen van de aminozuurresten Lys en His een H^+ hebben opgenomen.

1p **25** Geef de structuurformule van de zijgroep van Lys bij pH = 4,7.

Uit de tabel kan tevens worden afgeleid, dat een andere aminozuureenheid dan Lys en His eveneens een positieve invloed heeft op de reactiesnelheid.

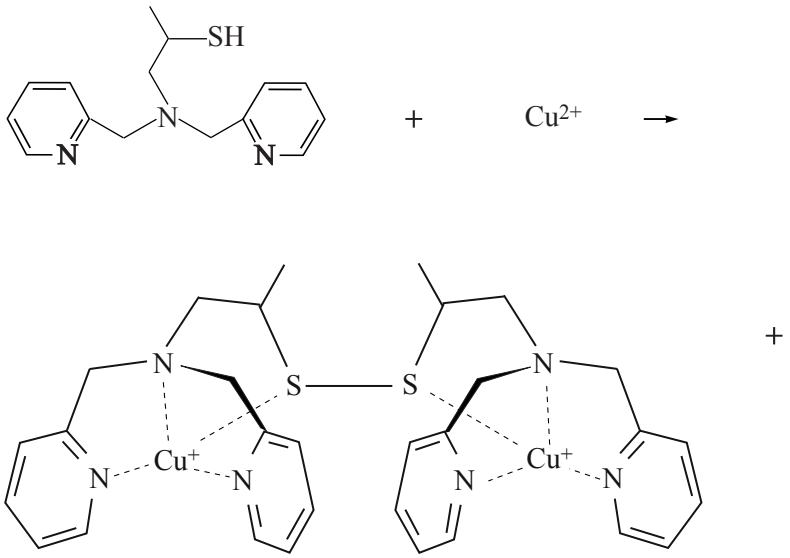
3p **26** Leg met behulp van de gegevens in tabel 1 uit welke andere aminozuureenheid blijkbaar een positieve invloed heeft op de reactiesnelheid. Gebruik in je antwoord de nummers van minstens vier proeven.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

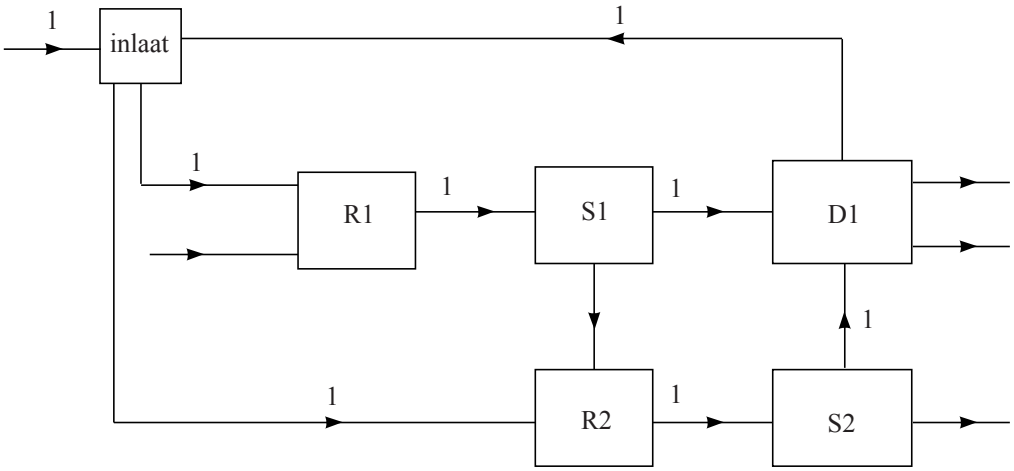
uitwerkbijlage

Naam kandidaat _____ Kandidaatnummer _____

1



16



VERGEET NIET DEZE UITWERKBIJLAGE IN TE LEVEREN

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Examen VWO

2012

tijdvak 2
woensdag 20 juni
13.30 - 16.30 uur

scheikunde (pilot)

Bij dit examen hoort een uitwerkbijlage.

Dit examen bestaat uit 26 vragen.
Voor dit examen zijn maximaal 68 punten te behalen.
Voor elk vraagnummer staat hoeveel punten met een goed antwoord behaald kunnen worden.

Als bij een vraag een verklaring, uitleg, berekening of afleiding gevraagd wordt, worden aan het antwoord meestal geen punten toegekend als deze verklaring, uitleg, berekening of afleiding ontbreekt.

Geef niet meer antwoorden (redenen, voorbeelden e.d.) dan er worden gevraagd. Als er bijvoorbeeld twee redenen worden gevraagd en je geeft meer dan twee redenen, dan worden alleen de eerste twee in de beoordeling meegeteld.

VW-1028-f-12-2-o

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

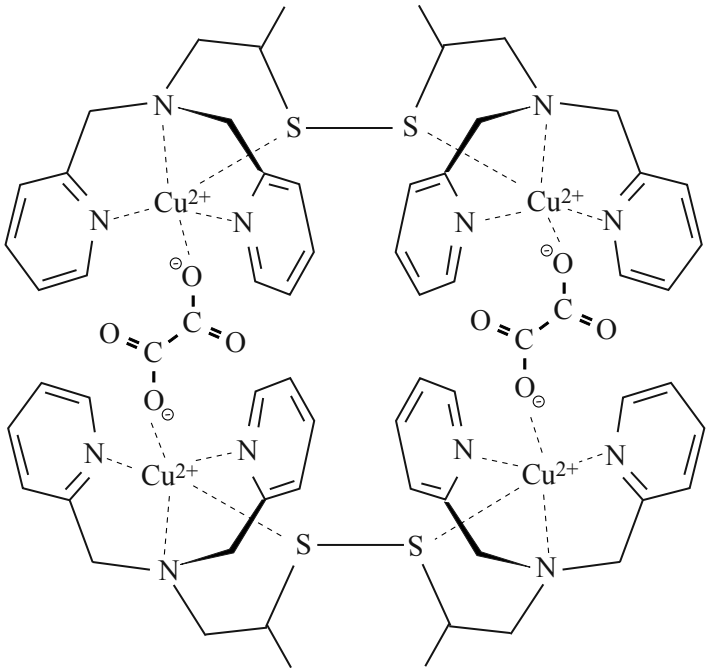
Selectieve opname koolstofdioxide

Aan de Universiteit van Leiden wordt onderzoek gedaan naar een methode om koolstofdioxide te binden. Bij deze methode wordt gebruikgemaakt van een koper(I)complex dat wordt aangeduid met P^{2+}. Men maakt dit complex door Cu^{2+} ionen te laten reageren met moleculen van een organische stof R–SH.
De reactie tussen Cu^{2+} en R–SH is een redoxreactie, waarbij P^{2+} gevormd wordt.
De vergelijking van de reactie tussen Cu^{2+} en R–SH is met schematische structuurformules onvolledig weergegeven op de uitwerkbijlage die bij dit examen hoort.

2p **1** Maak de vergelijking van de reactie tussen R–SH en Cu^{2+} op de uitwerkbijlage volledig.

Dat het koper(I)complex P^{2+} is gevormd, wordt aangetoond met behulp van massaspectrometrie. In het massaspectrum wordt onder andere een piek aangetroffen bij m/z = 335. Deze piek wordt toegeschreven aan het deeltje P^{2+} waarin uitsluitend de isotoop Cu-63 aanwezig is. Dit deeltje P^{2+} heeft m = 670 u en z = 2+.
Als een oplossing van P^{2+} aan de lucht wordt blootgesteld, ontstaan langzaam groenblauwe kristallen. Het blijkt dat de Cu^{+} ionen worden omgezet in Cu^{2+} ionen. In deze reactie reageert niet zuurstof als oxidator, maar CO_2.
Hierbij ontstaat een nieuw complex Q^{4+} dat wordt gevormd uit twee deeltjes P^{2+} en 4 moleculen CO_2. In figuur 1 is dit deeltje Q^{4+} met behulp van een schematische structuurformule weergegeven.

figuur 1



Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Dat dit deeltje Q^{4+} is gevormd, heeft men onder andere uit het massaspectrum van het reactieproduct afgeleid: daarin heeft men een piek gevonden bij *m/z* = 379. Deze waarde geldt voor Q^{4+} waarin van Cu en C alleen de isotopen Cu-63 en C-12 voorkomen. Dat CO_2 heeft gereageerd, heeft men kunnen bevestigen door een aanvullend experiment waarbij men gebruikmaakte van CO_2 met daarin uitsluitend de isotoop C-13.

2p **2** Laat met behulp van een berekening zien dat de piek bij *m/z* = 379 verwijst naar het deeltje Q^{4+}.

2p **3** Leg uit bij welke *m/z* waarde een piek zal voorkomen bij het aanvullende experiment, waarbij alle CO_2 moleculen het C-13 atoom bevatten.

Men kan een experiment uitvoeren, waarmee kan worden aangetoond dat CO_2 de oxidator is bij gelijktijdige aanwezigheid van koolstofdioxide en zuurstof.

2p **4** Geef een beschrijving van zo'n experiment. Geef aan hoe uit de resultaten kan worden geconcludeerd dat bij gelijktijdige aanwezigheid van koolstofdioxide en zuurstof de oxidator koolstofdioxide is.

Een oplossing met daarin Q^{4+}, waarin koolstofdioxide uit de lucht is gebonden, kan worden geëlektrolyseerd. Hierbij wordt het complex P^{2+} weer gevormd en ontstaan oxalaationen. Als in de oplossing lithiumionen aanwezig zijn, ontstaat een neerslag van lithiumoxalaat ($Li_2C_2O_4$).

Studenten voeren een experiment uit met 5,0 L lucht afkomstig uit een niet goed geventileerde ruimte. Het volumepercentage CO_2 in de lucht is vóór behandeling 0,55 volumeprocent. Ze laten de lucht enige tijd met een oplossing van P^{2+} in aanraking komen. Vervolgens wordt het ontstane mengsel geëlektrolyseerd in aanwezigheid van lithiumionen. De massa van het ontstane neerslag van lithiumoxalaat blijkt 24 mg te zijn.

5p **5** Bereken hoeveel volumeprocent koolstofdioxide de lucht na de behandeling bevat. Neem aan dat:
- het volume van de lucht na de behandeling nog steeds 5,0 L is;
- alle lithiumoxalaat is neergeslagen;
- het molair volume voor gassen bij de proefomstandigheden 24,5 L mol^{-1} is;
- de elektrolysereactie, waarbij het complex Q^{4+} wordt geregenereerd tot P^{2+}, voor 95% is verlopen.

De studenten vragen zich af of de methode geschikt is om op grote schaal het broeikaseffect te bestrijden. Om een afweging te kunnen maken, hebben ze op een aantal vragen nog antwoorden nodig. Ze sturen een e-mail naar de onderzoekers, waarin ze enkele vragen stellen over het proces.

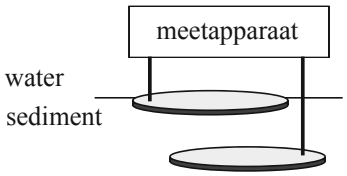
2p **6** Schrijf twee vragen op die de studenten in een dergelijke e-mail aan de onderzoekers kunnen stellen:
- één over een scheikundig en/of technologisch aspect;
- één over een toxicologisch en/of duurzaamheidsaspect.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Modderstroom

Sedimentbrandstofcellen zijn elektrische cellen op de zeebodem. Ze maken gebruik van verschillen in concentraties van stoffen in de zeebodem. Ze voorzien apparaatjes van stroom, zoals meetapparatuur in internationale wateren. Een sedimentbrandstofcel bestaat uit twee met het meetapparaat verbonden elektroden. Eén elektrode bevindt zich in de bovenste laag van het sediment, de andere iets dieper. In figuur 1 is een sedimentbrandstofcel schematisch weergegeven.

figuur 1



Aan de bovenste elektrode reageert zuurstof met water volgens

$$O_2 + 2\,H_2O + 4\,e^- \rightarrow 4\,OH^-$$

Aan de onderste elektrode reageert waterstofsulfide (H_2S) in de bodem tot vast zwavel (S) en H^+.

3p **7** Geef de vergelijking van de halfreactie van waterstofsulfide en geef de totaalvergelijking.

4p **8** Bereken hoeveel gram waterstofsulfide moet worden omgezet om een sedimentbrandstofcel een jaar lang een stroom van 1,0 mA te laten leveren. Je mag er in deze berekening van uitgaan dat er voldoende zuurstof aanwezig is. Gegeven: 1 A = 1 C s^{-1}. Maak gebruik van Binas-tabel 7.

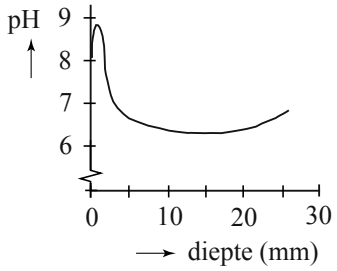
Lars Peter Nielsen, een onderzoeker uit Denemarken, heeft bodemmonsters uit de haven van Aarhus onderzocht om de werking van de sedimentbrandstofcel beter te begrijpen. Hij ontdekte dat het bovenste deel van de bodem uit drie sedimentlagen bestaat. In de bovenste laag (ruim 1 cm dik) is veel zuurstof aanwezig. Hier bevinden zich geen zwavel of zwavelverbindingen zoals waterstofsulfide. In de onderste laag is geen zuurstof aanwezig, maar bevinden zich wel zwavelverbindingen. In de middelste laag (1,2 à 1,9 cm dik) zijn veel organische verbindingen aanwezig die in een halfreactie met water reageren tot koolstofdioxide, waarbij H^+ ontstaat.

2p **9** Geef de vergelijking van de halfreactie die in de middelste laag plaatsvindt. Geef de organische verbindingen weer met de algemene formule $(CH_2O)_n$.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Nielsen mat de pH op verschillende dieptes in het sediment. De resultaten van de metingen zijn weergegeven in figuur 2.

figuur 2



Onder andere uit deze resultaten concludeerde hij dat de halfreacties van zuurstof en waterstofsulfide gescheiden van elkaar plaatsvinden, ook als er geen sedimentbrandstofcel in de sedimentlagen aanwezig is.

3p **10** Leg uit waarom deze conclusie door de resultaten in figuur 2 ondersteund wordt.

Tussen de verschillende sedimentlagen bewegen ionen, afhankelijk van hun lading, naar boven of naar beneden.

2p **11** Leg uit of de positieve ionen in het sediment naar boven of naar beneden bewegen.

Nielsen ontdekte dat de afbraaksnelheid van H_2S in de onderste sedimentlaag direct veranderde als de concentratie zuurstof in de bovenste laag veranderde. Deze lagen moeten daarom wel via een snelle verbinding met elkaar in contact staan. Dit is niet te verklaren uit ionentransport omdat dat een te langzaam proces is. Blijkbaar vindt er een elektronenstroom plaats van de ene naar de andere laag. Hij bedacht hier twee mogelijke mechanismen voor:

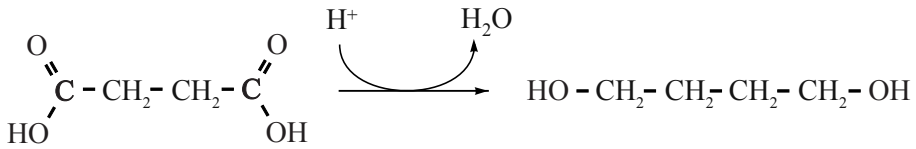
I. Het sediment bevat metaaldeeltjes die verantwoordelijk zijn voor het elektronentransport.
II. Het sediment bevat bacteriën die onderling contact maken en voor elektronentransport zorgen.

2p **12** Beschrijf een experiment waarmee je kunt onderzoeken of bacteriën betrokken zijn bij de stroomgeleiding.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

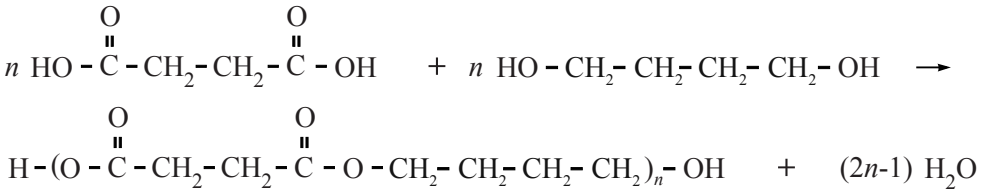
Barnsteenzuur uit glucose

Barnsteenzuur (butaandizuur) is een belangrijk product van de petrochemische industrie. Het dient onder andere als grondstof voor verschillende polymeren, zoals PBS. PBS is een condensatiepolymeer van barnsteenzuur en 1,4-butaandiol. Het benodigde 1,4-butaandiol wordt ook bereid uit barnsteenzuur. De halfvergelijking van de redoxreactie die hierbij verloopt, is hieronder schematisch weergegeven.



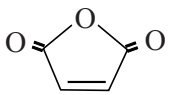
2p **13** Leg uit of in de reactie van barnsteenzuur tot 1,4-butaandiol het barnsteenzuur de oxidator is of de reductor.

In een fabriek waar PBS geproduceerd wordt, is barnsteenzuur de enige koolstofhoudende grondstof. In de fabriek wordt uit barnsteenzuur het eveneens benodigde 1,4-butaandiol geproduceerd, waarna de polymerisatie wordt uitgevoerd. De reactievergelijking voor de vorming van PBS uit barnsteenzuur en 1,4-butaandiol is:



3p **14** Bereken hoeveel kg barnsteenzuur in totaal nodig is om 1,0 kg PBS te maken volgens bovenstaande methode.

Traditioneel wordt barnsteenzuur gemaakt uit butaan, een ander product uit de petrochemische industrie. Deze synthese verloopt in drie stappen. In de eerste stap van de synthese van barnsteenzuur wordt butaan met behulp van zuurstof omgezet in MZA en water. De schematische structuurformule van MZA is hiernaast afgebeeld.



MZA

3p **15** Geef in molecuulformules de vergelijking van de reactie tussen butaan en zuurstof, waarbij MZA en water ontstaan.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

In de tweede reactiestap wordt MZA met behulp van stof X omgezet in buteendizuur. Van buteendizuur bestaan twee stereo-isomeren. Bij deze reactiestap ontstaat slechts één van die stereo-isomeren.
In de derde stap wordt dit isomeer met behulp van stof Y omgezet in barnsteenzuur.

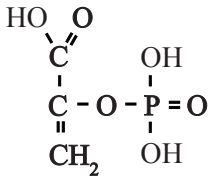
3p **16** Geef de namen van de twee stereo-isomeren van buteendizuur en leg uit welke van de twee stereo-isomeren in stap 2 ontstaat.

3p **17** Geef de namen van de stoffen X en Y en geef aan welk type reactie de derde stap van dit proces is, waarbij barnsteenzuur ontstaat.

Bij de beschreven ‘petrochemische route’ om barnsteenzuur te maken zijn omstandigheden als hoge temperatuur en hoge druk nodig. Onder andere om die reden is men op zoek naar een milieuvriendelijker manier om barnsteenzuur te maken. DSM en het Franse zetmeelconcern Roquette werken samen aan een nieuw biotechnologisch proces voor de synthese van barnsteenzuur. In de experimenten wordt uitgegaan van onder andere glucose als biomassa. Het biochemische proces om van glucose barnsteenzuur te maken, is bekend en wordt schematisch als volgt weergegeven:

glucose → PEP → oxaalazijnzuur → barnsteenzuur

De afkorting PEP staat voor enolpyrodruivenzuurfosfaat. PEP heeft de volgende structuurformule:



PEP

In de tweede stap wordt PEP met behulp van koolstofdioxide en water omgezet tot oxaalazijnzuur. Bij deze reactie ontstaat nog één andere stof.

3p **18** Geef de reactievergelijking van de reactie van PEP tot oxaalazijnzuur. Noteer daarin PEP en oxaalazijnzuur in structuurformules.
Gebruik de volgende gegevens:
- de systematische naam van oxaalazijnzuur is oxobutaandizuur;
- het voorvoegsel ‘oxo’ geeft aan dat in het molecuul de groep C=O aanwezig is.

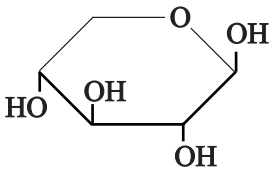
1p **19** Geef aan hoeveel mol glucose minimaal nodig is om 1 mol barnsteenzuur te maken. Alle C-atomen van glucose worden gebruikt om PEP te vormen.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Bio-ethanol uit stro

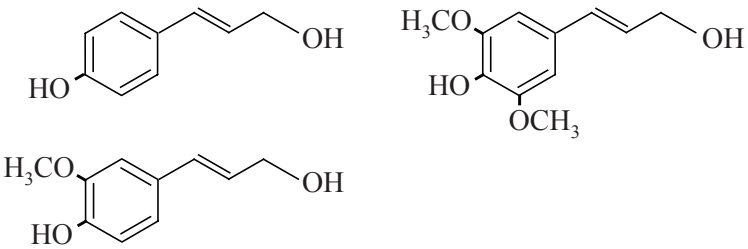
Eerste-generatie bio-ethanol werd geproduceerd uit suiker, afkomstig van eetbare gewassen. Tweede-generatie bio-ethanol wordt geproduceerd uit oneetbare, houtachtige gewassen zoals stro. De voornaamste bestanddelen van stro zijn cellulose, hemicellulose en lignine.

Cellulose en hemicellulose zijn ketenpolymeren, opgebouwd uit monosachariden. Bij cellulose is dit uitsluitend het monosacharide glucose, een zogenoemd C6-sacharide, omdat er zes koolstofatomen in een glucose-molecuul zitten. Hemicellulose is daarentegen opgebouwd uit zowel C5- als C6-monosachariden. De monosachariden zijn op eenzelfde manier aan elkaar gekoppeld als bij cellulose. Het belangrijkste monosacharide in hemicellulose is xylose.
De schematische structuurformule van xylose is hiernaast afgebeeld.



3p **20** Teken de structuurformule van een fragment uit het midden van een (onvertakte) hemicellulose-keten. Het fragment moet uit twee xylose-eenheden zijn opgebouwd. Gebruik een vergelijkbare notatie zoals hierboven voor de structuurformule van xylose is gebruikt.

Lignine is een netwerkpolymeer. Het wordt in planten gevormd door een polymerisatie van verschillende monolignolen. De drie meest voorkomende monolignolen zijn hieronder weergegeven.



De biosynthese van monolignolen gaat uit van twee aminozuren.

2p **21** Geef de namen van deze twee aminozuren die door planten gebruikt worden om monolignolen te produceren.

In een proeffabriek voor de tweede-generatie bio-ethanol wordt cellulose afkomstig van stro met behulp van enzymen afgebroken tot monosachariden. Hemicellulose wordt afgebroken tot sachariden met kortere ketens en lignine wordt in dit proces niet afgebroken.

1p **22** Geef een mogelijke verklaring voor het feit dat de enzymen die cellulose en hemicellulose afbreken, lignine niet kunnen afbreken.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

De afbraak van cellulose kan worden weergegeven met de volgende reactievergelijking:

$$(C_6H_{10}O_5)_n + n\,H_2O \rightarrow n\,C_6H_{12}O_6$$

Vervolgens wordt het ontstane glucose door bakkersgist omgezet tot ethanol:

$$C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2\,CO_2 + 2\,C_2H_6O$$

De proeffabriek verwerkt op deze manier jaarlijks 30.000 ton stro tot 5,4 miljoen liter ethanol.

4p **23** Bereken het rendement voor de omzetting van cellulose tot ethanol.
Ga ervan uit dat:
- de ethanol-opbrengst uit hemicellulose te verwaarlozen is;
- het gebruikte stro 35,0 massa% cellulose bevat;
- de dichtheid van ethanol 0,80 kg L^{-1} bedraagt;
- 1 ton $1 \cdot 10^6$ g is.

Een hoog rendement in de productie van tweede-generatie bio-ethanol wordt onder meer bereikt door het stro voor te behandelen met stoom, waardoor cellulose beter enzymatisch afbreekbaar wordt.
Het stro wordt hierbij in een reactor (reactor 1) geleid. Tevens wordt stoom reactor 1 ingeleid. Hierdoor wordt het hemicellulose omgezet tot sachariden met kortere ketens en andere afbraakproducten, maar wordt cellulose nauwelijks afgebroken.
In reactor 1 ontstaat afvalwater, waarin mineralen uit het stro en de afbraakproducten van hemicellulose zijn opgelost.
Het afvalwater wordt de reactor uitgeleid en deels ingedampt in ruimte A.
De stroperige vloeistof die ontstaat bevat voornamelijk korte ketens van C5-monosachariden en wordt C5-melasse genoemd. Deze C5-melasse kan worden gebruikt in veevoer.

2p **24** Geef de namen van de twee scheidingsmethoden die in reactor 1 worden toegepast.

Het voorbehandelde stro afkomstig uit reactor 1 bevat geen hemicellulose meer. Het mengsel wordt naar reactor 2 geleid. In reactor 2 vindt met behulp van enzymen gedeeltelijke hydrolyse van cellulose tot glucose en andere sachariden met korte ketens plaats. Glucose remt de werking van deze enzymen.
Het in reactor 2 ontstane mengsel, vezelpulp genaamd, wordt naar reactor 3 geleid, waar er gist aan wordt toegevoegd. In deze reactor gaat de afbraak van cellulose en andere sachariden door de enzymen nog steeds door. De CO_2 die ontstaat bij het gisten wordt direct afgevangen en opgeslagen.
Het tegelijkertijd plaatsvinden van de enzymatische afbraak van cellulose en het gisten is voordelig voor de snelheid waarmee ethanol gevormd wordt.

3p **25** Leg uit waarom het voordelig is voor de snelheid waarmee ethanol gevormd wordt als de afbraak van cellulose en het gisten tegelijkertijd plaatsvinden.

Let op: de laatste vraag van dit examen staat op de volgende pagina.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Het uit reactor 3 afkomstige mengsel, vezelbier genaamd, wordt in een destillatietoren geleid waar ethanol wordt afgescheiden. Het residu van de destillatie, vezelafval genaamd, wordt gescheiden in ruimte B in een vaste en een vloeibare fractie. De vaste fractie bevat voornamelijk lignine. Dit wordt in ruimte C gedroogd en tot korrels samengeperst. De vloeibare fractie wordt naar reactor 2 geleid. Ook al het in het proces vrijgekomen water wordt teruggeleid naar reactor 2.

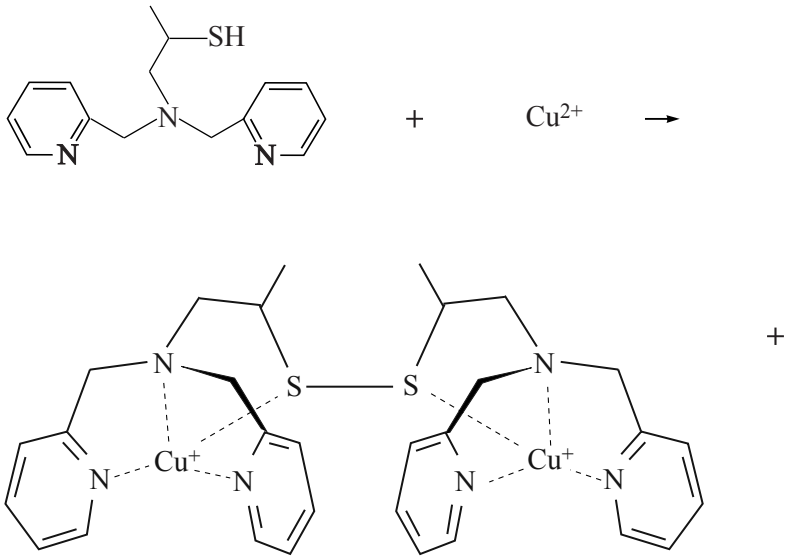
4p **26** Op de uitwerkbijlage is het onvolledige blokschema van de ethanolfabriek weergegeven. Maak het blokschema af door blokken en pijlen met stofstromen toe te voegen.
Noteer hierin:
– de destillatietoren met een blok;
– stofnamen bij de pijlen/stofstromen.
Stofstromen voor enzymen en gist hoeven niet te worden getekend.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

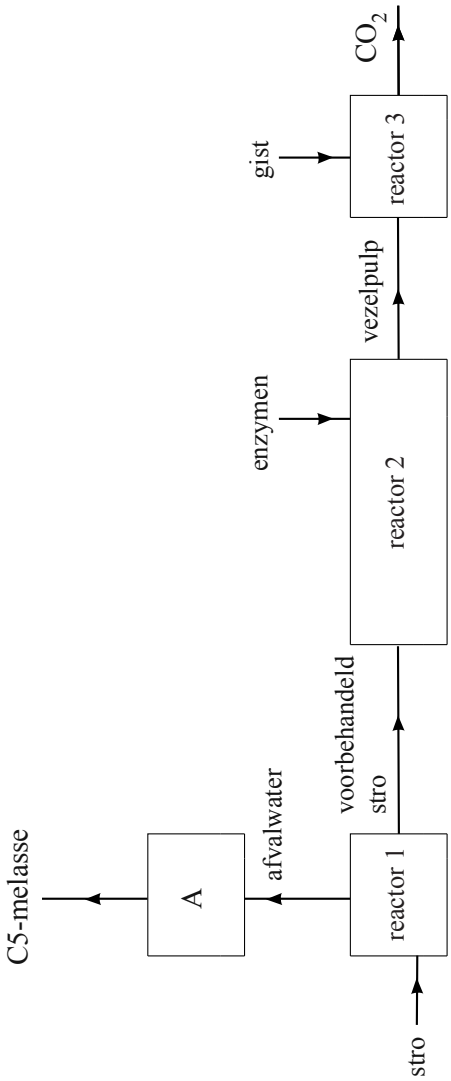
uitwerkbijlage

Naam kandidaat _____ Kandidaatnummer _____

1



Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.



VERGEET NIET DEZE UITWERKBIJLAGE IN TE LEVEREN

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Examen VWO

2011

tijdvak 1
dinsdag 17 mei
13.30 - 16.30 uur

scheikunde

tevens oud programma **scheikunde 1,2**

Bij dit examen hoort een uitwerkbijlage.

Dit examen bestaat uit 27 vragen.
Voor dit examen zijn maximaal 67 punten te behalen.
Voor elk vraagnummer staat hoeveel punten met een goed antwoord behaald kunnen worden.

Als bij een vraag een verklaring, uitleg, berekening of afleiding gevraagd wordt, worden aan het antwoord meestal geen punten toegekend als deze verklaring, uitleg, berekening of afleiding ontbreekt.

Geef niet meer antwoorden (redenen, voorbeelden e.d.) dan er worden gevraagd. Als er bijvoorbeeld twee redenen worden gevraagd en je geeft meer dan twee redenen, dan worden alleen de eerste twee in de beoordeling meegeteld.

VW-1028-a-11-1-o

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Ureum

Ureum, $H_2N-\overset{\overset{\large O}{\|}}{C}-NH_2$, en ammoniumnitraat zijn beide stikstofmeststoffen. Ureum is minder gevaarlijk dan het explosieve ammoniumnitraat.

3p **1** Is het massapercentage N in ureum hoger dan, of gelijk aan, of lager dan het massapercentage N in ammoniumnitraat? Geef een verklaring voor je antwoord.

In de industrie wordt ureum gemaakt uit de grondstoffen koolstofdioxide en ammoniak. De synthese verloopt in twee reactiestappen.
In de eerste stap ontstaat, in een evenwichtsreactie, de stof ammoniumcarbamaat:

$$CO_2 + 2\ NH_3 \rightleftharpoons \underset{\text{ammoniumcarbamaat}}{H_2N-\overset{\overset{\large O}{\|}}{C}-ONH_4} \qquad \text{(evenwicht 1)}$$

In de tweede stap wordt het ammoniumcarbamaat omgezet tot ureum en water. Ook dit is een evenwichtsreactie:

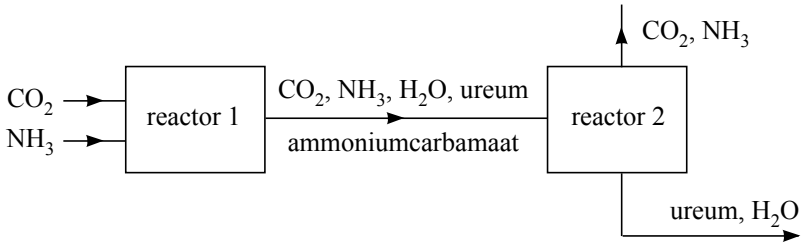
$$H_2N-\overset{\overset{\large O}{\|}}{C}-ONH_4 \rightleftharpoons H_2N-\overset{\overset{\large O}{\|}}{C}-NH_2 + H_2O \qquad \text{(evenwicht 2)}$$

Beide stappen verlopen in één reactievat. De omstandigheden in het reactievat zijn zodanig dat ammoniumcarbamaat en ureum vloeibaar zijn.
De reactie naar rechts van evenwicht 1 is exotherm.
De reactie naar rechts van evenwicht 2 is endotherm.

In een bepaald type ureumfabriek worden koolstofdioxide en ammoniak in de molverhouding $CO_2 : NH_3$ = 1,00 : 2,95 in de reactor geleid. Onder de omstandigheden die in de reactor heersen, wordt 60% van het koolstofdioxide omgezet.

2p **2** Bereken de molverhouding $CO_2 : NH_3$ waarin deze stoffen de reactor verlaten.

Hieronder is een deel van het blokschema weergegeven van deze ureumsynthese. Dit blokschema is ook afgebeeld op de uitwerkbijlage die bij deze opgave hoort.



Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

In reactor 1 vinden de beide hiervoor vermelde evenwichtsreacties plaats (evenwicht 1 en evenwicht 2). Vanwege de optredende evenwichten komt uit reactor 1 een mengsel van koolstofdioxide, ammoniak, water, ureum en ammoniumcarbamaat. De omstandigheden in reactor 2 zijn zodanig dat het ammoniumcarbamaat hierin wordt omgezet tot ammoniak en koolstofdioxide: evenwicht 1 loopt af naar links. Doordat de omstandigheden in reactor 2 verschillen van de omstandigheden in reactor 1, wordt ook de ligging van evenwicht 2 beïnvloed. De reacties van evenwicht 2 verlopen echter veel langzamer dan de reacties van evenwicht 1, daarom mag worden aangenomen dat de omzetting van ammoniumcarbamaat tot koolstofdioxide en ammoniak de enige reactie is die in reactor 2 plaatsvindt.

4p **3** Hoe moeten de omstandigheden in reactor 2 zijn om te bewerkstelligen dat hierin het ammoniumcarbamaat wordt omgezet tot koolstofdioxide en ammoniak? Bespreek twee factoren. Geef een verklaring voor je antwoord.

Uit het mengsel dat in reactor 2 ontstaat, zijn het koolstofdioxide en de ammoniak gemakkelijk te scheiden van het ureum en het water. Het koolstofdioxide en de ammoniak wil men terugvoeren naar reactor 1. Om technische redenen is het echter noodzakelijk om deze gassen eerst te scheiden en ze vervolgens afzonderlijk terug te voeren naar reactor 1. Om het koolstofdioxide en de ammoniak van elkaar te scheiden, leidt men deze gassen in een reactor, reactor 3. In deze reactor wordt tevens een oplossing van zwavelzuur geleid. De ammoniak reageert in deze oplossing, het koolstofdioxide niet.
De oplossing die in reactor 3 ontstaat, wordt naar een volgende reactor, reactor 4, geleid. In reactor 4 wordt tevens een oplossing van een stof Y geleid. Bij de reactie die in reactor 4 optreedt, komt de ammoniak weer vrij.

1p **4** Geef de formule van een stof Y die, in opgeloste vorm, kan worden gebruikt in reactor 4.

3p **5** Maak het blokschema af dat op de uitwerkbijlage bij deze opgave is gegeven.
- Gebruik daarvoor:
  - een blok voor reactor 3;
  - een blok voor reactor 4;
  - lijnen met pijlen voor de stofstromen die reactor 3 en reactor 4 ingaan en verlaten.
- Zet bij de zelfgetekende stofstromen de formules van de stoffen of soorten deeltjes die bij die stofstromen horen.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Wat is er mis aan spinazie met vis?

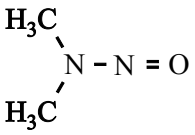
Onderstaand tekstfragment is ontleend aan de website van het Voedingscentrum.

Tekstfragment

Nitraat en nitriet
Nitraat is een stof die van nature in drinkwater en groente voorkomt. Het is nauwelijks schadelijk voor mensen. Door het bewaren, bereiden of het eten van groente wordt nitraat gedeeltelijk omgezet in nitriet. Nitriet kan de beschikbaarheid van zuurstof in het bloed verminderen. Het advies is volop groente te eten, maar niet vaker dan twee keer per week nitraatrijke groenten. Ook moet nitraatrijke groente, zoals spinazie, niet samen met vis, schaal- of schelpdieren worden gegeten. Dit voorkomt de vorming van mogelijk mutagene nitrosamines in het lichaam.

2p **6** Wat voor soort deeltje is nodig voor de omzetting van nitraat tot nitriet? Maak een keuze uit: base, oxidator, reductor en zuur. Geef een verklaring voor je antwoord.

Nitrosamines worden gekenmerkt door de aanwezigheid van de groep N = O in de moleculen. Een voorbeeld van een nitrosamine is N-nitrosodimethylamine:



N-nitrosodimethylamine

Moleculen N-nitrosodimethylamine kunnen ontstaan uit moleculen dimethylamine en zogenoemde nitrosylionen: NO^+. Behalve moleculen N-nitrosodimethylamine ontstaat één andere soort deeltjes.
Dimethylamine is een stof die in vis en schaal- en schelpdieren voorkomt.

2p **7** Geef de vergelijking van de reactie tussen moleculen dimethylamine en nitrosylionen. Gebruik structuurformules voor de organische stoffen.

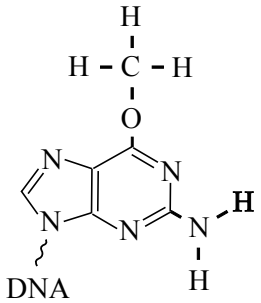
Nitrosylionen ontstaan wanneer nitriet in zuur milieu, bijvoorbeeld in de maag, terechtkomt. Behalve NO^+ ontstaat één andere stof.

3p **8** Geef de reactievergelijking voor de vorming van NO^+ uit nitriet in zuur milieu.

Door nitrosamines kunnen veranderingen (mutaties) ontstaan in het DNA van organismen. Zo kan N-nitrosodimethylamine met een guanine-eenheid in een DNA-molecuul reageren. Aan het zuurstofatoom van de guanine-eenheid wordt dan een methylgroep gebonden.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

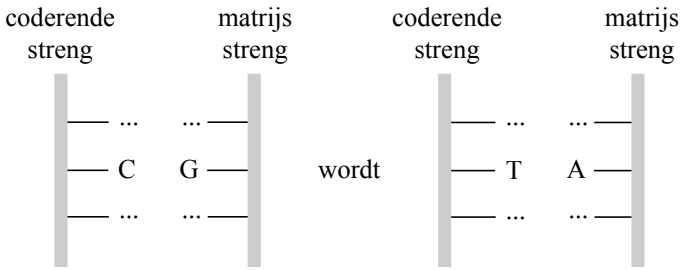
Zo'n gemethyleerde guanine-eenheid heeft de volgende structuurformule:



Op de uitwerkbijlage die bij deze opgave hoort, is deze formule ook afgebeeld.
In DNA zijn guanine-eenheden in de ene streng via waterstofbruggen gekoppeld aan cytosine-eenheden in de andere streng. Zie Binas-tabel 70B.
In de cel wordt het DNA regelmatig vernieuwd. Daarbij gaat de dubbele helix open. Aan elk van beide strengen wordt dan een nieuwe complementaire keten gevormd. Wanneer in de matrijsstreng van het oorspronkelijke DNA een gemethyleerde guanine-eenheid voorkomt, wordt daartegenover in de nieuwe complementaire keten (de coderende streng) geen cytosine-eenheid ingebouwd, maar een thymine-eenheid. Bij de volgende vernieuwing van dit DNA wordt tegenover de thymine-eenheid een adenine-eenheid in de matrijsstreng ingebouwd.

3p **9** Geef op de uitwerkbijlage bij deze opgave weer hoe een thymine-eenheid is gekoppeld met een gemethyleerde guanine-eenheid. Geef hierin de waterstofbruggen weer met stippellijntjes (· · · ·).

Deze verandering (mutatie) van een C – G basenpaar naar een T – A basenpaar kan als volgt schematisch worden weergegeven:



Zo'n verandering kan ingrijpende gevolgen hebben voor de eiwitsynthese. De hierboven beschreven mutatie zou zich bijvoorbeeld kunnen bevinden op een plaats in een gen waar de genetische informatie voor het aminozuur glutamine (Gln) in een bepaald enzym had moeten zitten. Dan wordt in het desbetreffende enzym geen Gln ingebouwd, maar gebeurt er iets totaal anders. Er zal dan een eiwit ontstaan dat de beoogde enzymwerking niet bezit.

4p **10** Leg, uitgaande van één van de codons van Gln, uit wat in het hierboven beschreven geval dan gebeurt. Gebruik gegevens uit deze opgave en uit Binas-tabel 70.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Maar er is ook goed nieuws. Alle organismen, van bacteriën tot zoogdieren, bezitten een enzym dat ervoor zorgt dat beschadigingen aan het DNA zoals de methylering van guanine-eenheden, worden gerepareerd. Dat is het enzym AlkylGuanine-DNA alkylTransferase. De aminozuurvolgorde in dit reparatie-enzym verschilt voor verschillende soorten organismen. Maar in het reparatie-enzym van alle onderzochte organismen zit op plaats 128 een arginine-eenheid, op plaats 137 een asparagine-eenheid en komt op de plaatsen 144 tot en met 147 de reeks $\sim \mathrm{Pro} - \mathrm{Cys} - \mathrm{His} - \mathrm{Arg} \sim$ voor. Op deze combinatie van aminozuureenheden berust de werking van het reparatie-enzym.

3p **11** Geef het gedeelte $\sim \mathrm{Pro} - \mathrm{Cys} - \mathrm{His} - \mathrm{Arg} \sim$ in structuurformule weer.

Bij de werking van het reparatie-enzym zorgen de aminozuren Arg-128 en Asn-137 ervoor dat het enzym aan het beschadigde DNA wordt gebonden. Het Cys-145 voert daarna de reparatie van de guanine-eenheid uit. De $\mathrm{S} - \mathrm{H}$ groep van de cysteïne-eenheid wordt daarbij omgezet tot een $\mathrm{S} - \mathrm{CH_3}$ groep.

2p **12** Geef op de uitwerkbijlage bij deze opgave deze reparatie van een gemethyleerde guanine-eenheid in een reactievergelijking met structuurformules weer. Noteer daarin het reparatie-enzym met de actieve cysteïne-eenheid als $\mathrm{Enz} - \mathrm{Cys} - \mathrm{S} - \mathrm{H}$.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Sulfaat in afvalwater

In rioolwater en industrieel afvalwater komt sulfaat (SO_4^{2-}) voor. Onder anaërobe (zuurstofloze) omstandigheden kunnen bacteriën sulfaat omzetten tot het waterstofsulfide-ion (HS^-). HS^- is een zogenoemd amfolyt.

2p **13** Leg uit of een oplossing van natriumwaterstofsulfide ($NaHS$) in water zuur of basisch is. Vermeld in je uitleg getalwaarden uit Binas waarop je je conclusie baseert.

Bij lage pH-waarden zal in een oplossing waarin HS^- voorkomt H_2S ontstaan. Dit is een gas dat onaangenaam ruikt (rotte eieren) en bovendien giftig is. Het ontstaan van H_2S kan worden tegengegaan door de pH te verhogen van een oplossing waarin HS^- voorkomt. In de industrie wordt dit gedaan door kalkmelk aan afvalwater toe te voegen.
Kalkmelk kan men bereiden door een overmaat calciumoxide in water te brengen. Per liter water wordt dan 50 gram calciumoxide toegevoegd. Er zal dan een suspensie van calciumhydroxide ontstaan met een pH van 12,32 (298 K).

5p **14** Bereken hoeveel gram calciumhydroxide per liter in een dergelijke suspensie in vaste vorm aanwezig is. Je mag aannemen dat al het calciumoxide met water heeft gereageerd.

De door bacteriën uitgevoerde omzetting van SO_4^{2-} tot HS^- is een redoxreactie. Sulfaat reageert hierbij als oxidator. De reductor is in veel gevallen acetaat (ethanoaat). De vergelijking van de halfreactie van acetaat kan als volgt worden weergegeven:

$$CH_3COO^- + 4\ H_2O \rightarrow 2\ HCO_3^- + 9\ H^+ + 8\ e^-$$

3p **15** Geef de vergelijking van de halfreactie van sulfaat. In deze vergelijking komen behalve SO_4^{2-} en HS^- onder andere ook H^+ en H_2O voor.

2p **16** Leid met behulp van de vergelijkingen van beide halfreacties de totale reactievergelijking af voor deze bacteriële omzetting van SO_4^{2-} tot HS^-.

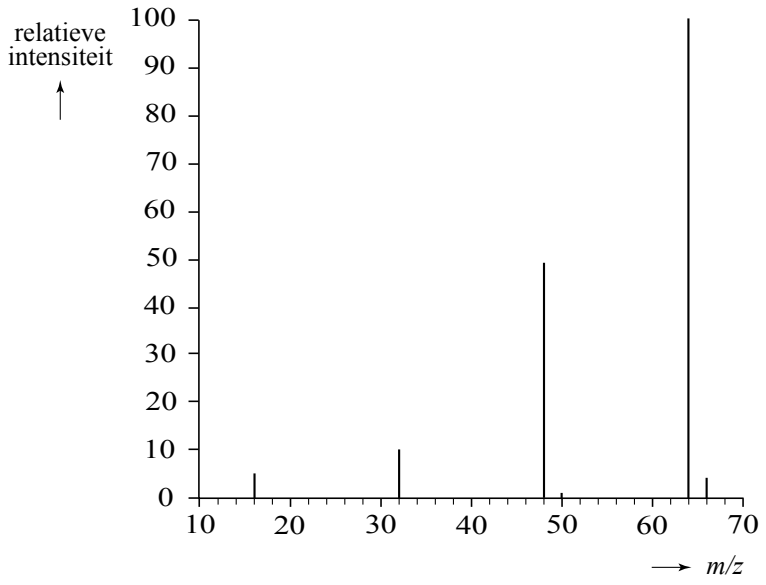
Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Van de atoomsoort zwavel komen in de natuur meerdere stabiele isotopen voor. In onderstaande tabel staan gegevens van de twee meest voorkomende zwavelisotopen. In het vervolg van deze opgave mogen andere zwavelisotopen buiten beschouwing worden gelaten.

	^{32}S	^{34}S
atoommassa (u)	31,97207	33,96787
voorkomen in de natuur (%)	95,02	4,21

Als gevolg van het voorkomen van deze zwavelisotopen bestaan er dus sulfaationen met ^{32}S en met ^{34}S. Uit onderzoek is gebleken dat bij de bacteriële omzetting van SO_4^{2-} tot HS^- zogenoemde isotoopfractionering optreedt. Bacteriën blijken van één van de twee isotopen meer te gebruiken dan van de andere. Dit betekent dat wanneer aan bacteriën een sulfaatoplossing wordt aangeboden waarin SO_4^{2-} met een bepaalde $^{34}S/^{32}S$ verhouding voorkomt, deze isotoopverhouding in het niet omgezette SO_4^{2-} na verloop van tijd zal zijn veranderd. Bovendien is dan ook de $^{34}S/^{32}S$ verhouding in het ontstane HS^- anders dan de oorspronkelijke verhouding in het SO_4^{2-}.
Bij een experiment om deze isotoopfractionering te onderzoeken, werd een Na_2SO_4 oplossing aan een bacteriekweek aangeboden. Op verschillende tijdstippen werd een monster van de bacteriekweek genomen. Het eerste monster werd direct na toevoeging van de Na_2SO_4 oplossing genomen ($t = 0$). Het tweede monster werd enige tijd later genomen ($t = 1$). Aan de monsters werd een $BaCl_2$ oplossing toegevoegd, waardoor al het aanwezige SO_4^{2-} als $BaSO_4$ werd neergeslagen. Het ontstane mengsel werd vervolgens gefiltreerd en het $BaSO_4$ in het residu werd in een aantal stappen omgezet tot gasvormig SO_2. Het ontstane gas werd onderzocht in een massaspectrometer.
Hieronder is het massaspectrum gegeven van het gas dat ontstond na de behandeling van het eerste monster ($t = 0$).

massaspectrum



Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

De $^{34}S/^{32}S$ verhouding werd afgeleid uit de verhouding van de hoogtes van de pieken bij $m/z = 66$ en $m/z = 64$. De $^{34}S/^{32}S$ verhouding is echter niet gelijk aan de verhouding van de hoogte van de pieken bij $m/z = 66$ en $m/z = 64$.
Dat komt omdat de piek bij $m/z = 66$ niet alleen wordt veroorzaakt door deeltjes waarin ^{34}S voorkomt, maar ook door deeltjes waarin deze isotoop niet voorkomt. De verhouding van de piekhoogtes moet hiervoor worden gecorrigeerd.

2p **17** Geef de isotopensamenstelling van een deeltje dat geen ^{34}S bevat, maar dat in het massaspectrum van het ontstane gas wel bijdraagt aan de hoogte van de piek bij $m/z = 66$. Neem aan dat het onderzochte gas uitsluitend uit SO_2 bestond.

De verhouding $\frac{\text{piekhoogte bij } m/z = 66}{\text{piekhoogte bij } m/z = 64}$ in de onderzochte monsters is in onderstaande tabel weergegeven. In deze tabel is de correctie voor de aanwezigheid van andere isotopen dan ^{34}S reeds toegepast.

	$t = 0$	$t = 1$
$\frac{\text{piekhoogte bij } m/z = 66}{\text{piekhoogte bij } m/z = 64}$	0,0443	0,0452

2p **18** Leg op grond van deze resultaten uit wat bacteriën meer omzetten: $^{32}SO_4^{2-}$ of $^{34}SO_4^{2-}$.

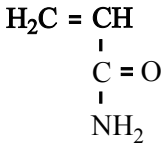
In bovengenoemd experiment is de verandering van de $^{34}S/^{32}S$ verhouding bepaald door het SO_4^{2-} te analyseren na een neerslagreactie. De verandering van de $^{34}S/^{32}S$ verhouding kun je ook achterhalen door het HS^-, dat bij de bacteriële omzetting is ontstaan, te onderzoeken. Dit gaat echter niet eenvoudig met een neerslagreactie, omdat de meeste waterstofzouten dus ook de zouten met HS^- goed oplosbaar zijn. Om toch het HS^- in een bacteriekweek via een neerslagreactie en vervolgens met massaspectrometrie van SO_2 te onderzoeken, moeten enkele bewerkingen worden uitgevoerd.

3p **19** Beschrijf een methode om, uitgaande van het HS^- in de bacteriekweek, een vast zout te verkrijgen waarmee in een vervolgonderzoek de $^{34}S/^{32}S$ verhouding kan worden bepaald. Vermeld in je beschrijving ook de namen van de stoffen en/of oplossingen die moeten worden gebruikt.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Acrylamide

Acrylamide heeft de volgende structuurformule:



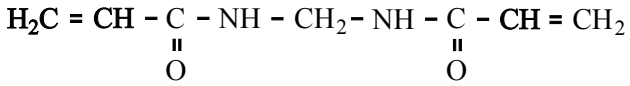
Acrylamide kan gemakkelijk polymeriseren. Door additiepolymerisatie ontstaat dan polyacrylamide. Polyacrylamide wordt onder andere als superabsorberend materiaal gebruikt. Er wordt beweerd dat polyacrylamide tot honderd maal zijn eigen massa aan water kan opnemen.

3p **20** Bereken hoeveel watermoleculen per acrylamide-eenheid zijn gebonden wanneer polyacrylamide honderd maal zijn eigen massa aan water heeft opgenomen. Geef je antwoord in twee significante cijfers.

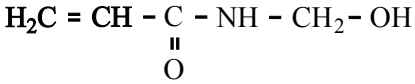
Polyacrylamide is een ketenpolymeer. Maar wanneer acrylamide polymeriseert in aanwezigheid van de stof N,N-methyleen-bisacrylamide ontstaat een netwerkpolymeer.

2p **21** Geef een gedeelte van een molecuul polyacrylamide in structuurformule weer. Dit gedeelte moet komen uit het midden van het molecuul en bestaan uit drie acrylamide-eenheden.

2p **22** Leg uit dat een netwerkpolymeer ontstaat wanneer polymerisatie optreedt in een mengsel van acrylamide en N,N-methyleen-bisacrylamide. De structuurformule van N,N-methyleen-bisacrylamide is als volgt:



Netwerkpolymeren van acrylamide en N,N-methyleen-bisacrylamide worden sinds de jaren vijftig van de vorige eeuw veel in de bouw toegepast als voegmiddel in metselwerk. Al snel na de introductie van acrylamide ontdekte men dat deze stof schadelijk kan zijn voor het zenuwstelsel. Dit was de reden waarom men ertoe overging om acrylamide te vervangen door het minder schadelijke N-methylolacrylamide. De structuurformule van N-methylolacrylamide is als volgt:



N-methylolacrylamide kan worden verkregen door reactie van acrylamide met een stof X. Bij deze reactie is N-methylolacrylamide het enige reactieproduct.

2p **23** Geef de structuurformule van de bedoelde stof X.

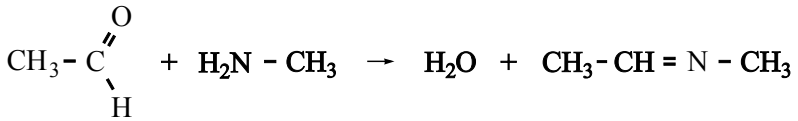
Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Tijdens de bouw van een spoorwegtunnel in Zweden kreeg men last van water dat door spleten in de tunnelwand lekte. Om deze spleten te dichten, injecteerde men ze met een mengsel van N-methylolacrylamide en N,N-methyleen-bisacrylamide en liet dat polymeriseren. Het lekken hield op, maar de tunnelarbeiders klaagden over 'verdovende prikkelingen in armen en benen'. Deze verschijnselen kwamen overeen met wat mag worden verwacht bij een acrylamide-vergiftiging.
Het mengsel van N-methylolacrylamide en N,N-methyleen-bisacrylamide werd door een Franse fabriek geleverd in vaten. Volgens de opgave van de fabrikant bevatte dit mengsel slechts een gering percentage acrylamide. Toen men echter de inhoud van de vaten in Zweden onderzocht, bleek dat het gehalte aan acrylamide in het mengsel aanzienlijk hoger was dan door de fabrikant was opgegeven.

1p **24** Geef een mogelijke chemische verklaring voor het feit dat het gehalte acrylamide hoger was dan door de fabriek was opgegeven. Neem aan dat zowel de Fransen als de Zweden het acrylamide-gehalte juist hebben bepaald en dat bij het vervoer van Frankrijk naar Zweden de vaten dicht zijn gebleven.

1p **25** Wat moet je onderzoeken aan het mengsel van N-methylolacrylamide en N,N-methyleen-bisacrylamide om je veronderstelling te toetsen?

Bij onderzoek bleek inderdaad dat de tunnelarbeiders te hoge gehaltes aan acrylamide in hun bloed hadden. Ook werd een controlegroep van mensen onderzocht die niet was blootgesteld aan het mengsel van N-methylolacrylamide en N,N-methyleen-bisacrylamide. Tot veler verrassing bleek dat de mensen uit de controlegroep ook relatief hoge gehaltes aan acrylamide in hun bloed hadden. Nader onderzoek toonde aan dat acrylamide voorkomt in veel zetmeelhoudende producten die gebakken, gegrild of gefrituurd waren, zoals patates frites, chips, koekjes en pepernoten. De grondstoffen voor deze voedingsmiddelen bevatten geen acrylamide. Het wordt naar alle waarschijnlijkheid gevormd in de zogenoemde Maillardreactie, een reactie tussen suikers en aminozuren die bij bakken, grillen en frituren zorgt voor onder andere de bruine kleur. De Maillardreactie verloopt in een aantal stappen. In de eerste stap reageert de aldehydegroep van een suikermolecuul met een NH_2 groep. Bij deze reactie ontstaan een zogenoemd imine en water. Een voorbeeld van de vorming van een imine is de reactie tussen ethanal en methaanamine:

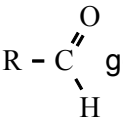


Men veronderstelt dat in de Maillardreactie waarbij acrylamide ontstaat, glucose reageert met het aminozuur asparagine. Glucosemoleculen komen behalve in de ringstructuur ook voor in een open ketenstructuur met een aldehydegroep.

Let op: de laatste vragen van dit examen staan op de volgende pagina.

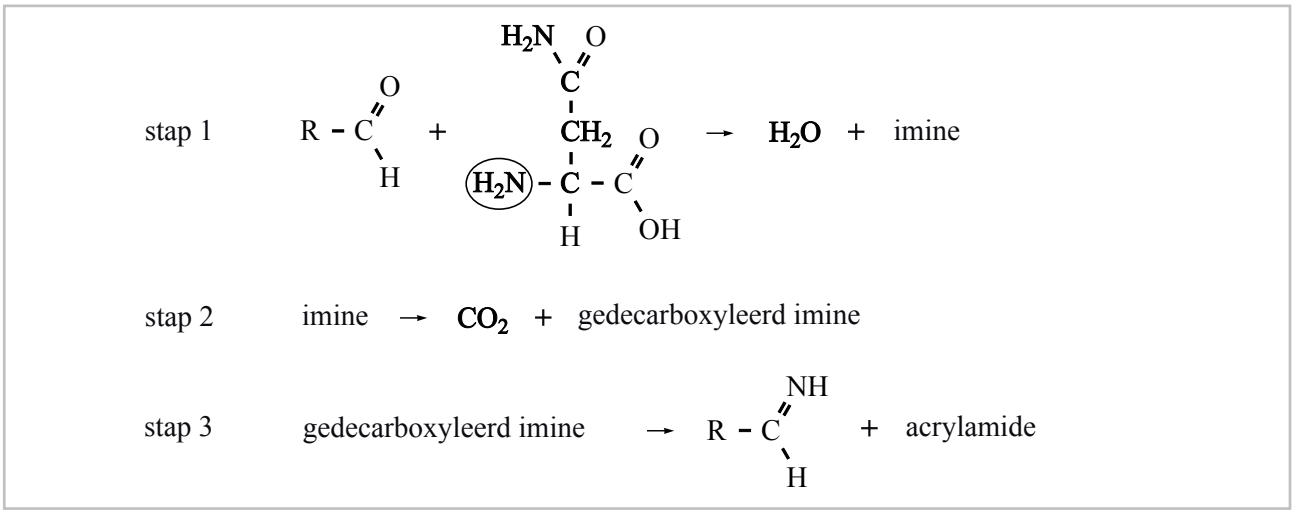
Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Voor de vorming van acrylamide uit glucose en asparagine heeft men een aantal mechanismen bedacht. Eén van die mechanismen is hieronder weergegeven.

Voor het glucosemolecuul is hierin de notatie  gebruikt.

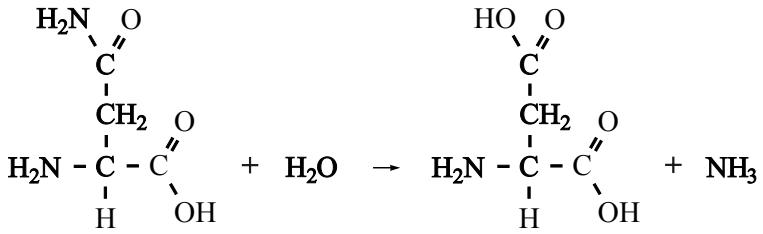
Omdat een asparaginemolecuul twee NH_2 groepen heeft, kan zo'n molecuul op twee manieren met een glucosemolecuul reageren. Alleen de reactie van een glucosemolecuul met de omcirkelde NH_2 groep leidt tot de vorming van een acrylamidemolecuul.

reactiemechanisme



3p **26** Geef de structuurformules van het imine en van het 'gedecarboxyleerde imine' die in respectievelijk stap 1 en stap 2 van de vorming van acrylamide worden gevormd. Gebruik voor de restgroep van het glucosemolecuul de notatie R.
Noteer je antwoord als volgt:
imine: …
gedecarboxyleerd imine: …

Om na te gaan of inderdaad asparagine de bron is van het ontstaan van acrylamide heeft men een onderzoek uitgevoerd waarbij gebruik is gemaakt van het enzym asparaginase. Dit enzym katalyseert de volgende reactie:



Dit onderzoek is uitgevoerd met behulp van aardappelpuree die wordt gegrild bij een temperatuur die hoog genoeg is om de Maillardreactie te laten optreden.

2p **27** Beschrijf globaal hoe je zo'n onderzoek zou kunnen uitvoeren.

Bronvermelding

Een opsomming van de in dit examen gebruikte bronnen, zoals teksten en afbeeldingen, is te vinden in het bij dit examen behorende correctievoorschrift, dat na afloop van het examen wordt gepubliceerd.

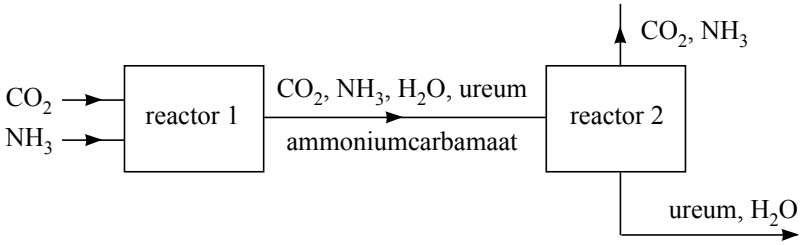
Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

scheikunde 1,2 VWO tevens oud programma

uitwerkbijlage

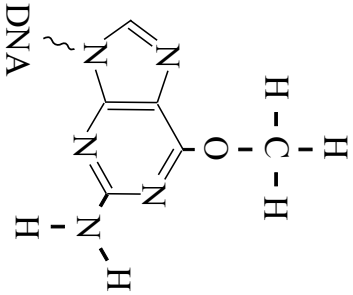
Naam kandidaat _____ Kandidaatnummer _____

5

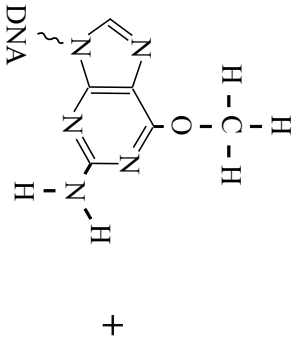


Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

9



12



+

↓

VERGEET NIET DEZE UITWERKBIJLAGE IN TE LEVEREN

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Examen VWO

2011

tijdvak 1
dinsdag 17 mei
13.30 - 16.30 uur

scheikunde (pilot)

Bij dit examen hoort een uitwerkbijlage.

Dit examen bestaat uit 26 vragen.
Voor dit examen zijn maximaal 67 punten te behalen.
Voor elk vraagnummer staat hoeveel punten met een goed antwoord behaald kunnen worden.

Als bij een vraag een verklaring, uitleg, berekening of afleiding gevraagd wordt, worden aan het antwoord meestal geen punten toegekend als deze verklaring, uitleg, berekening of afleiding ontbreekt.

Geef niet meer antwoorden (redenen, voorbeelden e.d.) dan er worden gevraagd. Als er bijvoorbeeld twee redenen worden gevraagd en je geeft meer dan twee redenen, dan worden alleen de eerste twee in de beoordeling meegeteld.

VW-1028-f-11-1-o

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Ureum, $H_2N-\overset{\overset{\large O}{\|}}{C}-NH_2$, en ammoniumnitraat zijn beide stikstofmeststoffen. Het gehalte stikstof in een meststof is van belang voor de dosering die de gebruiker moet toepassen.

3p **1** Is het massapercentage N in ureum hoger dan, of gelijk aan, of lager dan het massapercentage N in ammoniumnitraat? Geef een verklaring voor je antwoord.

In de industrie wordt ureum gemaakt uit de grondstoffen koolstofdioxide en ammoniak. De synthese verloopt in twee reactiestappen.
In de eerste stap ontstaat, in een evenwichtsreactie, de stof ammoniumcarbamaat:

$$CO_2 + 2\ NH_3 \rightleftarrows \underset{\text{ammoniumcarbamaat}}{H_2N-\overset{\overset{\large O}{\|}}{C}-ONH_4} \qquad \text{(evenwicht 1)}$$

In de tweede stap wordt het ammoniumcarbamaat omgezet tot ureum en water. Ook dit is een evenwichtsreactie:

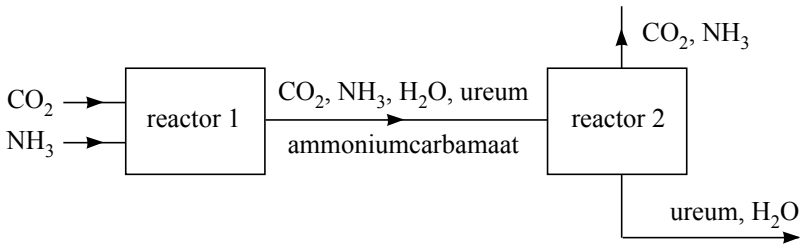
$$H_2N-\overset{\overset{\large O}{\|}}{C}-ONH_4 \rightleftarrows H_2N-\overset{\overset{\large O}{\|}}{C}-NH_2 + H_2O \qquad \text{(evenwicht 2)}$$

Beide stappen verlopen in één reactievat. De omstandigheden in het reactievat zijn zodanig dat ammoniumcarbamaat en ureum vloeibaar zijn.
De reactie naar rechts van evenwicht 1 is exotherm.
De reactie naar rechts van evenwicht 2 is endotherm.

In een bepaald type ureumfabriek worden koolstofdioxide en ammoniak in de molverhouding $CO_2 : NH_3$ = 1,00 : 2,95 in de reactor geleid. Onder de omstandigheden die in de reactor heersen, wordt 60% van het koolstofdioxide omgezet.

2p **2** Bereken de molverhouding $CO_2 : NH_3$ waarin deze stoffen de reactor verlaten.

Hieronder is een deel van het blokschema weergegeven van deze ureumsynthese. Dit blokschema is ook afgebeeld op de uitwerkbijlage die bij deze opgave hoort.



Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

In reactor 1 vinden de beide hiervoor vermelde evenwichtsreacties plaats (evenwicht 1 en evenwicht 2). Vanwege de optredende evenwichten komt uit reactor 1 een mengsel van koolstofdioxide, ammoniak, water, ureum en ammoniumcarbamaat. De omstandigheden in reactor 2 zijn zodanig dat het ammoniumcarbamaat hierin wordt omgezet tot ammoniak en koolstofdioxide: evenwicht 1 loopt af naar links. Doordat de omstandigheden in reactor 2 verschillen van de omstandigheden in reactor 1, wordt ook de ligging van evenwicht 2 beïnvloed. De reacties van evenwicht 2 verlopen echter veel langzamer dan de reacties van evenwicht 1, daarom mag worden aangenomen dat de omzetting van ammoniumcarbamaat tot koolstofdioxide en ammoniak de enige reactie is die in reactor 2 plaatsvindt.

4p **3** Hoe moeten de omstandigheden wat betreft temperatuur en druk in reactor 2 zijn om te bewerkstelligen dat hierin het ammoniumcarbamaat wordt omgezet tot koolstofdioxide en ammoniak? Geef een verklaring voor je antwoord.

Uit het mengsel dat in reactor 2 ontstaat, zijn het koolstofdioxide en de ammoniak gemakkelijk te scheiden van het ureum en het water. Het koolstofdioxide en de ammoniak wil men terugvoeren naar reactor 1. Om technische redenen is het echter noodzakelijk om deze gassen eerst te scheiden en ze vervolgens afzonderlijk terug te voeren naar reactor 1. Om het koolstofdioxide en de ammoniak van elkaar te scheiden, leidt men deze gassen in een reactor, reactor 3. In deze reactor wordt tevens een oplossing van zwavelzuur geleid. De ammoniak reageert in deze oplossing, het koolstofdioxide niet.
De oplossing die in reactor 3 ontstaat, wordt naar een volgende reactor, reactor 4, geleid. In reactor 4 wordt tevens een oplossing van natriumhydroxide geleid. Bij de reactie die in reactor 4 optreedt, komt de ammoniak weer vrij.

3p **4** Maak het blokschema af dat op de uitwerkbijlage bij deze opgave is gegeven.
- Gebruik daarvoor:
  - een blok voor reactor 3;
  - een blok voor reactor 4;
  - lijnen met pijlen voor de stofstromen die reactor 3 en reactor 4 ingaan en verlaten.
- Zet bij de zelfgetekende stofstromen de formules van de stoffen of soorten deeltjes die bij die stofstromen horen.

Door het recyclen van het koolstofdioxide en de ammoniak, is het rendement van de productie van ureum uit beide stoffen 100%. Drie oorzaken bepalen echter dat de atoomefficiëntie van het proces lager is dan 100%.

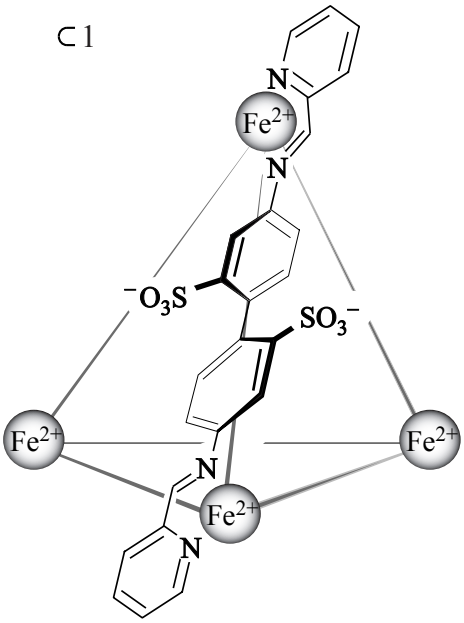
3p **5** Leg uit welke drie oorzaken bepalen dat de atoomefficiëntie lager is dan 100%.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

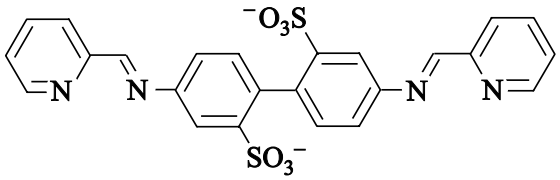
Gekooid transport van geneesmiddelen

Britse en Finse geleerden hebben een nieuwe procedure ontwikkeld voor het transport van (kwetsbare of moeilijk oplosbare) stoffen. Deze methode zou kunnen worden toegepast om geneesmiddelen zo door het lichaam te transporteren dat ze ‘ongeschonden’ op de plaats van bestemming aankomen. Het principe van deze methode is dat moleculen van de geneesmiddelen worden opgesloten in een oplosbare kooistructuur. Onderzocht is of het mogelijk is om cyclohexaan (C_6H_{12}) in onderstaand complex ion, aangeduid met $\subset 1$, op te sluiten en zo in water oplosbaar te maken.

Figuur 1: Het complexe ion $\subset 1$



Dit complex ion heeft een tetraëdervormige structuur, waarin elke ribbe wordt ingenomen door een groot ion. In de tekening is slechts één ribbe-ion weergegeven. Elk ribbe-ion bindt aan weerszijden met een Fe^{2+} ion. Om de tetraëder te kunnen vormen is het noodzakelijk dat in de ribbe-ionen de stikstofatomen op één lijn liggen, zoals in onderstaande structuurformule te zien is.



Elk ribbe-ion is in de tetraëder zo georiënteerd dat de beide sulfonaatgroepen (SO_3^-) uit de tetraëder naar buiten steken. De beide benzeenringen zijn hierdoor naar binnen gericht. Het zo gevormde $\subset 1$ is oplosbaar in water. Dat komt omdat deeltjes $\subset 1$ kunnen worden gehydrateerd.

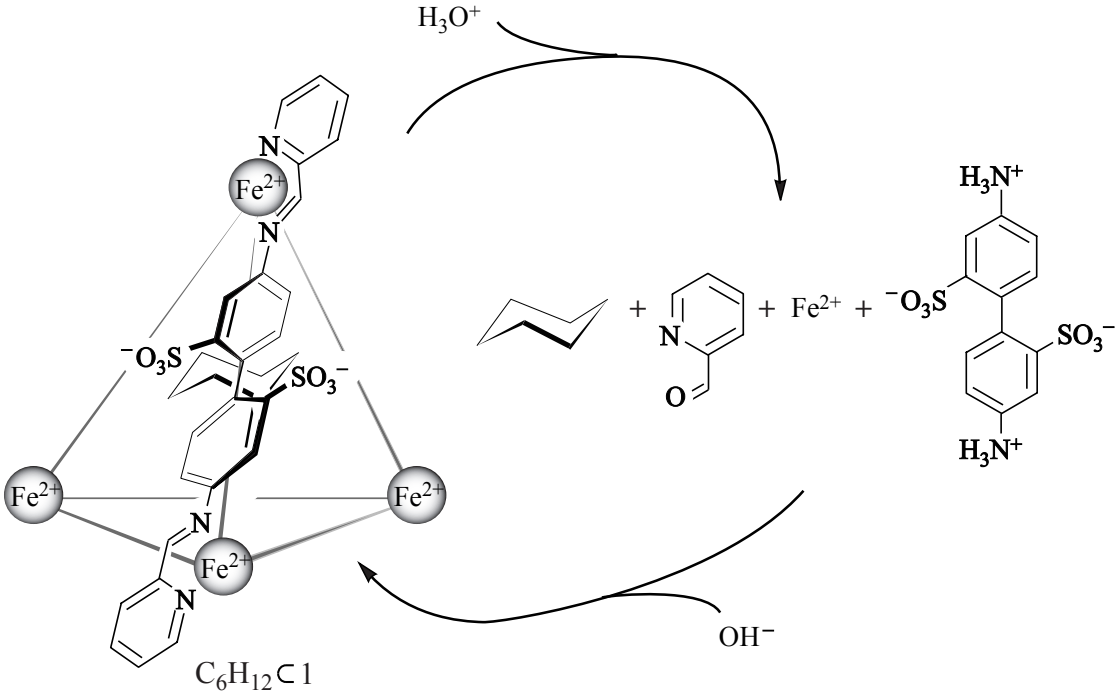
2p **6** Leg uit waarom deeltjes $\subset 1$ kunnen worden gehydrateerd.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl. Pagina: 473

Een deeltje $\subset 1$ kan één molecuul cyclohexaan opnemen. Het daarbij gevormde product wordt aangeduid met $C_6H_{12} \subset 1$. De cyclohexaanmoleculen zijn nu als het ware opgesloten in een kooi. Cyclohexaan lost niet in water op, maar $C_6H_{12} \subset 1$ wel. Door cyclohexaan om te zetten tot $C_6H_{12} \subset 1$, is het dus mogelijk om cyclohexaanmoleculen door water te transporteren. Daarbij kunnen de cyclohexaanmoleculen niet uit de kooi ontsnappen.

3p **7** Geef een verklaring voor het feit dat in een oplossing met $C_6H_{12} \subset 1$ de cyclohexaanmoleculen niet uit de kooi kunnen ontsnappen. Gebruik in je verklaring onder andere namen van bindingen.

Cyclohexaan blijkt onder specifieke omstandigheden wel vrij te kunnen komen uit $C_6H_{12} \subset 1$. Eén manier is door een zuur aan de oplossing met $C_6H_{12} \subset 1$ toe te voegen. Door vervolgens de oplossing weer neutraal of basisch te maken, ontstaat weer $C_6H_{12} \subset 1$. Dit omkeerbare proces is hieronder schematisch weergegeven.



3p **8** Leid af in welke molverhouding $C_6H_{12} \subset 1$ en H_3O^+ in deze reactie met elkaar reageren.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

In hun publicatie hebben de onderzoekers de bereiding van $C_6H_{12} \subset 1$ als volgt beschreven:

- voeg 107 mg $\subset 1$ (0,032 mmol) samen met 3,0 mL water en een overmaat cyclohexaan;
- roer en verhit het mengsel en verwijder na afloop van de reactie de ontledingsproducten en de overmaat water en cyclohexaan.

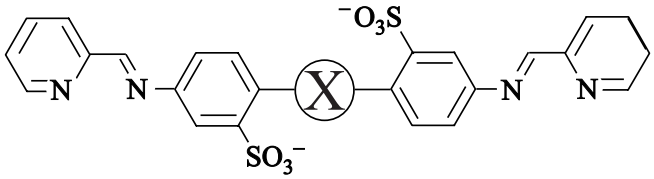
Na deze stappen bleek er 101 mg $C_6H_{12} \subset 1$ te zijn gevormd.

3p **9** Bereken het rendement van deze omzetting.

Omdat de omgeving van een tumor vaak wat zuurder is dan elders, zou een dergelijke kooistructuur heel geschikt kunnen zijn om een geneesmiddelmolecuul bij een tumor te brengen. Een probleem is echter dat de meeste moleculen van geneesmiddelen groter zijn dan een molecuul cyclohexaan. Er moet dus een nieuw complex worden ontworpen waarin grotere moleculen passen. Dit complex wordt aangeduid met $\subset 2$; een molecuul geneesmiddel opgesloten in $\subset 2$ wordt aangeduid met $\text{geneesmiddel} \subset 2$.
Als $\subset 2$ eenmaal is gemaakt, moet worden gecontroleerd of het daadwerkelijk het geneesmiddelmolecuul vasthoudt in basisch/neutraal milieu en loslaat in zuur milieu. Hiervoor dient eerst een zogenoemde *in vitro* test te worden uitgevoerd - dit is een test zonder proefdieren of proefpersonen.

2p **10** Beschrijf globaal hoe zo'n test moet worden uitgevoerd. Ga er vanuit dat $\text{geneesmiddel} \subset 2$ in vaste vorm aanwezig is.

Een groter complex kan worden verkregen door grotere ribbe-ionen met een lineaire structuur te gebruiken. Zo'n groter ribbe-ion zou kunnen worden gemaakt door tussen de benzeenringen van het oorspronkelijke ribbe-ion een groep X aan te brengen. Zie onderstaande structuurformule:



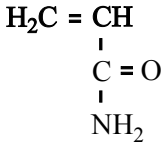
4p **11** Geef van elk van onderstaande groepen de ruimtelijke structuur en leg aan de hand daarvan uit of die groep in aanmerking komt om als groep X te gebruiken:
- $X = -(CH_2)_2-$
- $X = -(CH)_2-$
- $X = -C_2-$

.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Acrylamide

Acrylamide heeft de volgende structuurformule:



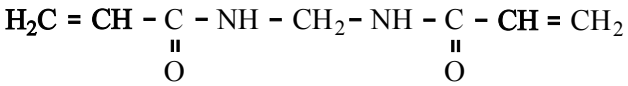
Acrylamide kan gemakkelijk polymeriseren. Door additiepolymerisatie ontstaat dan polyacrylamide. Polyacrylamide wordt onder andere als superabsorberend materiaal gebruikt. Er wordt beweerd dat polyacrylamide tot honderd maal zijn eigen massa aan water kan opnemen.

3p **12** Bereken hoeveel watermoleculen per acrylamide–eenheid zijn gebonden wanneer polyacrylamide honderd maal zijn eigen massa aan water heeft opgenomen. Geef je antwoord in twee significante cijfers.

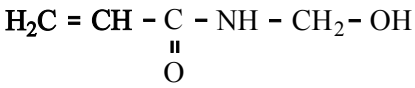
Polyacrylamide is een ketenpolymeer. Maar wanneer acrylamide polymeriseert in aanwezigheid van de stof N,N-methyleen-bisacrylamide ontstaat een netwerkpolymeer.

2p **13** Geef een gedeelte van een molecuul polyacrylamide in structuurformule weer. Dit gedeelte moet komen uit het midden van het molecuul en bestaan uit drie acrylamide–eenheden.

2p **14** Leg uit dat een netwerkpolymeer ontstaat wanneer polymerisatie optreedt in een mengsel van acrylamide en N,N-methyleen-bisacrylamide. De structuurformule van N,N-methyleen-bisacrylamide is als volgt:



Netwerkpolymeren van acrylamide en N,N-methyleen-bisacrylamide worden sinds de jaren vijftig van de vorige eeuw veel in de bouw toegepast als voegmiddel in metselwerk. Al snel na de introductie van acrylamide ontdekte men dat deze stof schadelijk kan zijn voor het zenuwstelsel. Dit was de reden waarom men ertoe overging om acrylamide te vervangen door het minder schadelijke N-methylolacrylamide. De structuurformule van N-methylolacrylamide is als volgt:



N-methylolacrylamide kan worden verkregen door reactie van acrylamide met een stof X. Bij deze reactie is N-methylolacrylamide het enige reactieproduct.

2p **15** Geef de structuurformule van de bedoelde stof X.

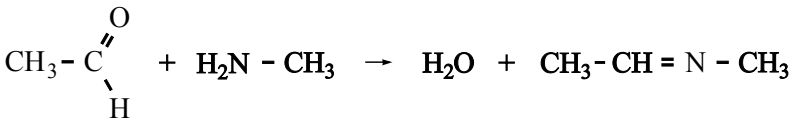
Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Tijdens de bouw van een spoorwegtunnel in Zweden kreeg men last van water dat door spleten in de tunnelwand lekte. Om deze spleten te dichten, injecteerde men ze met een mengsel van N-methylolacrylamide en N,N-methyleen-bisacrylamide en liet dat polymeriseren. Het lekken hield op, maar de tunnelarbeiders klaagden over ‘verdovende prikkelingen in armen en benen’. Deze verschijnselen kwamen overeen met wat mag worden verwacht bij een acrylamide-vergiftiging.
Het mengsel van N-methylolacrylamide en N,N-methyleen-bisacrylamide werd door een Franse fabriek geleverd in vaten. Volgens de opgave van de fabrikant bevatte dit mengsel slechts een gering percentage acrylamide. Toen men echter de inhoud van de vaten in Zweden onderzocht, bleek dat het gehalte aan acrylamide in het mengsel aanzienlijk hoger was dan door de fabrikant was opgegeven.

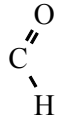
1p **16** Geef een mogelijke chemische verklaring voor het feit dat het gehalte acrylamide hoger was dan door de fabriek was opgegeven. Neem aan dat zowel de Fransen als de Zweden het acrylamide-gehalte juist hebben bepaald en dat bij het vervoer van Frankrijk naar Zweden de vaten dicht zijn gebleven.

1p **17** Wat moet je onderzoeken aan het mengsel van N-methylolacrylamide en N,N-methyleen-bisacrylamide om je veronderstelling te toetsen?

Bij onderzoek bleek inderdaad dat de tunnelarbeiders te hoge gehaltes aan acrylamide in hun bloed hadden. Ook werd een controlegroep van mensen onderzocht die niet was blootgesteld aan het mengsel van N-methylolacrylamide en N,N-methyleen-bisacrylamide. Tot veler verrassing bleek dat de mensen uit de controlegroep ook relatief hoge gehaltes aan acrylamide in hun bloed hadden. Nader onderzoek toonde aan dat acrylamide voorkomt in veel zetmeelhoudende producten die gebakken, gegrild of gefrituurd waren, zoals patates frites, chips, koekjes en pepernoten. De grondstoffen voor deze voedingsmiddelen bevatten geen acrylamide. Het wordt naar alle waarschijnlijkheid gevormd in de zogenoemde Maillardreactie, een reactie tussen suikers en aminozuren die bij bakken, grillen en frituren zorgt voor onder andere de bruine kleur. De Maillardreactie verloopt in een aantal stappen. In de eerste stap reageert de aldehydegroep van een suikermolecuul met een NH_2 groep. Bij deze reactie ontstaan een zogenoemd imine en water. Een voorbeeld van de vorming van een imine is de reactie tussen ethanal en methaanamine:



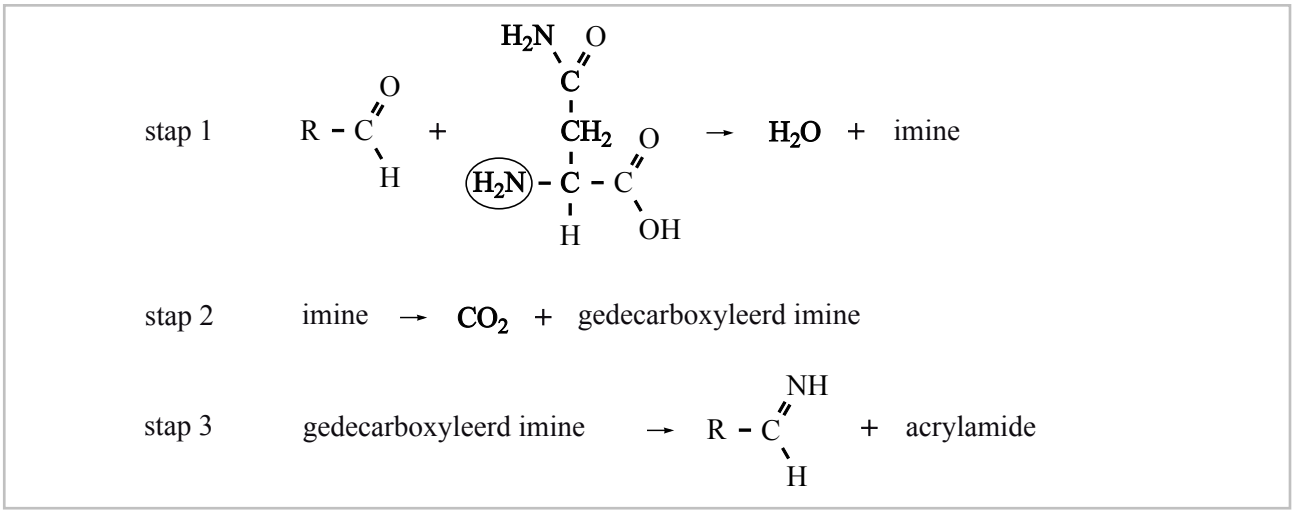
Men veronderstelt dat in de Maillardreactie waarbij acrylamide ontstaat, glucose reageert met het aminozuur asparagine. Glucosemoleculen komen behalve in de ringstructuur ook voor in een open ketenstructuur met een aldehydegroep.

Voor de vorming van acrylamide uit glucose en asparagine heeft men een aantal mechanismen bedacht. Eén van die mechanismen is hieronder weergegeven. Voor het glucosemolecuul is hierin de notatie  gebruikt.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

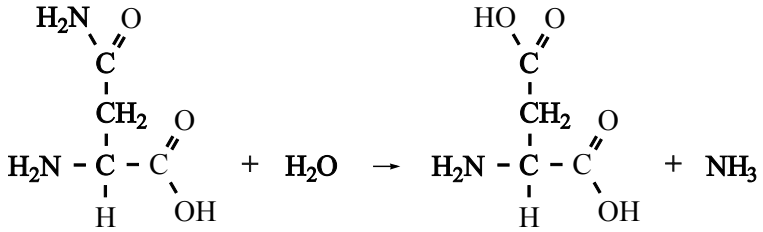
Omdat een asparaginemolecuul twee NH_2 groepen heeft, kan zo'n molecuul op twee manieren met een glucosemolecuul reageren. Alleen de reactie van een glucosemolecuul met de omcirkelde NH_2 groep leidt tot de vorming van een acrylamidemolecuul.

reactiemechanisme



3p **18** Geef de structuurformules van het imine en van het 'gedecarboxyleerde imine' die in respectievelijk stap 1 en stap 2 van de vorming van acrylamide worden gevormd. Gebruik voor de restgroep van het glucosemolecuul de notatie R.
Noteer je antwoord als volgt:
imine: …
gedecarboxyleerd imine: …

Om na te gaan of inderdaad asparagine de bron is van het ontstaan van acrylamide heeft men een onderzoek uitgevoerd waarbij gebruik is gemaakt van het enzym asparaginase. Dit enzym katalyseert de volgende reactie:



Dit onderzoek is uitgevoerd met behulp van aardappelpuree die wordt gegrild bij een temperatuur die hoog genoeg is om de Maillardreactie te laten optreden.

2p **19** Beschrijf globaal hoe je zo'n onderzoek zou kunnen uitvoeren.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Sulfaat in afvalwater

In rioolwater en industrieel afvalwater komt sulfaat (SO_4^{2-}) voor. Onder anaërobe (zuurstofloze) omstandigheden kunnen bacteriën sulfaat omzetten tot het waterstofsulfide-ion (HS^-). HS^- is een deeltje dat in water reageert als zwak zuur maar ook als zwakke base. De K_z van HS^- bedraagt $1{,}1 \cdot 10^{-12}$ en de K_b van HS^- is $1{,}1 \cdot 10^{-7}$.

2p **20** Leg uit of een oplossing van natriumwaterstofsulfide ($NaHS$) in water zuur of basisch is.

Bij lage pH waarden zal in een oplossing waarin HS^- voorkomt H_2S ontstaan. Dit is een gas dat onaangenaam ruikt (rotte eieren) en bovendien giftig is. Het ontstaan van H_2S kan worden tegengegaan door de pH te verhogen van een oplossing waarin HS^- voorkomt. In de industrie wordt dit gedaan door kalkmelk aan afvalwater toe te voegen.
Kalkmelk kan men bereiden door een overmaat calciumoxide in water te brengen. Per liter water wordt dan 50 gram calciumoxide toegevoegd. Er zal dan een suspensie van calciumhydroxide ontstaan met een pH van 12,32 (298 K).

5p **21** Bereken hoeveel gram calciumhydroxide per liter in een dergelijke suspensie in vaste vorm aanwezig is. Je mag aannemen dat al het calciumoxide met water heeft gereageerd.

De door bacteriën uitgevoerde omzetting van SO_4^{2-} tot HS^- is een redoxreactie. Sulfaat reageert hierbij als oxidator. De reductor is in veel gevallen acetaat (ethanoaat). De vergelijking van de halfreactie van acetaat kan als volgt worden weergegeven:

$$CH_3COO^- + 4\ H_2O \rightarrow 2\ HCO_3^- + 9\ H^+ + 8\ e^-$$

3p **22** Geef de vergelijking van de halfreactie van sulfaat. In deze vergelijking komen behalve SO_4^{2-} en HS^- onder andere ook H^+ en H_2O voor.

2p **23** Leid met behulp van de vergelijkingen van beide halfreacties de totale reactievergelijking af voor deze bacteriële omzetting van SO_4^{2-} tot HS^-.

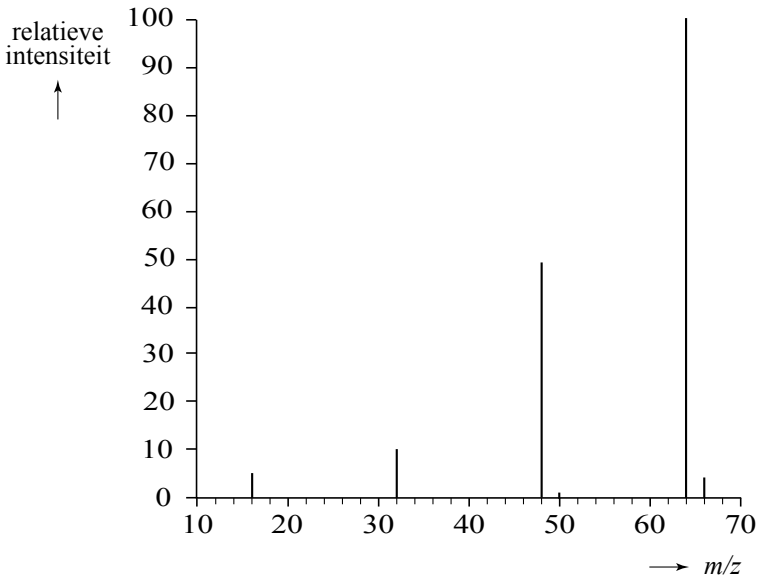
Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Van de atoomsoort zwavel komen in de natuur meerdere stabiele isotopen voor. In onderstaande tabel staan gegevens van de twee meest voorkomende zwavelisotopen. In het vervolg van deze opgave mogen andere zwavelisotopen buiten beschouwing worden gelaten.

	^{32}S	^{34}S
atoommassa (u)	31,97207	33,96787
voorkomen in de natuur (%)	95,02	4,21

Als gevolg van het voorkomen van deze zwavelisotopen bestaan er dus sulfaationen met ^{32}S en met ^{34}S. Uit onderzoek is gebleken dat bij de bacteriële omzetting van SO_4^{2-} tot HS^- zogenoemde isotoopfractionering optreedt. Bacteriën blijken van één van de twee isotopen meer te gebruiken dan van de andere. Dit betekent dat wanneer aan bacteriën een sulfaatoplossing wordt aangeboden waarin SO_4^{2-} met een bepaalde $^{34}S/^{32}S$ verhouding voorkomt, deze isotoopverhouding in het niet omgezette SO_4^{2-} na verloop van tijd zal zijn veranderd. Bovendien is dan ook de $^{34}S/^{32}S$ verhouding in het ontstane HS^- anders dan de oorspronkelijke verhouding in het SO_4^{2-}.
Bij een experiment om deze isotoopfractionering te onderzoeken, werd een Na_2SO_4 oplossing aan een bacteriekweek aangeboden. Op verschillende tijdstippen werd een monster van de bacteriekweek genomen. Het eerste monster werd direct na toevoeging van de Na_2SO_4 oplossing genomen ($t = 0$). Het tweede monster werd enige tijd later genomen ($t = 1$). Aan de monsters werd een $BaCl_2$ oplossing toegevoegd, waardoor al het aanwezige SO_4^{2-} als $BaSO_4$ werd neergeslagen. Het ontstane mengsel werd vervolgens gefiltreerd en het $BaSO_4$ in het residu werd in een aantal stappen omgezet tot gasvormig SO_2. Het ontstane gas werd onderzocht in een massaspectrometer.
Hieronder is het massaspectrum gegeven van het gas dat ontstond na de behandeling van het eerste monster ($t = 0$).

massaspectrum



Let op: de laatste vragen van dit examen staan op de volgende pagina.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

De $^{34}S/^{32}S$ verhouding werd afgeleid uit de verhouding van de hoogtes van de pieken bij $m/z = 66$ en $m/z = 64$. De $^{34}S/^{32}S$ verhouding is echter niet gelijk aan de verhouding van de hoogte van de pieken bij $m/z = 66$ en $m/z = 64$.
Dat komt omdat de piek bij $m/z = 66$ niet alleen wordt veroorzaakt door deeltjes waarin ^{34}S voorkomt, maar ook door deeltjes waarin deze isotoop niet voorkomt. De verhouding van de piekhoogtes moet hiervoor worden gecorrigeerd.

2p **24** Geef de isotopensamenstelling van een deeltje dat geen ^{34}S bevat, maar dat in het massaspectrum van het ontstane gas wel bijdraagt aan de hoogte van de piek bij $m/z = 66$. Neem aan dat het onderzochte gas uitsluitend uit SO_2 bestond.

De verhouding $\frac{\text{piekhoogte bij } m/z = 66}{\text{piekhoogte bij } m/z = 64}$ in de twee onderzochte monsters is in onderstaande tabel weergegeven. In deze tabel is de correctie voor de aanwezigheid van andere isotopen dan ^{34}S reeds toegepast.

	$t = 0$	$t = 1$
$\frac{\text{piekhoogte bij } m/z = 66}{\text{piekhoogte bij } m/z = 64}$	0,0443	0,0452

2p **25** Leg op grond van deze resultaten uit wat bacteriën meer omzetten: $^{32}SO_4^{2-}$ of $^{34}SO_4^{2-}$.

In bovengenoemd experiment is de verandering van de $^{34}S/^{32}S$ verhouding bepaald door het SO_4^{2-} te analyseren na een neerslagreactie. De verandering van de $^{34}S/^{32}S$ verhouding kun je ook achterhalen door het HS^-, dat bij de bacteriële omzetting is ontstaan, te onderzoeken. Dit gaat echter niet eenvoudig met een neerslagreactie, omdat de meeste waterstofzouten en dus ook de zouten met HS^- goed oplosbaar zijn. Om toch het HS^- in een bacteriekweek via een neerslagreactie en vervolgens met massaspectrometrie van SO_2 te onderzoeken, moeten enkele bewerkingen worden uitgevoerd.

3p **26** Beschrijf een methode om, uitgaande van het HS^- in de bacteriekweek, een vast zout te verkrijgen waarmee in een vervolgonderzoek de $^{34}S/^{32}S$ verhouding kan worden bepaald. Vermeld in je beschrijving ook de namen van de stoffen en/of oplossingen die moeten worden gebruikt.

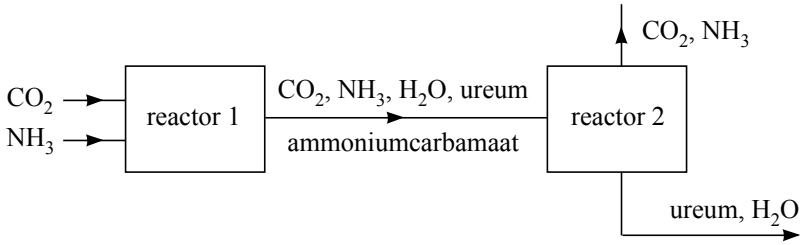
Bronvermelding
Een opsomming van de in dit examen gebruikte bronnen, zoals teksten en afbeeldingen, is te vinden in het bij dit examen behorende correctievoorschrift, dat na afloop van het examen wordt gepubliceerd.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

uitwerkbijlage

Naam kandidaat _____ Kandidaatnummer _____

4



VERGEET NIET DEZE UITWERKBIJLAGE IN TE LEVEREN

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Examen VWO

2011

tijdvak 2
woensdag 22 juni
13.30 - 16.30 uur

scheikunde

tevens oud programma **scheikunde 1,2**

Bij dit examen hoort een uitwerkbijlage.

Dit examen bestaat uit 25 vragen.
Voor dit examen zijn maximaal 69 punten te behalen.
Voor elk vraagnummer staat hoeveel punten met een goed antwoord behaald kunnen worden.

Als bij een vraag een verklaring, uitleg, berekening of afleiding gevraagd wordt, worden aan het antwoord meestal geen punten toegekend als deze verklaring, uitleg, berekening of afleiding ontbreekt.

Geef niet meer antwoorden (redenen, voorbeelden e.d.) dan er worden gevraagd. Als er bijvoorbeeld twee redenen worden gevraagd en je geeft meer dan twee redenen, dan worden alleen de eerste twee in de beoordeling meegeteld.

VW-1028-a-11-2-o

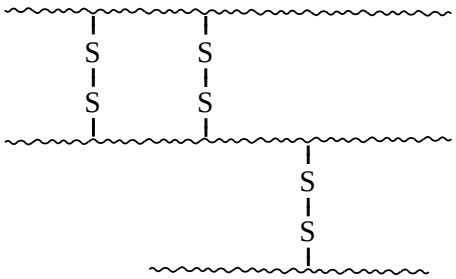
Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Haarverzorging

In haar is het eiwit keratine aanwezig. In een molecuul keratine komt het volgende fragment voor: ~ Ser – Pro – Cys ~.

3p **1** Geef het fragment ~ Ser – Pro – Cys ~ in een structuurformule weer.

In keratine zijn relatief veel cysteïne-eenheden aanwezig. Uit de SH groepen van de cysteïne-eenheden hebben zich zogenoemde zwavelbruggen gevormd. Deze zwavelbruggen geven de haren hun stevigheid. Hieronder is een gedeelte van een keratinemolecuul schematisch weergegeven:



Van een bepaalde keratinesoort is de gemiddelde molecuulmassa $1{,}74 \cdot 10^4$ u; het massapercentage cysteïne-eenheden is 23.

5p **2** Bereken het aantal zwavelbruggen dat in deze keratinesoort per molecuul keratine aanwezig is. Ga er bij de berekening van uit dat:
- alle cysteïne-eenheden zwavelbruggen hebben gevormd;
- geen eindstandige cysteïne-eenheden voorkomen.

Wanneer mensen ouder worden, verandert de kleur van hun haar; meestal wordt het grijs. Er zijn vele haarkleurmiddelen om de grijze kleur te verbergen. Eén zo'n haarkleurmiddel, een lotion die vooral door mannen wordt gebruikt, bevat onder andere opgelost lood(II)acetaat. Deze lotion kleurt het haar donker.
Op het flesje lotion staat dat 0,6 massaprocent lood(II)acetaat in de lotion aanwezig is. Om dit te controleren hebben leerlingen de hierna beschreven bepaling uitgevoerd.
Ze bepaalden eerst de dichtheid van de lotion: 0,994 g mL^{-1}.
Vervolgens pipetteerden ze 25,0 mL van de lotion in een erlenmeyer, voegden een indicator toe en titreerden met een 0,0500 M EDTA-oplossing. EDTA reageert met Pb^{2+} in de molverhouding 1 : 1. Het equivalentiepunt was bereikt nadat 7,85 mL EDTA-oplossing was toegevoegd.
Toen de leerlingen het massapercentage lood(II)acetaat in de lotion uitrekenden, kregen zij een andere uitkomst dan 0,6 massaprocent. Toch hebben ze de bepaling goed uitgevoerd. Onderzoek op internet leverde een belangrijk extra gegeven op. In een patent dat voor de lotion is aangevraagd, staat dat het massapercentage van 0,6 betrekking heeft op een hydraat van lood(II)acetaat. De leerlingen waren er in hun berekening van uitgegaan dat de lotion watervrij lood(II)acetaat, $Pb(CH_3COO)_2$, bevat.
Het hydraat van lood(II)acetaat kan worden weergegeven met de formule $Pb(CH_3COO)_2 \cdot xH_2O$.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

3p **3** Bereken het massapercentage $Pb(CH_3COO)_2$ dat de leerlingen hebben berekend.

3p **4** Bereken de waarde van x in de formule $Pb(CH_3COO)_2 \cdot xH_2O$. Gebruik bij de berekening de uitkomst van de berekening zoals door de leerlingen uitgevoerd en het massapercentage van 0,6 dat op het etiket vermeld staat. Geef het antwoord als een geheel getal.

De leerlingen vroegen zich af hoe de lotion het haar donkerder kleurt.
Een mogelijke verklaring is dat de $-S-S-$ bruggen in de keratinemoleculen worden verbroken en dat met Pb^{2+} ionen nieuwe bruggen worden gevormd. Die nieuwe bruggen, die worden weergegeven met $-S^{-}\cdot\cdot Pb^{2+}\cdot\cdot S^{-}-$, veroorzaken de donkere kleur.
De vorming van de $-S^{-}\cdot\cdot Pb^{2+}\cdot\cdot S^{-}-$ bruggen uit de $-S-S-$ bruggen is een redoxreactie.

2p **5** Leg uit of voor de vorming van de $-S^{-}\cdot\cdot Pb^{2+}\cdot\cdot S^{-}-$ bruggen uit de $-S-S-$ bruggen een reductor dan wel een oxidator nodig is.

Om wat meer inzicht te krijgen in de vorming van $-S^{-}\cdot\cdot Pb^{2+}\cdot\cdot S^{-}-$ bruggen, hebben de leerlingen een e-mail aan de fabrikant van de lotion gestuurd. Hieronder staat een fragment van het antwoord van de fabrikant.

antwoord fabrikant

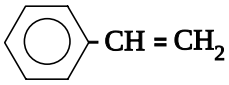
> Het mechanisme voor de vorming van de bruggen is niet precies bekend. We denken dat door de hoofdhuid een stof wordt afgescheiden die vervolgens aanwezig is in de oliën en vetten op de hoofdhuid en op de haren. Deze stof reageert waarschijnlijk met de $-S-S-$ bruggen in aanwezigheid van Pb^{2+} ionen.

2p **6** Beschrijf een experiment dat kan worden uitgevoerd om de juistheid van het antwoord van de fabrikant na te gaan.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Styreen

Hiernaast is de structuurformule van styreen afgebeeld. Styreen is de grondstof voor een aantal kunststoffen. Eén van die kunststoffen is ABS (Acrylonitril-Butadieen-Styreen).



styreen

Eén van de grondstoffen voor de bereiding van ABS is een polymeer van 1,3-butadieen. Als 1,3-butadieen polymeriseert, zijn de koolstofatomen 1 en 4 betrokken bij de polymerisatie.
In een molecuul van dit polybutadieen is hierdoor per monomere eenheid nog een C = C binding in de hoofdketen aanwezig. Door de aanwezigheid van deze C = C bindingen kan polybutadieen met acrylonitril en styreen reageren. Er ontstaan dan zijtakken aan de polybutadieenmoleculen waarin moleculen acrylonitril en styreen zijn verwerkt.
Hiernaast is de structuurformule van acrylonitril afgebeeld.

$CH_2 = CH - CN$
acrylonitril

2p **7** Geef van het hierboven beschreven polybutadieen een gedeelte uit het midden van een polymeermolecuul in structuurformule weer. Dit gedeelte dient te zijn opgebouwd uit twee monomeereenheden. Houd geen rekening met eventuele *cis-trans* isomerie.

2p **8** Geef de structuurformule van een fragment van een molecuul ABS. Dit fragment moet bestaan uit één polybutadieen-eenheid, één acrylonitril-eenheid en één styreen-eenheid. Geef hierbij de CN groep van acrylonitril als –CN weer.

In de industrie wordt styreen onder andere bereid uit ethylbenzeen. In een evenwichtsreactie ontstaat styreen en waterstof. De vorming van styreen is endotherm.
De omstandigheden in de reactor zijn zodanig dat alle stoffen in de gasfase verkeren. Om de jaaropbrengst aan styreen zo hoog mogelijk te maken, wordt de reactie bij hoge temperatuur uitgevoerd.

2p **9** Geef de reactievergelijking voor de vorming van styreen uit ethylbenzeen. Gebruik structuurformules voor de organische stoffen.

2p **10** Geef twee redenen waarom het voor de jaaropbrengst voordelig is om de reactie bij een hoge temperatuur uit te voeren. Licht je antwoord toe.

Het voor de bereiding van styreen benodigde ethylbenzeen wordt in een apart proces bereid. Daartoe laat men etheen reageren met benzeen. Er ontstaan echter ook bijproducten. Het ontstane ethylbenzeen kan namelijk met etheen doorreageren onder vorming van di-ethylbenzenen. En ook de di-ethylbenzenen kunnen met etheen reageren, waarbij tri-ethylbenzenen worden gevormd.
Er zijn meerdere stoffen die als tri-ethylbenzeen kunnen worden aangeduid.

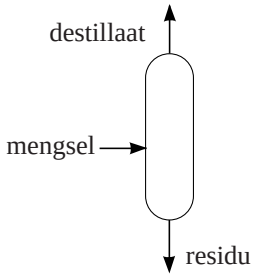
2p **11** Geef de structuurformules van alle tri-ethylbenzenen.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

De ontstane di- en tri-ethylbenzenen worden in een aparte reactor met benzeen omgezet tot ethylbenzeen. In een fabriek voor de industriële bereiding van styreen worden beide processen (de bereiding en ontleding van ethylbenzeen) gecombineerd. In het totale proces worden drie reactoren gebruikt en drie destillatiekolommen. Hieronder volgt een beschrijving van het totale proces.

- In reactor 1 (R1) laat men etheen reageren met benzeen. Men gebruikt overmaat benzeen. Hier ontstaat een mengsel van ethylbenzeen, di- en tri-ethylbenzenen en niet-gereageerd benzeen. Alle etheen reageert.
- In destillatiekolom 1 (K1) wordt benzeen afgescheiden uit het mengsel dat erin komt.
- In destillatiekolom 2 (K2) wordt het ethylbenzeen uit het residu van K1 afgescheiden.
- In reactor 2 (R2) worden de di- en tri-ethylbenzenen met benzeen omgezet tot ethylbenzeen. Ook hier gebruikt men overmaat benzeen. Alle di- en tri-ethylbenzenen worden omgezet.
- In reactor 3 (R3) vindt de ontleding van ethylbenzeen plaats. Omdat dit een evenwichtsreactie is, verlaat een mengsel van ethylbenzeen, styreen en waterstof deze reactor.
- Het mengsel dat uit R3 komt, wordt eerst afgekoeld zodat ethylbenzeen en styreen vloeibaar worden. Het dan nog aanwezige gasvormige waterstof wordt via een ventiel (V) verwijderd en opgevangen.
- Het overblijvende mengsel van ethylbenzeen en styreen wordt in destillatiekolom 3 (K3) gescheiden.

Op de uitwerkbijlage bij dit examen, is een onvolledig blokschema voor het totale proces weergegeven. Alle reactoren en destillatiekolommen zijn hierin getekend. Een groot deel van de stofstromen ontbreekt.
Bij de destillatiekolommen wordt aangegeven welke stof de kolom via de top verlaat en welke stoffen via de onderkant worden afgevoerd (zie de figuur hiernaast).



De cijfers in het blokschema verwijzen naar de volgende stoffen:

1	benzeen	4	di-ethylbenzenen	7	waterstof
2	etheen	5	tri-ethylbenzenen		
3	ethylbenzeen	6	styreen		

4p **12** Teken in het blokschema op de uitwerkbijlage de ontbrekende stofstromen.
- Zet bij deze stofstromen met cijfers welke stof(fen) daar bij hoort (horen).
- Geef ook aan welke stoffen bij de diverse destillatiekolommen via de top en via de onderkant worden afgevoerd. De kookpunten van de diverse stoffen zijn als volgt:

benzeen	80 °C	di-ethylbenzenen	182 – 184 °C
etheen	– 104 °C	tri-ethylbenzenen	216 – 218 °C
ethylbenzeen	135 °C	styreen	145 °C

- Houd rekening met het feit dat men, waar mogelijk, stoffen recirculeert.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Acid Mine Drainage

Op veel plaatsen in de wereld sijpelt water uit verlaten mijnen. Dit water heeft vaak een extreem lage pH en bevat hoge concentraties van ionen van metalen, waaronder zware metalen. In de vakliteratuur wordt dit Acid Mine Drainage (AMD) genoemd. Een oorzaak van deze waterverontreiniging is de reactie van zuurstof en water met metaalverbindingen. Eén van die metaalverbindingen is pyriet, FeS_2. In een wetenschappelijk artikel dat over AMD gaat, staat dat bij de reactie van pyriet met zuurstof en water Fe^{2+} en SO_4^{2-} ontstaan. FeS_2 treedt op als reductor.

4p **13** Geef voor de reactie van pyriet met zuurstof en water de vergelijkingen van beide halfreacties en leid daaruit de totale reactievergelijking af. In de vergelijkingen van beide halfreacties komen onder andere H_2O en H^+ voor.

Onder de heersende omstandigheden kan Fe^{2+} worden omgezet tot Fe^{3+}, maar zolang het mijnwater nog in contact is met pyriet gebeurt dit niet.

2p **14** Geef hiervoor een mogelijke verklaring.

Het water dat uit de mijnen sijpelt is buitengewoon zuur. In veel gevallen worden zelfs negatieve pH's gemeten. Dan is er veel SO_4^{2-} omgezet tot HSO_4^-.

4p **15** Bereken hoeveel procent van het SO_4^{2-} is omgezet tot HSO_4^- in een oplossing met pH = – 0,70 (298 K).

Wanneer het water uit zulke mijnen in rivieren terechtkomt, wordt het rivierwater sterk verontreinigd. Er kan vissterfte optreden, dieren die dat water drinken, kunnen doodgaan en er kan schade optreden aan planten. Het is dus zaak dit zure mijnwater voor het in de rivier terechtkomt, te zuiveren. Daar bestaan verschillende manieren voor. Eén manier is het inzetten van zogenoemde sulfaatreducerende bacteriën. Die zijn in staat om organisch materiaal om te zetten met behulp van sulfaat (SO_4^{2-}). Bij deze omzetting ontstaan waterstofsulfide (H_2S), en waterstofcarbonaat (HCO_3^-).
Het blijkt dat hierdoor de pH van het water langzaam stijgt en dat de concentraties van ionen van (zware) metalen in het water langzaam dalen.

3p **16** Geef de reactievergelijking voor zo'n bacteriële omzetting van organisch materiaal met behulp van SO_4^{2-}. Gebruik glucose als organisch materiaal.

2p **17** Leg met behulp van Binas-tabel 49 uit dat de pH van het water bij dit proces stijgt.

De concentraties van de ionen van (zware) metalen in het water dalen doordat slecht oplosbare verbindingen worden gevormd. Dit kunnen sulfiden zijn, maar ook hydroxiden. Dit is na te gaan door aan het slib waarin deze slecht oplosbare verbindingen zich bevinden een oplossing van een sterk zuur toe te voegen.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Wanneer ijzer(II)sulfide of zinksulfide aanwezig zijn, zal een (stinkend) gas ontstaan: waterstofsulfide. Maar wanneer gasontwikkeling wordt waargenomen bij toevoeging van een oplossing van een sterk zuur, kan het toch zijn dat, behalve ijzer(II)sulfide en/of zinksulfide, ook hydroxiden in het slib aanwezig zijn.

3p **18** Beschrijf welke bepalingen je kunt doen om na te gaan of in het slib behalve ijzer(II)sulfide en/of zinksulfide, ook hydroxiden aanwezig zijn. Geef daarbij aan waarop je conclusie wordt gebaseerd.

Een andere manier om AMD te bestrijden is met behulp van chemicaliën. De stoffen die men daarvoor kiest, moeten chemisch gezien aan een aantal voorwaarden voldoen. Bovendien moeten de kosten voor de zuivering zo laag mogelijk worden gehouden. Deze kosten worden bepaald door de chemicaliën, maar ook door het vervoer ervan naar veelal afgelegen gebieden. Dat vervoer vindt vaak plaats met behulp van vrachtwagens.
Twee stoffen die in aanmerking komen voor zuivering van door AMD vervuild mijnwater, zijn calciumoxide en natriumhydroxide.

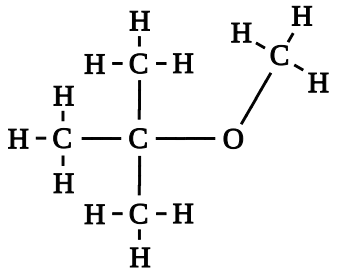
2p **19** Geef twee redenen, ontleend aan de chemie, waarom calciumoxide en natriumhydroxide beide geschikt zijn om door AMD vervuild mijnwater te zuiveren.

3p **20** Welk van beide stoffen heeft de voorkeur, gezien de kosten van het vervoer? Of maakt het (vrijwel) niet uit? Geef een verklaring voor je antwoord. Het maximaal laadvermogen van een vrachtwagen wordt uitgedrukt in kg.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

MTBE in grond- en oppervlaktewater

In benzine komt een stof voor die wordt aangeduid met de afkorting MTBE. MTBE zorgt voor een goede verbranding van de benzine in automotoren en vermindert de vorming van koolstofmonooxide. De structuurformule kan als volgt worden weergegeven:



Deze structuurformule is ook weergegeven op de uitwerkbijlage die bij dit examen hoort.
De afkorting MTBE staat voor Methyl Tertiaire Butyl Ether. Uit de structuurformule is af te leiden hoe deze naam tot stand is gekomen.

3p **21** Omcirkel voor elk van de vier onderdelen in de naam het desbetreffende structuurelement in de structuurformule op de uitwerkbijlage. Geef per onderdeel aan op welk deel van de naam van MTBE het omcirkelde deel betrekking heeft.

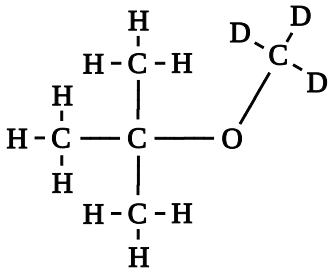
Door verkeersongelukken, lekkende opslagtanks en lekkende leidingen kan benzine in de grond terechtkomen. Omdat de oplosbaarheid van MTBE in water redelijk groot is, kan de stof zich verspreiden over het grondwater en het oppervlaktewater. Dat MTBE oplosbaar is in water moet worden toegeschreven aan de vorming van waterstofbruggen tussen MTBE moleculen en watermoleculen.

2p **22** Geef op de uitwerkbijlage weer hoe twee watermoleculen aan een MTBE-molecuul zijn gebonden door middel van waterstofbruggen.
Teken daarbij:
- de watermoleculen in structuurformule;
- de waterstofbruggen met stippellijntjes (- - - -).

MTBE is een schadelijke stof. In grond- en oppervlaktewater mag dus niet te veel MTBE voorkomen. Het gehalte aan MTBE wordt daarom regelmatig gemeten. Eén van de meetmethoden voor de bepaling van het MTBE-gehalte maakt gebruik van gaschromatografie, gevolgd door massaspectrometrie. Tijdens zo'n bepaling wordt MTBE-d3 gebruikt. In een molecuul MTBE-d3 zijn drie van de twaalf waterstofatomen atomen H-2, zogenoemde deuteriumatomen. Deze atoomsoort (isotoop) wordt meestal weergegeven met het symbool D.

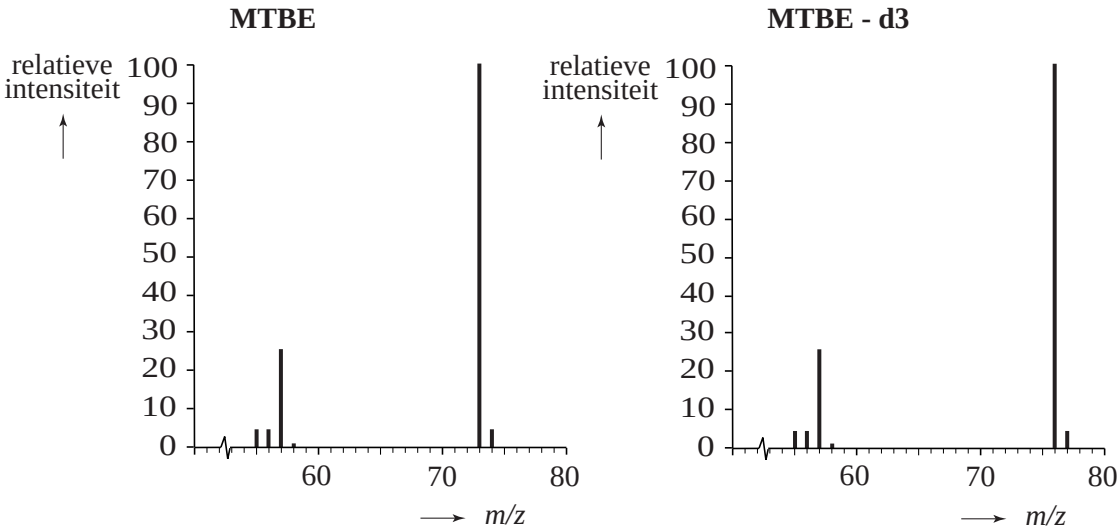
Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

De structuurformule van MTBE-d3 kan als volgt worden weergegeven:



Hieronder staan de massaspectra van MTBE en van MTBE-d3 gedeeltelijk afgebeeld.

massaspectra



Bij een MTBE-bepaling zijn de pieken met *m/z* waarden 73 (in het MTBE-spectrum) en 76 (in het MTBE-d3 spectrum) van belang. Door gegevens uit beide spectra te combineren, kan worden nagegaan welk fragmention van MTBE de piek met *m/z* waarde 73 veroorzaakt.

2p **23** Leg aan de hand van de massaspectra uit welk fragmention de piek met *m/z* waarde 73 in het MTBE-spectrum veroorzaakt. Geef ook de structuurformule van dit fragmention.

Let op: de laatste vragen van dit examen staan op de volgende pagina.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Bij een MTBE-bepaling met behulp van MTBE-d3 wordt vooraf een ijkoplossing gemaakt waarin MTBE en MTBE-d3 aanwezig zijn in de molverhouding 1,00 : 1,00. Uit 100,0 mL van deze ijkoplossing worden de opgeloste koolstofverbindingen geïsoleerd en in een gaschromatograaf gescheiden. MTBE en MTBE-d3 hebben dezelfde retentietijd en komen als één fractie uit de gaschromatograaf. In het massaspectrum van deze fractie komt dus een piek voor met *m/z* waarde 73, van MTBE, en een piek met *m/z* waarde 76, van MTBE-d3. De piekhoogtes in het massaspectrum verhouden zich als volgt:

$$\frac{\text{intensiteit van de piek met } m/z = 73}{\text{intensiteit van de piek met } m/z = 76} = \frac{1000}{992}$$

Bij een benzinestation dat vermoedelijk de grond heeft vervuild, wordt een monster van het grondwater genomen om het gehalte aan MTBE te bepalen. Aan 100,0 mL van dit monster wordt 10 µL toegevoegd van een oplossing van MTBE-d3 die 1,00 mg MTBE-d3 per liter bevat. Van de ontstane oplossing worden de vluchtige oplosbare stoffen geïsoleerd en in de gaschromatograaf gescheiden op exact dezelfde manier als met de ijkoplossing is gebeurd. De meting met de massaspectrometer levert een massaspectrum op met pieken die zich als volgt verhouden:

$$\frac{\text{intensiteit van de piek met } m/z = 73}{\text{intensiteit van de piek met } m/z = 76} = \frac{1000}{35{,}0}$$

5p **24** Bereken het gehalte aan MTBE in het grondwater bij het benzinestation in g L^{-1}.

Het laboratorium dat de MTBE-bepalingen uitvoert, krijgt telkens opdracht een serie van 50 grondwatermonsters te onderzoeken. Om er zeker van te zijn dat de bepalingen eerlijk en betrouwbaar worden uitgevoerd, heeft de opdrachtgever 5 controlemonsters gemaakt en in die serie van 50 monsters opgenomen. Er worden dus 45 echte grondwatermonsters geanalyseerd. Op het laboratorium weten ze niet wat de echte grondwatermonsters zijn en wat de controlemonsters zijn. Een controlemonster kan op verschillende manieren worden aangeboden:

1 een grondwatermonster wordt twee keer aangeboden; de uitkomsten voor die twee monsters moeten binnen de nauwkeurigheid van de metingen hetzelfde zijn;
2 er wordt een monster drinkwater aangeboden; het gehalte MTBE hierin moet dus zeer laag zijn;
3 er wordt een monster met een bekend gehalte aan MTBE aangeboden; de uitkomst van de bepaling voor dit monster moet dus binnen de nauwkeurigheid van de metingen dat gehalte opleveren.

De opdrachtgever kan nog op andere manieren controlemonsters maken.

2p **25** Beschrijf nog een manier waarop de opdrachtgever een controlemonster kan hebben gemaakt. De door jou genoemde manier mag niet neerkomen op één van de hierboven genoemde methoden. Geef aan wat je verwacht voor de uitkomst van de MTBE-bepaling.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

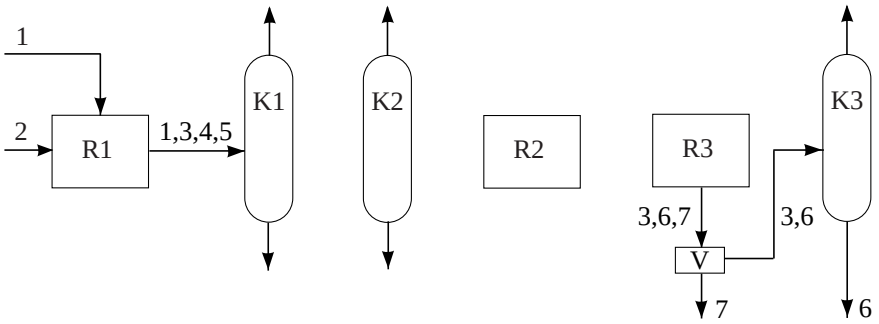
scheikunde 1,2 VWO

tevens oud programma

uitwerkbijlage

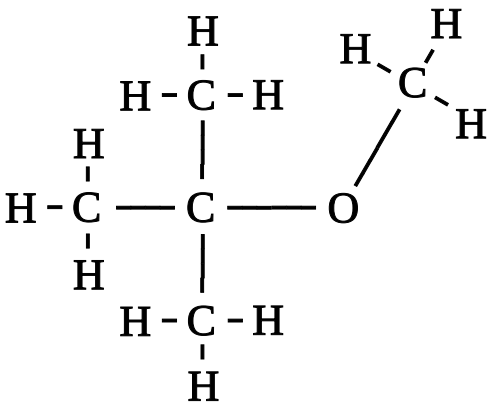
Naam kandidaat _____ Kandidaatnummer _____

12

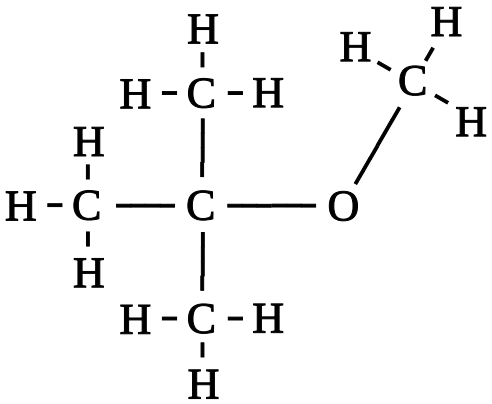


Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

21



22



VERGEET NIET DEZE UITWERKBIJLAGE IN TE LEVEREN

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Examen VWO

2011

tijdvak 2
woensdag 22 juni
13.30 - 16.30 uur

scheikunde (pilot)

Bij dit examen hoort een uitwerkbijlage.

Dit examen bestaat uit 27 vragen.
Voor dit examen zijn maximaal 70 punten te behalen.
Voor elk vraagnummer staat hoeveel punten met een goed antwoord behaald kunnen worden.

Als bij een vraag een verklaring, uitleg, berekening of afleiding gevraagd wordt, worden aan het antwoord meestal geen punten toegekend als deze verklaring, uitleg, berekening of afleiding ontbreekt.

Geef niet meer antwoorden (redenen, voorbeelden e.d.) dan er worden gevraagd. Als er bijvoorbeeld twee redenen worden gevraagd en je geeft meer dan twee redenen, dan worden alleen de eerste twee in de beoordeling meegeteld.

VW-1028-f-11-2-o

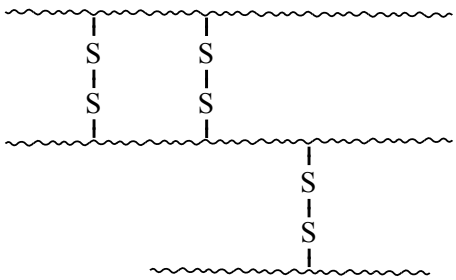
Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Haarverzorging

In haar is het eiwit keratine aanwezig. In een molecuul keratine komt het volgende fragment voor: ~ Ser – Pro – Cys ~.

3p **1** Geef het fragment ~ Ser – Pro – Cys ~ in een structuurformule weer.

In keratine zijn relatief veel cysteïne-eenheden aanwezig. Uit de SH groepen van de cysteïne-eenheden hebben zich zogenoemde zwavelbruggen gevormd. Deze zwavelbruggen geven de haren hun stevigheid. Hieronder is een gedeelte van een keratinemolecuul schematisch weergegeven:



Van een bepaalde keratinesoort is de gemiddelde molecuulmassa $1{,}74 \cdot 10^4$ u; het massapercentage cysteïne-eenheden is 23.

5p **2** Bereken het aantal zwavelbruggen dat in deze keratinesoort per molecuul keratine aanwezig is. Ga er bij de berekening van uit dat:
- alle cysteïne-eenheden zwavelbruggen hebben gevormd;
- geen eindstandige cysteïne-eenheden voorkomen.

Wanneer mensen ouder worden, verandert de kleur van hun haar; meestal wordt het grijs. Er zijn vele middelen om de grijze kleur te verbergen. Eén zo'n middel, een lotion die vooral door mannen wordt gebruikt, bevat onder andere opgelost lood(II)acetaat. Deze lotion kleurt het haar donker.
Op het flesje lotion staat dat 0,6 massaprocent lood(II)acetaat in de lotion aanwezig is. Om dit te controleren hebben twee leerlingen de hierna beschreven bepaling uitgevoerd.
Ze bepaalden eerst de dichtheid van de lotion: 0,994 g mL^{-1}.
Vervolgens pipetteerden ze 25,0 mL van de lotion in een erlenmeyer, voegden een indicator toe en titreerden met een 0,0500 M EDTA oplossing. EDTA reageert met Pb^{2+} in de molverhouding 1 : 1. Het equivalentiepunt was bereikt nadat 7,85 mL EDTA oplossing was toegevoegd.
Toen de leerlingen het massapercentage lood(II)acetaat in de lotion uitrekenden, kregen zij een andere uitkomst dan 0,6 massaprocent. Toch hebben ze de bepaling goed uitgevoerd. Onderzoek op internet leverde een belangrijk extra gegeven op. In een patent dat voor het haarkleurmiddel is aangevraagd, staat dat het massapercentage van 0,6 betrekking heeft op een hydraat van lood(II)acetaat. De leerlingen waren er in hun berekening van uitgegaan dat de lotion watervrij lood(II)acetaat, $Pb(CH_3COO)_2$, bevat.
Het hydraat van lood(II)acetaat kan worden weergegeven met de formule $Pb(CH_3COO)_2 \cdot xH_2O$.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

3p **3** Bereken het massapercentage $Pb(CH_3COO)_2$ dat de leerlingen hebben berekend.

3p **4** Bereken de waarde van x in de formule $Pb(CH_3COO)_2 \cdot xH_2O$. Gebruik bij de berekening de uitkomst van de berekening zoals door de leerlingen uitgevoerd en het massapercentage van 0,6 dat op het etiket vermeld staat. Geef het antwoord als een geheel getal.

De leerlingen vroegen zich af hoe de lotion het haar donkerder doet kleuren. Een mogelijke verklaring is dat de $-S-S-$ bruggen in de keratinemoleculen worden verbroken en dat met Pb^{2+} ionen nieuwe bruggen worden gevormd. Die nieuwe bruggen, die worden weergegeven met $-S^{-}\cdot\cdot Pb^{2+}\cdot\cdot S^{-}-$, veroorzaken de donkere kleur.
De vorming van de $-S^{-}\cdot\cdot Pb^{2+}\cdot\cdot S^{-}-$ bruggen uit de $-S-S-$ bruggen is een redoxreactie.

2p **5** Leg uit of voor de vorming van de $-S^{-}\cdot\cdot Pb^{2+}\cdot\cdot S^{-}-$ bruggen uit de $-S-S-$ bruggen een reductor dan wel een oxidator nodig is.

Om wat meer inzicht te krijgen over hoe die $-S^{-}\cdot\cdot Pb^{2+}\cdot\cdot S^{-}-$ bruggen worden gevormd, hebben de leerlingen een e-mail aan de fabrikant van de lotion gestuurd. Zij kregen een antwoord waar onder andere het volgende in staat.

antwoord fabrikant

> Het mechanisme voor de vorming van de bruggen is niet precies bekend. We denken dat door de hoofdhuid een stof wordt afgescheiden die vervolgens aanwezig is in de oliën en vetten op de hoofdhuid en op de haren. Deze stof reageert waarschijnlijk met de $-S-S-$ bruggen.

2p **6** Beschrijf een experiment dat kan worden uitgevoerd om de juistheid van het antwoord van de fabrikant na te gaan.

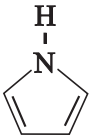
De leerlingen vinden het vreemd dat zich in haarlotion loodionen bevinden. Als loodionen in de bloedbaan komen, is dat schadelijk voor de gezondheid. Toch is het gebruik van loodacetaat toegestaan voor gebruik in haarlotion. Ze stellen zich de vraag welke verklaring er kan zijn voor het feit dat het gebruik van de lotion niet schadelijk voor de gezondheid wordt geacht.

2p **7** Geef twee mogelijke verklaringen voor het feit dat het gebruik van de lotion niet schadelijk voor de gezondheid wordt geacht.

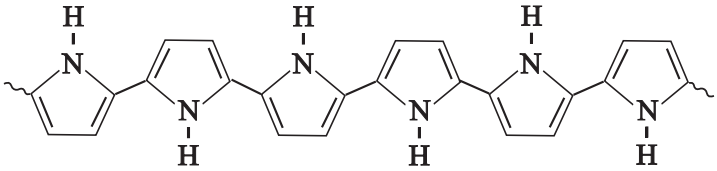
Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Papieren batterij

Zweedse onderzoekers hebben een lichtgewicht oplaadbare batterij van papier ontwikkeld. Deze batterij is gebaseerd op een polymeer van pyrrol. De structuurformule van pyrrol is hiernaast weergegeven. Dit polymeer is gehecht aan cellulosevezels. De gevormde vezels kunnen worden gebruikt om een materiaal te bereiden dat lijkt op papier.


pyrrol

De bereiding van het polymeer verloopt in twee stappen, die in één proces achter elkaar verlopen.
Stap 1: pyrrol wordt opgelost in ethanol en in contact gebracht met een overmaat ijzer(III)chloride-oplossing, waarmee het reageert.
Er treedt een zogenoemde elektrochemische polymerisatiereactie op, waarbij onder andere polypyrrol (PPy) en ijzer(II)-ionen ontstaan.


polypyrrol (PPy)

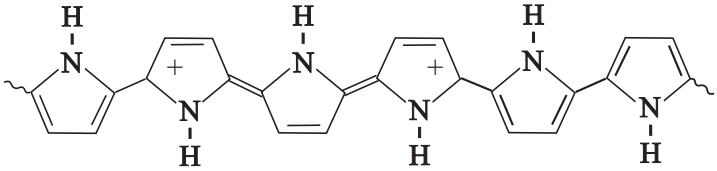
3p **8** Geef de vergelijking van de halfreactie voor de vorming van PPy uit pyrrol. Gebruik voor PPy de notatie $H–(C_4H_3N)_n–H$. In de vergelijking van deze halfreactie komt ook H^+ voor.

2p **9** Geef de vergelijking van de halfreactie voor de omzetting van ijzer(III)-ionen in ijzer(II)-ionen en geef de vergelijking van de totaalreactie.

In het reactievat zijn ook de cellulosevezels aanwezig, waaraan het slecht oplosbare PPy goed hecht.

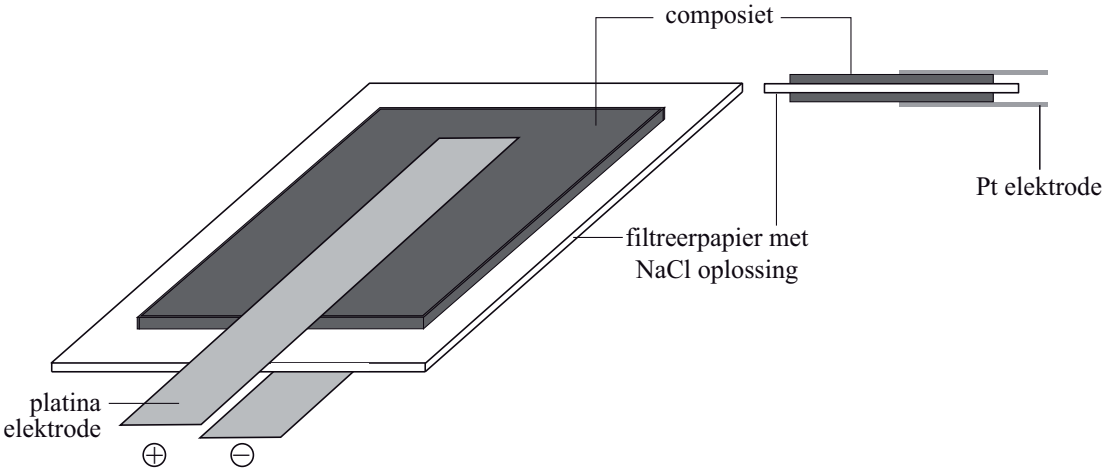
2p **10** Leg met behulp van begrippen op microniveau uit dat PPy goed hecht aan cellulose. Maak gebruik van Binas-tabel 67A3.

Stap 2: het ontstane PPy reageert verder met de ijzer(III)chloride-oplossing. Hierbij staan PPy-moleculen elektronen af aan ijzer(III)-ionen. De PPy-moleculen worden hierdoor positief geladen, zoals hieronder is weergegeven. De aanwezige chloride-ionen compenseren de positieve lading van de PPy-moleculen.


positief geladen polypyrrol

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

De cellulose-PPy vezels worden samengeperst tot platen. Het zo gevormde materiaal wordt in de rest van deze opgave aangeduid als composiet.
Zoals hieronder is weergegeven, wordt de papieren batterij samengesteld uit twee gelijke platen composiet, twee platina elektroden en filtreerpapier gedrenkt in een natriumchloride-oplossing. De batterij moet vóór gebruik opgeladen worden. Bij het opladen ontstaat een ladingsverschil tussen beide composietplaten doordat het aanvankelijk positief geladen PPy in één van de platen minder positief geladen wordt, terwijl het PPy in de andere plaat sterker positief geladen wordt. Tijdens stroomlevering vinden de omgekeerde processen plaats.



2p **11** Leg uit of tijdens stroomlevering de Cl^- ionen in het filtreerpapier tussen de composietplaten in de richting van de positieve elektrode of in de richting van de negatieve elektrode zullen bewegen.

De papieren batterij is zeer snel oplaadbaar. De batterij heeft echter in vergelijking met de veelgebruikte lithiumbatterij maar een lage maximale spanning. De maximaal haalbare spanning van de papieren batterij is afhankelijk van de tijd dat het PPy reageert met de ijzer(III)chloride-oplossing.
Als de reactietijd kort is, is de hoeveelheid positieve ladingen in PPy-moleculen klein. Als de reactietijd lang is, is het aantal positieve ladingen in PPy-moleculen groot.
Het aantal positieve ladingen dat kan ontstaan in PPy-moleculen kent een maximum.

1p **12** Leg uit dat de batterij niet oplaadbaar is als de PPy-moleculen het maximaal aantal positieve ladingen hebben.

Het percentage van het maximaal aantal positieve ladingen is van belang om de maximaal haalbare spanning te kunnen bereiken. Daarom wordt de reactietijd zo gekozen dat het percentage positieve ladingen in PPy-moleculen een bepaalde waarde heeft.

2p **13** Leg uit tot welk percentage van het maximaal aantal positieve ladingen de PPy-moleculen moeten reageren met de ijzer(III)chloride-oplossing, zodat de maximaal haalbare spanning van de batterij bereikt kan worden bij het opladen.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Acid Mine Drainage

Op veel plaatsen in de wereld sijpelt water uit verlaten mijnen. Dit water heeft vaak een extreem lage pH en bevat hoge concentraties van ionen van metalen, waaronder zware metalen. In de vakliteratuur wordt dit Acid Mine Drainage (AMD) genoemd. Een oorzaak van deze waterverontreiniging is de reactie van zuurstof en water met metaalverbindingen. Eén van die metaalverbindingen is pyriet, FeS_2. In een wetenschappelijk artikel dat over AMD gaat, staat dat bij de reactie van pyriet met zuurstof en water Fe^{2+} en SO_4^{2-} ontstaan. De pH van het water daalt hierbij, als gevolg van het ontstaan van H^+ ionen. In dit proces reageert FeS_2 in de molverhouding 1:1 met water.

3p **14** Geef de vergelijking voor de reactie van pyriet met water en zuurstof.

Het water dat uit de mijnen sijpelt is buitengewoon zuur. In veel gevallen worden zelfs negatieve pH's gemeten. Dan is er veel SO_4^{2-} omgezet tot HSO_4^-.

4p **15** Bereken hoeveel procent van het SO_4^{2-} is omgezet tot HSO_4^- in een oplossing met pH = – 0,70 (298 K).

Wanneer het water uit zulke mijnen in rivieren terechtkomt, wordt het rivierwater sterk verontreinigd. Er kan vissterfte optreden, dieren die dat water drinken, kunnen doodgaan en er kan schade optreden aan planten. Het is dus zaak dit zure mijnwater voor het in de rivier terechtkomt, te zuiveren. Daar bestaan verschillende manieren voor. Eén manier is het inzetten van zogenoemde sulfaatreducerende bacteriën. Die zijn in staat om organisch materiaal om te zetten met behulp van sulfaat (SO_4^{2-}). Bij deze omzetting ontstaan waterstofsulfide, H_2S, en waterstofcarbonaat, HCO_3^-.
Het blijkt dat hierdoor de pH van het water langzaam stijgt en dat de concentraties van ionen van (zware) metalen in het water langzaam dalen.

3p **16** Geef de reactievergelijking voor zo'n bacteriële omzetting van organisch materiaal met behulp van SO_4^{2-}. Gebruik glucose als organisch materiaal.

2p **17** Leg met behulp van Binas-tabel 49 uit dat de pH van het water bij dit proces stijgt.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

De concentraties van de ionen van (zware) metalen in het water dalen doordat slecht oplosbare verbindingen worden gevormd. Dit kunnen sulfiden zijn, maar ook hydroxiden. Dit is na te gaan door aan het slib waarin deze slecht oplosbare verbindingen zich bevinden een oplossing van een sterk zuur toe te voegen. Wanneer sulfiden zoals ijzer(II)sulfide of zinksulfide aanwezig zijn, zal een (stinkend) gas ontstaan: waterstofsulfide. Maar wanneer gasontwikkeling wordt waargenomen bij toevoeging van een oplossing van een sterk zuur, kan het toch zijn dat, behalve ijzer(II)sulfide en/of zinksulfide, ook hydroxiden in het slib aanwezig zijn.

3p **18** Beschrijf welke bepalingen je kunt doen om na te gaan of in het slib behalve ijzer(II)sulfide en/of zinksulfide, ook hydroxiden aanwezig zijn. Geef daarbij aan waarop je conclusie wordt gebaseerd.

Een andere manier om AMD te bestrijden is met behulp van chemicaliën. De stoffen die men daarvoor kiest, moeten chemisch gezien aan een aantal voorwaarden voldoen. Bovendien moeten de kosten voor de zuivering zo laag mogelijk worden gehouden. Deze kosten worden natuurlijk bepaald door de aanschafkosten van de chemicaliën, maar ook door het vervoer ervan naar veelal afgelegen gebieden. Dat vervoer vindt vaak plaats met behulp van vrachtwagens.
Twee stoffen die in aanmerking komen voor zuivering van door AMD vervuild mijnwater, zijn calciumoxide en natriumhydroxide.

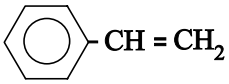
2p **19** Geef twee redenen, ontleend aan de chemie, waarom calciumoxide en natriumhydroxide beide geschikt zijn om door AMD vervuild mijnwater te zuiveren.

3p **20** Welk van beide stoffen heeft de voorkeur, gezien de kosten van het vervoer? Of maakt het (vrijwel) niet uit? Geef een verklaring voor je antwoord. Het maximaal laadvermogen van een vrachtwagen wordt uitgedrukt in kg.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Styreen

Hiernaast is de structuurformule van styreen afgebeeld.
Styreen is de grondstof voor een aantal kunststoffen.
Eén van die kunststoffen is ABS (Acrylonitril-Butadieen-Styreen).



styreen

Eén van de grondstoffen voor de bereiding van ABS is een polymeer van 1,3-butadieen. Als 1,3-butadieen polymeriseert, zijn de koolstofatomen 1 en 4 betrokken bij de polymerisatie.
In een molecuul van dit polybutadieen is hierdoor per monomere eenheid nog een C = C binding in de hoofdketen aanwezig. Door de aanwezigheid van deze C = C bindingen kan polybutadieen met acrylonitril en styreen reageren. Er ontstaan dan zijtakken aan de polybutadieenmoleculen waarin moleculen acrylonitril en styreen zijn verwerkt.
Hiernaast is de structuurformule van acrylonitril afgebeeld.

$CH_2 = CH - CN$
acrylonitril

2p **21** Geef van het hierboven beschreven polybutadieen een gedeelte uit het midden van een polymeermolecuul in structuurformule weer. Dit gedeelte dient te zijn opgebouwd uit twee monomeereenheden. Houd geen rekening met eventuele *cis-trans* isomerie.

2p **22** Geef de structuurformule van een fragment van een molecuul ABS. Dit fragment moet bestaan uit één polybutadieen-eenheid, één acrylonitril-eenheid en één styreen-eenheid. Geef hierbij de CN groep van acrylonitril als –CN weer.

Eén van de manieren om styreen in de industrie te produceren, is door ontleding van ethylbenzeen. Dit is een evenwichtsreactie waarin behalve styreen ook waterstof ontstaat. De ontledingsreactie is endotherm.
De omstandigheden in de reactor zijn zodanig dat alle stoffen in de gasfase verkeren. Om de jaaropbrengst aan styreen zo hoog mogelijk te maken, wordt de reactie bij hoge temperatuur uitgevoerd.

2p **23** Geef twee redenen waarom het voor de jaaropbrengst voordelig is om de reactie bij een hoge temperatuur uit te voeren. Licht je antwoord toe.

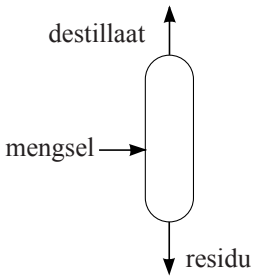
Het voor de bereiding van styreen benodigde ethylbenzeen wordt in een apart proces bereid. Daartoe laat men etheen reageren met benzeen. Er ontstaan hierbij ook bijproducten. Het ontstane ethylbenzeen kan namelijk met etheen doorreageren onder vorming van di-ethylbenzenen. En ook de di-ethylbenzenen kunnen met etheen reageren, waarbij tri-ethylbenzenen worden gevormd.

De di- en tri-ethylbenzenen worden vervolgens in een aparte reactor met benzeen omgezet tot ethylbenzeen. In een fabriek voor de industriële bereiding van styreen worden beide processen (de bereiding en ontleding van ethylbenzeen) gecombineerd. In het totale proces worden drie reactoren gebruikt en drie destillatiekolommen. Hieronder volgt een beschrijving van het totale proces.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

– In reactor 1 (R1) laat men etheen reageren met benzeen. Men gebruikt overmaat benzeen. Hier ontstaat een mengsel van ethylbenzeen, di- en tri-ethylbenzenen en niet-gereageerd benzeen. Alle etheen reageert.
– In destillatiekolom 1 (K1) wordt benzeen afgescheiden uit het mengsel dat erin komt.
– In destillatiekolom 2 (K2) wordt het ethylbenzeen uit het residu van K1 afgescheiden.
– In reactor 2 (R2) worden de di- en tri-ethylbenzenen met benzeen omgezet tot ethylbenzeen. Ook hier gebruikt men overmaat benzeen. Alle di- en tri-ethylbenzenen worden omgezet.
– In reactor 3 (R3) vindt de ontleding van ethylbenzeen plaats. Omdat dit een evenwichtsreactie is, verlaat een mengsel van ethylbenzeen, styreen en waterstof deze reactor.
– Het mengsel dat uit R3 komt, wordt eerst afgekoeld zodat ethylbenzeen en styreen vloeibaar worden. Het dan nog aanwezige gasvormige waterstof wordt via een ventiel (V) verwijderd en opgevangen.
– Het overblijvende mengsel van ethylbenzeen en styreen wordt in destillatiekolom 3 (K3) gescheiden.

Op de uitwerkbijlage bij dit examen, is een onvolledig blokschema voor het totale proces weergegeven. Alle reactoren en destillatiekolommen zijn hierin getekend. Een groot deel van de stofstromen ontbreekt.
Bij de destillatiekolommen wordt aangegeven welke stof de kolom via de top verlaat en welke stoffen via de onderkant worden afgevoerd (zie de figuur hiernaast).



De cijfers in het blokschema verwijzen naar de volgende stoffen:

1	benzeen	4	di-ethylbenzenen	7	waterstof
2	etheen	5	tri-ethylbenzenen		
3	ethylbenzeen	6	styreen		

4p **24** Teken in het blokschema op de uitwerkbijlage de ontbrekende stofstromen.
– Zet bij deze stofstromen met cijfers welke stof(fen) daar bij hoort (horen).
– Geef ook aan welke stoffen bij de diverse destillatiekolommen via de top en via de onderkant worden afgevoerd. De kookpunten/kooktemperaturen van de diverse stoffen zijn als volgt:

benzeen	80 °C	di-ethylbenzenen	182 – 184 °C
etheen	– 104 °C	tri-ethylbenzenen	216 – 218 °C
ethylbenzeen	136 °C	styreen	145 °C

Houd rekening met het feit dat men, waar mogelijk, stoffen recirculeert.

Let op: de laatste vragen van dit examen staan op de volgende pagina.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

In de fabriek wordt ook rekening gehouden met een zo zuinig mogelijk gebruik van energie. Energie die in een reactor vrijkomt, kan bijvoorbeeld worden gebruikt om een andere reactor te verwarmen.
De reactie die in reactor 1 verloopt kan als volgt worden weergegeven:

$$C_6H_6\ (l) + C_2H_4\ (g) \rightarrow C_6H_5\text{-}C_2H_5\ (g)$$

De reactie-energie van deze reactie is $-0{,}72 \cdot 10^5$ J per mol benzeen.

2p **25** Geef de reactievergelijking van de reactie die in reactor 3 verloopt. Gebruik structuurformules voor de organische stoffen.

3p **26** Bereken de reactie-energie per mol styreen van de reactie die in reactor 3 verloopt en laat zien of de reactie-energie uit reactor 1 voldoende is om de reactie in reactor 3 te laten verlopen.
De vormingswarmte van styreen (gas) is $+1{,}48 \cdot 10^5$ J mol^{-1}.

Omdat voor het totale proces inclusief destillaties energie nodig is, moet energie gewonnen worden uit een verbrandingsreactie. De keuze is verbranding van het in het proces geproduceerde waterstof of de verbranding van extra in te kopen aardgas. Het waterstof kan dan worden verkocht. Inkoop van aardgas kost voor grootverbruikers € 0,0235 per kWh. De prijs van waterstof is € 2,50 per kg.

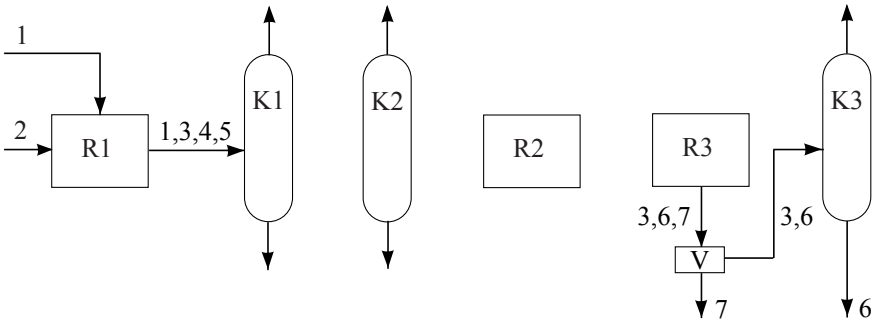
3p **27** Laat met een berekening zien of het voor de fabriek financieel voordeliger is om het gevormde waterstof te verkopen of te verbranden (T=273 K; $p=p_0$).
Gebruik Binas-tabel 28A.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

uitwerkbijlage

Naam kandidaat _____ Kandidaatnummer _____

24



VERGEET NIET DEZE UITWERKBIJLAGE IN TE LEVEREN

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Examen VWO

2010

tijdvak 1
woensdag 26 mei
13.30 - 16.30 uur

scheikunde

tevens oud programma **scheikunde 1,2**

Bij dit examen hoort een uitwerkbijlage.

Dit examen bestaat uit 26 vragen.
Voor dit examen zijn maximaal 72 punten te behalen.
Voor elk vraagnummer staat hoeveel punten met een goed antwoord behaald kunnen worden.

Als bij een vraag een verklaring, uitleg, berekening of afleiding gevraagd wordt, worden aan het antwoord meestal geen punten toegekend als deze verklaring, uitleg, berekening of afleiding ontbreekt.

Geef niet meer antwoorden (redenen, voorbeelden e.d.) dan er worden gevraagd. Als er bijvoorbeeld twee redenen worden gevraagd en je geeft meer dan twee redenen, dan worden alleen de eerste twee in de beoordeling meegeteld.

VW-1028-a-10-1-o

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Sommige soorten nikkelhoudend erts bevatten pentlandiet. Pentlandiet wordt vaak weergegeven met de formule $Fe_4Ni_5S_8$. Bij de industriële bereiding van nikkel uit pentlandiet zet men eerst het pentlandiet met zuurstof uit de lucht om tot nikkel(II)oxide. Het zwaveldioxide dat bij deze reactie tevens ontstaat, moet zoveel mogelijk worden verwijderd uit de gassen die de fabriek uitstoot. Daarom moet de concentratie van het zwaveldioxide in het uitgestoten gas steeds worden gecontroleerd. Bij zo'n bepaling worden de gassen eerst geleid in een oplossing van jood. Met zwaveldioxide treedt dan de volgende reactie op:

$$I_2 + SO_2 + 2\,H_2O \rightarrow 2\,I^- + SO_4^{2-} + 4\,H^+$$

Vervolgens wordt de ontstane oplossing getitreerd.

3p **1** Beschrijf globaal hoe zo'n bepaling van de concentratie zwaveldioxide in de gassen die de fabriek uitstoot, kan worden uitgevoerd.
- Vermeld in je beschrijving of stoffen al dan niet in overmaat moeten worden toegevoegd en van welke stoffen en/of oplossingen de hoeveelheid en/of molariteit bekend moet zijn.
- Noem in je beschrijving een oplossing waarmee kan worden getitreerd nadat de reactie met de joodoplossing heeft plaatsgevonden.
- In je beschrijving hoef je niet te vermelden hoe het eindpunt van de titratie kan worden bepaald.

Bij de bereiding van zeer zuiver nikkel speelt de stof nikkeltetracarbonyl, $Ni(CO)_4$, een belangrijke rol. Deze stof ontstaat als men nikkel laat reageren met koolstofmonooxide. Dit is een evenwichtsreactie:

$$Ni(s) + 4\,CO(g) \rightleftarrows Ni(CO)_4(g) \qquad \text{(evenwicht 1)}$$

Dit evenwicht ligt bij 330 K uiterst rechts en bij 500 K is het evenwicht vrijwel aflopend naar links. Op dit verschil in ligging van het evenwicht is de productie van zeer zuiver nikkel gebaseerd.
De waarde van de evenwichtsconstante van evenwicht 1 is afhankelijk van de temperatuur. Men kan de evenwichtsconstante bij 330 K aanduiden als K_{330} en bij 500 K als K_{500}.

2p **2** Leg met behulp van de hierboven vermelde gegevens uit of de reactie naar rechts van bovengenoemd evenwicht exotherm is of endotherm.

3p **3** Geef de evenwichtsvoorwaarde voor evenwicht 1 en leg uit of K_{330} groter of kleiner is dan K_{500}.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Het nikkel(II)oxide dat uit het pentlandiet ontstaat, bevat nog verontreinigingen. Bij de omzetting van dit ruwe nikkel(II)oxide tot nikkel laat men het nikkel(II)oxide eerst reageren met waterstof. Het voor deze reactie benodigde waterstof verkrijgt men door methaan (aardgas) met stoom te laten reageren. Hieronder is het proces voor de bereiding van nikkel uit ruw nikkel(II)oxide beschreven.

- Methaan en stoom laat men in een reactor (reactor 1) reageren. Hierbij ontstaan waterstof, koolstofmonooxide en koolstofdioxide.
- Het gasmengsel uit reactor 1 gaat naar een scheidingsruimte (scheidingsruimte 1). Bij de scheidingen die daar plaatsvinden, worden de drie gassen afzonderlijk verkregen.
- In een volgende reactor (reactor 2) laat men het ruwe nikkel(II)oxide reageren met waterstof. In deze reactor gebruikt men overmaat waterstof. Er ontstaan waterdamp en ruw nikkel. Dit ruwe nikkel bevat nog verontreinigingen.
- Het gasmengsel van waterdamp en niet-gereageerd waterstof wordt naar een scheidingsruimte (scheidingsruimte 2) geleid, waar het wordt afgekoeld.
- Het ruwe nikkel wordt naar de derde reactor (reactor 3) geleid. Daar laat men het bij 330 K reageren met koolstofmonooxide. In reactor 3 is constant overmaat koolstofmonooxide aanwezig. Alle nikkel wordt in deze reactor omgezet tot nikkeltetracarbonyl. De overgebleven verontreinigingen zijn vaste stoffen en worden als afval afgevoerd.
- Het nikkeltetracarbonyl en de overmaat koolstofmonooxide worden naar reactor 4 geleid. Daar wordt bij 500 K alle nikkeltetracarbonyl omgezet tot nikkel en koolstofmonooxide. Het ontstane nikkel is zeer zuiver.

Een onvolledig blokschema voor dit proces staat op de uitwerkbijlage die bij dit examen hoort.

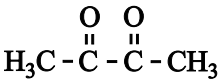
4p **4** Maak het blokschema op de uitwerkbijlage compleet door het plaatsen van blokken voor scheidingsruimte 2 en reactor 3 en reactor 4. Teken in het blokschema ook de ontbrekende stofstromen. Houd daarbij rekening met hergebruik van stoffen; water dat uit scheidingsruimte 2 komt, wordt niet hergebruikt.

5p **5** Bereken hoeveel m^3 methaan (298 K, $p = p_0$) nodig is voor de productie van 1,0 ton nikkel. Ga daarbij uit van de volgende gegevens:
- koolstofmonooxide en koolstofdioxide ontstaan in reactor 1 in de molverhouding 2 : 1;
- nikkel(II)oxide en waterstof reageren in reactor 2 in de molverhouding 1 : 1;
- een ton is 10^3 kg.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Slechte smaak

Eén van de angsten van bierbrouwers is dat hun product een slechte smaak heeft. Een slechte smaak kan worden veroorzaakt door diacetyl (zie de structuurformule hiernaast). Diacetyl geeft bier een botersmaak.



diacetyl

De concentratie diacetyl in bier kan met behulp van gaschromatografie worden bepaald. Daartoe moet tenminste twee keer een chromatogram worden opgenomen.

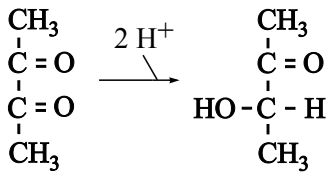
3p **6** Geef aan wat je bij het opnemen van beide chromatogrammen moet injecteren en geef aan hoe je uit de verkregen chromatogrammen de concentratie diacetyl kunt bepalen.

Tijdens het brouwen van bier wordt in gistcellen glucose in een aantal stappen enzymatisch omgezet. Daarbij wordt onder andere pyrodruivenzuur gevormd, een stof met de molecuulformule $C_3H_4O_3$. Een groot deel van het pyrodruivenzuur wordt door de gistcellen omgezet tot ethanol. De gistcellen zullen echter uit pyrodruivenzuur ook de stof α-acetomelkzuur vormen. Bij de vorming van α-acetomelkzuur uit pyrodruivenzuur ontstaat één andere stof. α-Acetomelkzuur heeft de molecuulformule $C_5H_8O_4$.

4p **7** Geef de reactievergelijking voor het ontstaan van α-acetomelkzuur uit pyrodruivenzuur. Noteer daarin pyrodruivenzuur en α-acetomelkzuur in structuurformule; gebruik daarbij de volgende gegevens:

- de systematische naam van pyrodruivenzuur is: 2-oxo-propaanzuur;
- de systematische naam van α-acetomelkzuur is: 2-hydroxy-2-methyl-3-oxo-butaanzuur;
- het voorvoegsel ‘oxo’ geeft aan dat in het molecuul de groep $C=O$ aanwezig is (zie Binas-tabel 66D).

Een deel van het ontstane α-acetomelkzuur wordt buiten de gistcel omgezet tot diacetyl. Het gevormde diacetyl kan door de gistcellen weer worden opgenomen en enzymatisch worden omgezet tot acetoïne. Acetoïne is minder nadelig voor de smaak van het bier dan diacetyl.
In een artikel dat onder andere over de vorming en omzetting van diacetyl gaat, wordt de omzetting van diacetyl tot acetoïne als volgt schematisch weergegeven:

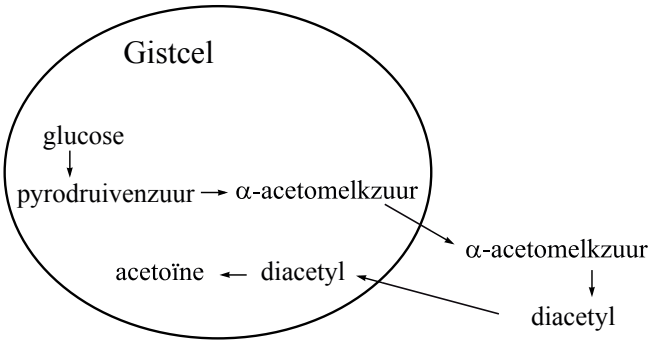


diacetyl acetoïne

2p **8** Is de omzetting van diacetyl tot acetoïne een zuur-base reactie of een redoxreactie? Geef een verklaring voor je antwoord.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

De hiervoor beschreven omzettingen van glucose tot diacetyl en acetoïne zijn hiernaast schematisch samengevat.
Voor de omzettingen in de gistcel zijn enzymen nodig. De omzetting buiten de gistcel is een langzame reactie waarbij enzymen geen rol spelen.



Bij de bierproductie is het dus van belang dat het gistingsproces voldoende tijd krijgt. Een te korte gistingsduur kan nadelig zijn voor de smaak. De gistingsduur kan niet worden verkort door de temperatuur te verhogen, want gistcellen gaan boven 30 °C dood.
Op internet staat een eenvoudige test beschreven, de zogenoemde diacetyl-test, waarmee kan worden nagegaan of het gistingsproces lang genoeg heeft geduurd.

diacetyl-test

- neem twee monsters van het brouwsel en nummer deze 1 en 2
- plaats monster 1 gedurende 10 - 20 minuten in een waterbad van 60 - 70 °C
- bewaar monster 2 bij kamertemperatuur
- koel monster 1 af tot kamertemperatuur
- proef beide monsters
- noteer of een botersmaak is waar te nemen

In principe zijn er voor de uitkomst van de test vier combinaties, die in onderstaande tabel met de letters A, B, C en D zijn aangegeven. Een + in deze tabel betekent dat een botersmaak wordt waargenomen. Een – geeft aan dat geen botersmaak wordt waargenomen.

	A	B	C	D
monster 1 (verwarmd)	+	–	+	–
monster 2 (niet verwarmd)	+	–	–	+

Op de website wordt aan de combinatie die onder de letter D staat geen aandacht besteed. Het is namelijk zeer onwaarschijnlijk dat de test resultaat D oplevert. De andere drie combinaties kunnen wel optreden.

2p **9** Leg uit waarom het zeer onwaarschijnlijk is dat de test resultaat D oplevert. Maak gebruik van in deze opgave verstrekte gegevens met betrekking tot de reacties die in en buiten de gistcel plaatsvinden.

2p **10** Geef twee mogelijke oorzaken voor de afwezigheid van een botersmaak in monster 2 en leg uit waarom men in dat geval ook het verwarmde monster moet proeven om na te gaan of het gistingsproces lang genoeg heeft geduurd. Verwerk in je uitleg gegevens met betrekking tot de reacties die in en buiten de gistcel plaatsvinden.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Stinkdier

Wanneer stinkdieren worden belaagd, scheiden zij een vloeistof af met een zeer onaangename geur. De belagers slaan daardoor op de vlucht.
De samenstelling van stinkdiervloeistof is omstreeks 1895 voor het eerst onderzocht door T.B. Aldrich. De conclusie was dat stinkdiervloeistof één of meer zogenoemde thiolen bevat.
Een thiol is een organische verbinding met de karakteristieke groep $-SH$. Een thiol kan worden weergegeven met de formule $R-SH$; hierin stelt R een organische groep voor.
Aldrich maakte tijdens zijn onderzoek onder andere gebruik van het feit dat thiolen zwakke zuren zijn, en dat veel thiolen reageren met een oplossing van het zout lood(II)ethanoaat (lood(II)acetaat). Bij de reactie die optreedt als een thiol aan een oplossing van lood(II)ethanoaat wordt toegevoegd, ontstaat een geel neerslag van de stof lood(II)mercaptide, $Pb(R-S)_2$. Tevens ontstaat ethaanzuur (azijnzuur).

3p **11** Geef de vergelijking van deze reactie. Gebruik voor de thiol en het lood(II)mercaptide de hierboven gegeven formules.

Aldrich hield een filtreerpapiertje, dat was bevochtigd met een oplossing van lood(II)ethanoaat, boven de stinkdiervloeistof. Het filtreerpapiertje kreeg een gele kleur (a).
Daarna loste hij wat stinkdiervloeistof op in overmaat kaliloog en hield een nieuw filtreerpapiertje met lood(II)ethanoaat boven de ontstane oplossing. Er trad geen verandering op het papiertje op (b).
Toen hij vervolgens overmaat verdund zwavelzuur toevoegde aan de oplossing van kaliloog en stinkdiervloeistof, was de gele kleur op het filtreerpapiertje weer te zien (c).

5p **12** Geef een verklaring voor de waarnemingen die hierboven met (a), (b) en (c) zijn aangegeven. Verwerk daarin de vergelijkingen van de reacties die optreden wanneer stinkdiervloeistof wordt toegevoegd aan kaliloog en vervolgens verdund zwavelzuur wordt toegevoegd.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Aldrich scheidde de stinkdiervloeistof in een aantal fracties. Van deze fracties bepaalde hij de massapercentages C, H en S. Daartoe werden de thiolen omgezet tot mercaptiden.
Bij de bepaling van het massapercentage C in de fractie met kooktraject tussen 100 ºC en 110 ºC (fractie α) verkreeg hij de volgende resultaten:
- uit 0,1535 g vloeistof ontstond 0,3239 g mercaptide;
- bij volledige verbranding van 0,2453 g van het ontstane mercaptide ontstond 0,2277 g koolstofdioxide.

3p **13** Bereken het massapercentage C in fractie α.

Bij de bepaling van de massapercentages S vond Aldrich dat het massapercentage S van de fractie β met een hoger kooktraject (tussen 110 ºC en 120 ºC) lager was dan in fractie α. Aldrich had dat verwacht, op basis van de bindingen die voorkomen tussen de moleculen in de fracties en de veronderstelling dat fractie α en fractie β uitsluitend uit thiolen bestaan.

2p **14** Leg uit waarom het te verwachten is dat het massapercentage S in fractie β lager is dan in fractie α. Ga ervan uit dat fractie α en fractie β uitsluitend uit thiolen bestaan.

Uit zijn resultaten trok Aldrich de conclusie dat fractie α grotendeels uit 1-butaanthiol bestaat. De structuurformule van 1-butaanthiol is:

$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-SH$

1-Butaanthiol is echter niet de enige thiol met de formule C_4H_9SH.

3p **15** Leg uit hoeveel thiolen er, behalve 1-butaanthiol, bestaan met formule C_4H_9SH. Houd hierbij ook rekening met eventuele stereo-isomerie. Licht je antwoord toe met structuurformules.

In Noord-Amerika worden huisdieren soms door stinkdieren besproeid. Ze verspreiden daarna gedurende een lange tijd een ondraaglijke stank. Om die stank te laten verdwijnen, kunnen de huisdieren worden gewassen met een basische oplossing van waterstofperoxide. Om de juiste pH te verkrijgen, wordt natriumwaterstofcarbonaat gebruikt.
Aanbevolen wordt om de oplossing waarmee het huisdier moet worden gewassen als volgt te maken:
- neem 1 liter 3% waterstofperoxide-oplossing;
- voeg een kwart kopje (50 g) bakpoeder (natriumwaterstofcarbonaat) toe;
- voeg een theelepel afwasmiddel toe.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Omdat het waterstofcarbonaation een amfolyt is, is de $[H_3O^+]$ van een oplossing van natriumwaterstofcarbonaat zowel afhankelijk van de K_z als van de K_b van HCO_3^-. Bovendien is de $[H_3O^+]$ afhankelijk van K_w (de waterconstante).

De volgende formule geldt: $[H_3O^+] = \sqrt{\frac{K_w \times K_z}{K_b}}$.

2p **16** Bereken met behulp van bovenstaande formule de pH van een oplossing van natriumwaterstofcarbonaat (298 K).

2p **17** Wordt de pH van de oplossing hoger, of lager wanneer een half kopje bakpoeder in plaats van een kwart kopje wordt gebruikt, of krijg je een oplossing met dezelfde pH (298 K)? Geef een verklaring voor je antwoord.

In het basische milieu van de wasvloeistof komen de thiolen voor als mercaptide-ionen ($R-S^-$). De geur van de stinkdiervloeistof verdwijnt doordat de mercaptide-ionen door waterstofperoxide worden omgezet tot sulfonaationen ($R-SO_3^-$), de zuurrestionen van sulfonzuren ($R-SO_3H$).

3p **18** Geef de vergelijking van de halfreactie van de omzetting van het mercaptide in basisch milieu. In deze vergelijking komen behalve de formules $R-S^-$ en $R-SO_3^-$ ook nog H_2O, OH^- en e^- voor.

2p **19** Geef de vergelijking van de halfreactie van het waterstofperoxide en leid met behulp van de vergelijkingen van beide halfreacties de totale reactievergelijking af voor de reactie tussen mercaptide en waterstofperoxide in basisch milieu.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Het aminozuur fenylalanine wordt in het lichaam onder invloed van het enzym PAH (phenylalaninehydroxylase) omgezet tot het aminozuur tyrosine. Het begin van een molecuul PAH kan als volgt worden weergegeven:
Met - Ser - Thr ~.
De aminozuureenheid met nummer 1 heeft het NH_2 uiteinde van het molecuul.

3p **20** Geef het bovenbedoelde fragment van PAH in structuurformule weer.

Eén van de afwijkingen waarop pasgeboren baby's worden onderzocht, is PKU (**P**henyl**K**eton**U**rie). Bij mensen met PKU vindt de omzetting van fenylalanine tot tyrosine niet plaats. Fenylalanine hoopt zich dan op in het bloed, waardoor hersenbeschadigingen kunnen ontstaan.
Eén van de genetische oorzaken van PKU is een zogenoemde puntmutatie: bij mensen met PKU is in het gen dat codeert voor het enzym PAH op plaats 1222 één basenpaar anders dan bij mensen die geen PKU hebben. Daardoor wordt een eiwit gevormd waarin op één plaats in het molecuul een aminozuureenheid anders is dan in een PAH molecuul. Dit eiwit, dat hierna 'verkeerd-PAH' wordt genoemd, is niet in staat om fenylalanine om te zetten tot tyrosine.
DNA is opgebouwd uit twee ketens (strengen): de matrijsstreng en de coderende streng. De matrijsstreng wordt bij de eiwitsynthese afgelezen, waarbij het messenger-RNA (mRNA) wordt gevormd. Hieronder is een gedeelte weergegeven van de coderende streng van het gen dat op het DNA de informatie voor PAH bevat, en van de coderende streng van het gen dat op het DNA de informatie voor 'verkeerd-PAH' bevat.

	1215 ↓							1222 ↓							
PAH:	··· A	A	T	A	C	C	T	C	G	G	C	C	C	T	T ···
'verkeerd-PAH':	··· A	A	T	A	C	C	T	T	G	G	C	C	C	T	T ···

De code voor het aminozuur met nummer 1 begint bij het basenpaar met nummer 1.

1p **21** Leg uit wat het nummer is van de aminozuureenheid die in 'verkeerd-PAH' anders is dan in PAH.

3p **22** Geef het 3-lettersymbool van de aminozuureenheid in PAH en geef het 3-lettersymbool van de aminozuureenheid die op dezelfde plaats in 'verkeerd-PAH' anders is. Geef een verklaring voor je antwoord.

Als PKU is vastgesteld, wordt een eiwitarm dieet voorgeschreven. Door het dieet wordt precies de hoeveelheid fenylalanine ingenomen die nodig is voor het functioneren van het lichaam, maar beslist niet meer. Bovendien moet dagelijks een fenylalanine-vrij voedingssupplement worden ingenomen. Dit voedingssupplement bevat, behalve een kleine hoeveelheid tyrosine, nog enkele andere aminozuren zoals leucine.

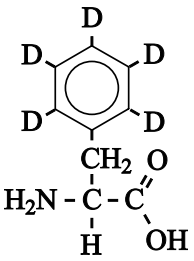
1p **23** Geef aan waarom leucine in het supplement aanwezig moet zijn.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

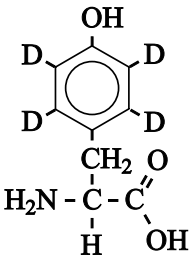
Op de verpakking van veel voedingsmiddelen staat de tekst ‘bevat een bron van fenylalanine’. Dit is om te voorkomen dat mensen met PKU via de voeding ongemerkt fenylalanine binnen krijgen. Aspartaam, een kunstmatige zoetstof, is zo’n stof die bij inname een ongewenste verhoging van het fenylalanine-gehalte in het bloed kan bewerkstelligen. Bij de omzetting van aspartaam in het lichaam wordt namelijk fenylalanine gevormd. Hierbij ontstaat uit één mol aspartaam één mol fenylalanine.
Voor gezonde mensen is de ADI waarde van aspartaam tamelijk hoog. Maar wanneer mensen met PKU deze stof gebruiken, kan dat leiden tot een onaanvaardbare stijging van de concentratie fenylalanine in het bloed.

4p **24** Ga door berekening na wat de toename van de hoeveelheid fenylalanine in het bloed is van iemand van 65 kg met 5,0 L bloed, die gedurende één dag de ADI aan aspartaam inneemt.
- Geef je antwoord in mg fenylalanine per dL bloed.
- Neem aan dat alle fenylalanine zich tijdens die dag in het bloed ophoopt.
- De molecuulmassa van aspartaam is 294,3 u.

Om vast te stellen of er sprake is van PKU worden de concentraties van fenylalanine en tyrosine in het bloed van pasgeboren baby’s bepaald. Een moderne methode om die concentraties te bepalen, maakt gebruik van de referentiestoffen fenylalanine-d_5 (Phe-d_5) en tyrosine-d_4 (Tyr-d_4); zie onderstaande structuurformules.



fenylalanine-d_5



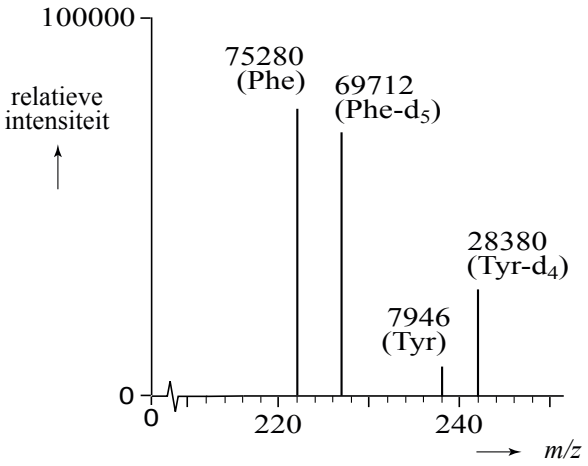
tyrosine-d_4

Het symbool D in deze formules staat voor deuterium, de isotoop H-2.
De aminozuren worden met methanol geëxtraheerd uit het bloed. In de methanol zijn de referentiestoffen opgelost. De oplossing van aminozuren in methanol wordt ingedampt. Aan het mengsel van aminozuren dat aldus wordt verkregen, wordt aangezuurd 1-butanol toegevoegd. Daarbij reageren alle aminozuren, ook de aminozuren die als referentiestoffen zijn toegevoegd, met 1-butanol onder vorming van de butylesters van de aminozuren.

2p **25** Geef de structuurformule van de ester van fenylalanine-d_5 en 1-butanol.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Doordat het toegevoegde 1-butanol een ruime overmaat zuur bevat, worden de aminogroepen in alle esters omgezet tot $-NH_3^+$ groepen.
Voor de verdere bepaling wordt een speciale vorm van massaspectrometrie toegepast. Bij deze methode vallen de positief geladen ('geprotoneerde') butylesters van de aminozuren niet uiteen in brokstukken; ze blijven intact.
Bij massaspectrometrie is de hoogte van de piek (de relatieve intensiteit) recht evenredig met het aantal mol van de stof die wordt gedetecteerd. Gelijke hoeveelheden van verschillende stoffen geven bij deze vorm van massaspectrometrie niet een even hoge piek. Gelijke hoeveelheden fenylalanine en fenylalanine-d_5 geven echter wel een even hoge piek en dat geldt ook voor tyrosine en tyrosine-d_4.
Een kleine hoeveelheid oplossing met de geprotoneerde butylesters wordt in de massaspectrometer gebracht.
Het deel van het massaspectrum dat bij het onderzoek van het bloed van een baby is verkregen en dat voor de bepaling van belang is, staat hieronder afgebeeld. De getallen bij de signalen zijn de relatieve intensiteiten.



De bepaling is zodanig uitgevoerd dat de pieken in het massaspectrum die betrekking hebben op de geprotoneerde butylesters van fenylalanine-d_5 en tyrosine-d_4 (de referentiestoffen), overeenkomen met 200 µmol fenylalanine-d_5 en 200 µmol tyrosine-d_4 per liter bloed.
In Nederland gaat men ervan uit dat er sprake is van PKU wanneer in het bloed de verhouding $\frac{[\text{Phe}]}{[\text{Tyr}]}$ groter is dan 1,7 en bovendien $[\text{Phe}]$ groter is dan 150 µmol per liter bloed.

3p **26** Ga door berekening na of de onderzochte baby aan PKU lijdt. Gebruik onder andere de relatieve intensiteiten die bij de pieken in het massaspectrum zijn vermeld.

Bronvermelding
Een opsomming van de in dit examen gebruikte bronnen, zoals teksten en afbeeldingen, is te vinden in het bij dit examen behorende correctievoorschrift, dat na afloop van het examen wordt gepubliceerd.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

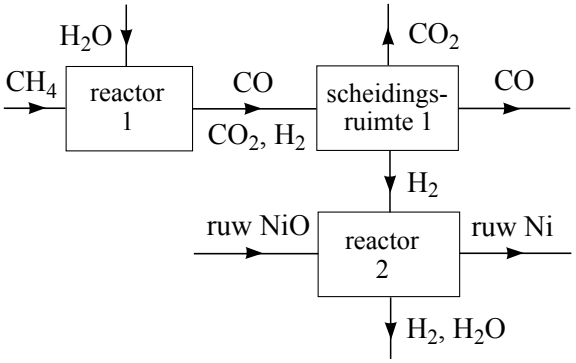
scheikunde 1,2 VWO

tevens oud programma

uitwerkbijlage

Naam kandidaat _____ Kandidaatnummer _____

4



VERGEET NIET DEZE UITWERKBIJLAGE IN TE LEVEREN

einde ■

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Examen VWO

2010

tijdvak 1
woensdag 26 mei
13.30 - 16.30 uur

scheikunde (pilot)

Bij dit examen hoort een uitwerkbijlage.

Dit examen bestaat uit 27 vragen.
Voor dit examen zijn maximaal 72 punten te behalen.
Voor elk vraagnummer staat hoeveel punten met een goed antwoord behaald kunnen worden.

Als bij een vraag een verklaring, uitleg, berekening of afleiding gevraagd wordt, worden aan het antwoord meestal geen punten toegekend als deze verklaring, uitleg, berekening of afleiding ontbreekt.

Geef niet meer antwoorden (redenen, voorbeelden e.d.) dan er worden gevraagd. Als er bijvoorbeeld twee redenen worden gevraagd en je geeft meer dan twee redenen, dan worden alleen de eerste twee in de beoordeling meegeteld.

VW-1028-f-10-1-o

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

De bereiding van nikkel uit erts

Sommige soorten nikkelhoudend erts bevatten pentlandiet. Pentlandiet wordt vaak weergegeven met de formule $Fe_4Ni_5S_8$. Bij de industriële bereiding van nikkel uit pentlandiet zet men eerst het pentlandiet met zuurstof uit de lucht om tot nikkel(II)oxide. Het zwaveldioxide dat bij deze reactie tevens ontstaat, moet zoveel mogelijk worden verwijderd uit de gassen die de fabriek uitstoot. Daarom moet de concentratie van het zwaveldioxide in het uitgestoten gas steeds worden gecontroleerd. Bij zo'n bepaling worden de gassen eerst geleid in een oplossing van jood. Met zwaveldioxide treedt dan de volgende reactie op:

$$I_2 + SO_2 + 2\,H_2O \rightarrow 2\,I^- + SO_4^{2-} + 4\,H^+$$

Vervolgens wordt de ontstane oplossing getitreerd.

3p **1** Beschrijf globaal hoe zo'n bepaling van de concentratie zwaveldioxide in de gassen die de fabriek uitstoot, kan worden uitgevoerd.
- Vermeld in je beschrijving of stoffen al dan niet in overmaat moeten worden toegevoegd en van welke stoffen en/of oplossingen de hoeveelheid en/of molariteit bekend moet zijn.
- Noem in je beschrijving een oplossing waarmee kan worden getitreerd nadat de reactie met de joodoplossing heeft plaatsgevonden.
- In je beschrijving hoef je niet te vermelden hoe het eindpunt van de titratie kan worden bepaald.

Bij de bereiding van zeer zuiver nikkel speelt de stof nikkeltetracarbonyl, $Ni(CO)_4$, een belangrijke rol. Deze stof ontstaat als men nikkel laat reageren met koolstofmonooxide. Dit is een evenwichtsreactie:

$$Ni(s) + 4\,CO(g) \rightleftarrows Ni(CO)_4(g) \qquad \text{(evenwicht 1)}$$

Dit evenwicht ligt bij 330 K uiterst rechts en bij 500 K is het evenwicht vrijwel aflopend naar links. Op dit verschil in ligging van het evenwicht is de productie van zeer zuiver nikkel gebaseerd.
De waarde van de evenwichtsconstante van evenwicht 1 is afhankelijk van de temperatuur. Men kan de evenwichtsconstante bij 330 K aanduiden als K_{330} en bij 500 K als K_{500}.

3p **2** Geef de evenwichtsvoorwaarde voor evenwicht 1 en leg uit of K_{330} groter of kleiner is dan K_{500}.

Het nikkel(II)oxide dat uit het pentlandiet ontstaat, bevat nog verontreinigingen. Bij de omzetting van dit ruwe nikkel(II)oxide tot nikkel laat men het nikkel(II)oxide eerst reageren met waterstof. Het voor deze reactie benodigde waterstof verkrijgt men door methaan (aardgas) met stoom te laten reageren.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Hieronder is het proces voor de bereiding van nikkel uit ruw nikkel(II)oxide beschreven.

- Methaan en stoom laat men in een reactor (reactor 1) reageren. Hierbij ontstaan waterstof, koolstofmonooxide en koolstofdioxide.
- Het gasmengsel uit reactor 1 gaat naar een scheidingsruimte (scheidingsruimte 1). Bij de scheidingen die daar plaatsvinden, worden de drie gassen afzonderlijk verkregen.
- In een volgende reactor (reactor 2) laat men het ruwe nikkel(II)oxide reageren met waterstof. In deze reactor gebruikt men overmaat waterstof. Er ontstaan waterdamp en ruw nikkel. Dit ruwe nikkel bevat nog verontreinigingen.
- Het gasmengsel van waterdamp en niet-gereageerd waterstof wordt naar een scheidingsruimte (scheidingsruimte 2) geleid, waar het wordt afgekoeld.
- Het ruwe nikkel wordt naar de derde reactor (reactor 3) geleid. Daar laat men het bij 330 K reageren met koolstofmonooxide. In reactor 3 is constant overmaat koolstofmonooxide aanwezig. Alle nikkel wordt in deze reactor omgezet tot nikkeltetracarbonyl. De overgebleven verontreinigingen zijn vaste stoffen en worden als afval afgevoerd.
- Het nikkeltetracarbonyl en de overmaat koolstofmonooxide worden naar reactor 4 geleid. Daar wordt bij 500 K alle nikkeltetracarbonyl omgezet tot nikkel en koolstofmonooxide. Het ontstane nikkel is zeer zuiver.

Een onvolledig blokschema voor dit proces staat op de uitwerkbijlage die bij dit examen hoort.

4p **3** Maak het blokschema op de uitwerkbijlage compleet door het plaatsen van blokken voor scheidingsruimte 2 en reactor 3 en reactor 4. Teken in het blokschema ook de ontbrekende stofstromen. Houd daarbij rekening met hergebruik van stoffen; water dat uit scheidingsruimte 2 komt, wordt niet hergebruikt.

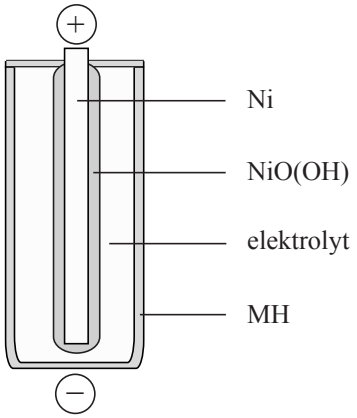
Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Nikkel-metaalhydride batterijen

Nikkel wordt tegenwoordig vaak toegepast in de zogenoemde nikkel-metaalhydride batterijen. De ene elektrode van zo'n batterij bestaat uit nikkel met daarop een laagje nikkeloxyhydroxide, $NiO(OH)$. De andere elektrode is een legering van nikkel en een aantal andere metalen waarin waterstofatomen zijn gebonden. Deze elektrode wordt aangeduid met MH. Tijdens stroomlevering treden de volgende reacties op:

$NiO(OH) + H_2O + e^- \rightarrow Ni(OH)_2 + OH^-$ (halfreactie 1)
$MH + OH^- \rightarrow H_2O + M + e^-$ (halfreactie 2)

Hiernaast staat een vereenvoudigde weergave van een nikkel-metaalhydride batterij. In deze weergave is niet vermeld welke stof wordt gebruikt als elektrolyt.



1p **4** Geef de naam van een stof die in de nikkel-metaalhydride batterij als elektrolyt kan worden gebruikt.

Nikkel-metaalhydride batterijen zijn oplaadbaar.

2p **5** Leg uit, aan de hand van de reacties die tijdens het opladen optreden, dat deze batterij oplaadbaar is.

De ontwikkeling van dergelijke batterijen wordt gezien als een stap naar duurzamer omgaan met energie en grondstoffen. Ze zijn vele malen oplaadbaar, waardoor minder wegwerpbatterijen nodig zijn. Er is echter nog een aantal voorwaarden waaraan moet worden voldaan, voordat de toepassing van deze batterijen duurzaam kan worden genoemd.

2p **6** Noem nog twee voorwaarden, geen sociale of economische, waaraan moet worden voldaan zodat de productie en het gebruik van oplaadbare nikkel-metaalhydride batterijen duurzaam kan worden genoemd.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Het aminozuur fenylalanine wordt in het lichaam onder invloed van het enzym PAH (phenylalaninehydroxylase) omgezet tot het aminozuur tyrosine. Het begin van een molecuul PAH kan als volgt worden weergegeven:
Met - Ser - Thr ~.
De aminozuureenheid met nummer 1 heeft het NH_2 uiteinde van het molecuul.

3p **7** Geef het bovenbedoelde fragment van PAH in structuurformule weer.

Eén van de afwijkingen waarop pasgeboren baby's worden onderzocht, is PKU (**P**henyl**K**eton**U**rie). Bij mensen met PKU vindt de omzetting van fenylalanine tot tyrosine niet plaats. Fenylalanine hoopt zich dan op in het bloed, waardoor hersenbeschadigingen kunnen ontstaan.

Als PKU is vastgesteld, wordt een eiwitarm dieet voorgeschreven. Door het dieet wordt precies de hoeveelheid fenylalanine ingenomen die nodig is voor het functioneren van het lichaam, maar beslist niet meer. Bovendien moet dagelijks een fenylalanine-vrij voedingssupplement worden ingenomen. Dit voedingssupplement bevat, behalve een kleine hoeveelheid tyrosine, nog enkele andere aminozuren zoals leucine.

1p **8** Geef aan waarom leucine in het supplement aanwezig moet zijn.

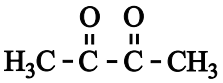
Op de verpakking van veel voedingsmiddelen staat de tekst 'bevat een bron van fenylalanine'. Dit is om te voorkomen dat mensen met PKU via de voeding ongemerkt fenylalanine binnen krijgen. Aspartaam, een kunstmatige zoetstof, is zo'n stof die bij inname een ongewenste verhoging van het fenylalanine-gehalte in het bloed kan bewerkstelligen. Bij de omzetting van aspartaam in het lichaam wordt namelijk fenylalanine gevormd. Hierbij ontstaat uit één mol aspartaam één mol fenylalanine.
Voor gezonde mensen is de ADI waarde van aspartaam tamelijk hoog. Maar wanneer mensen met PKU deze stof gebruiken, kan dat leiden tot een onaanvaardbare stijging van de concentratie fenylalanine in het bloed.

4p **9** Bereken de toename van het fenylalaninegehalte in het bloed van iemand die gedurende één dag de ADI aan aspartaam inneemt.
- Ga uit van iemand met een massa van 65 kg die 5,0 L bloed heeft.
- Geef je antwoord in mg fenylalanine per dL bloed.
- Neem aan dat alle fenylalanine zich tijdens die dag in het bloed ophoopt.
- De molecuulmassa van aspartaam is 294,3 u.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Slechte smaak van bier

Eén van de angsten van bierbrouwers is dat hun product een slechte smaak heeft. Een slechte smaak kan worden veroorzaakt door diacetyl (zie de structuurformule hiernaast). Diacetyl geeft bier een botersmaak.



diacetyl

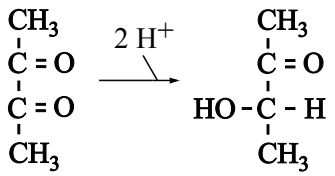
Met behulp van chromatografie kan worden aangetoond dat diacetyl in bier voorkomt.

2p **10** Beschrijf hoe je door middel van chromatografie kunt aantonen dat diacetyl in bier voorkomt. Geef ook aan waaruit blijkt dat in het onderzochte bier inderdaad diacetyl voorkomt.

Tijdens het brouwen van bier wordt in gistcellen glucose in een aantal stappen enzymatisch omgezet. Daarbij wordt onder andere pyrodruivenzuur gevormd, een stof met de molecuulformule $C_3H_4O_3$. Een groot deel van het pyrodruivenzuur wordt door de gistcellen omgezet tot ethanol.
De gistcellen zullen echter uit pyrodruivenzuur ook de stof α-acetomelkzuur vormen. Bij de vorming van α-acetomelkzuur uit pyrodruivenzuur ontstaat één andere stof. α-Acetomelkzuur heeft de molecuulformule $C_5H_8O_4$.

4p **11** Geef de reactievergelijking voor het ontstaan van α-acetomelkzuur uit pyrodruivenzuur. Noteer daarin pyrodruivenzuur en α-acetomelkzuur in structuurformule; gebruik daarbij de volgende gegevens:
- de systematische naam van pyrodruivenzuur is: 2-oxo-propaanzuur;
- de systematische naam van α-acetomelkzuur is: 2-hydroxy-2-methyl-3-oxo-butaanzuur;
- het voorvoegsel ‘oxo’ geeft aan dat in het molecuul de groep $C=O$ aanwezig is (zie Binas-tabel 66D).

Een deel van het ontstane α-acetomelkzuur wordt buiten de gistcel omgezet tot diacetyl. Het gevormde diacetyl kan door de gistcellen weer worden opgenomen en enzymatisch worden omgezet tot acetoïne. Acetoïne is minder nadelig voor de smaak van het bier dan diacetyl.
In een artikel dat onder andere over de vorming en omzetting van diacetyl gaat, wordt de omzetting van diacetyl tot acetoïne als volgt schematisch weergegeven:

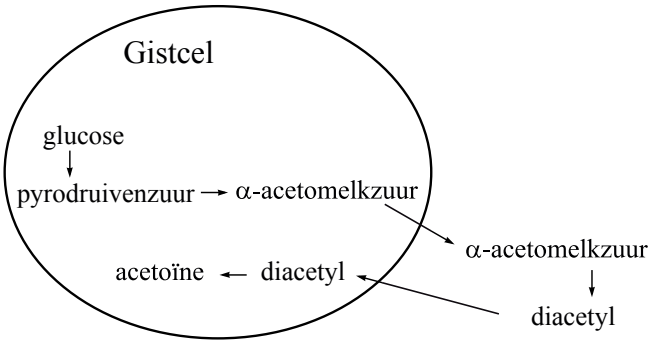


diacetyl acetoïne

2p **12** Is de omzetting van diacetyl tot acetoïne een zuur-base reactie of een redoxreactie? Geef een verklaring voor je antwoord.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

De hiervoor beschreven omzettingen van glucose tot diacetyl en acetoïne zijn hiernaast schematisch samengevat. Voor de omzettingen in de gistcel zijn enzymen nodig. De omzetting buiten de gistcel is een langzame reactie waarbij enzymen geen rol spelen.



Bij de bierproductie is het dus van belang dat het gistingsproces voldoende tijd krijgt. Een te korte gistingsduur kan nadelig zijn voor de smaak. De gistingsduur kan niet worden verkort door de temperatuur te verhogen, want gistcellen gaan boven 30 °C dood.
Op internet staat een eenvoudige test beschreven, de zogenoemde diacetyl-test, waarmee kan worden nagegaan of het gistingsproces lang genoeg heeft geduurd.

diacetyl-test

- neem twee monsters van het brouwsel en nummer deze 1 en 2
- plaats monster 1 gedurende 10 - 20 minuten in een waterbad van 60 - 70 °C
- bewaar monster 2 bij kamertemperatuur
- koel monster 1 af tot kamertemperatuur
- proef beide monsters
- noteer of een botersmaak is waar te nemen

In principe zijn er voor de uitkomst van de test vier combinaties, die in onderstaande tabel met de letters A, B, C en D zijn aangegeven. Een + in deze tabel betekent dat een botersmaak wordt waargenomen. Een – geeft aan dat geen botersmaak wordt waargenomen.

	A	B	C	D
monster 1 (verwarmd)	+	–	+	–
monster 2 (niet verwarmd)	+	–	–	+

Op de website wordt aan de combinatie die onder de letter D staat geen aandacht besteed. Het is namelijk zeer onwaarschijnlijk dat de test resultaat D oplevert. De andere drie combinaties kunnen wel optreden.

2p **13** Leg uit waarom het zeer onwaarschijnlijk is dat de test resultaat D oplevert. Maak gebruik van in deze opgave verstrekte gegevens met betrekking tot de reacties die in en buiten de gistcel plaatsvinden.

2p **14** Geef twee mogelijke oorzaken voor de afwezigheid van een botersmaak in monster 2 en leg uit waarom men in dat geval ook het verwarmde monster moet proeven om na te gaan of het gistingsproces lang genoeg heeft geduurd. Verwerk in je uitleg gegevens met betrekking tot de reacties die in en buiten de gistcel plaatsvinden.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Analyse van stinkdiervloeistof

Wanneer stinkdieren worden belaagd, scheiden zij een vloeistof af met een zeer onaangename geur. De belagers slaan daardoor op de vlucht.
De samenstelling van stinkdiervloeistof is omstreeks 1895 voor het eerst onderzocht door T.B. Aldrich. De conclusie was dat stinkdiervloeistof één of meer zogenoemde thiolen bevat.
Een thiol is een organische verbinding met de karakteristieke groep $-SH$. Een thiol kan worden weergegeven met de formule $R-SH$; hierin stelt R een organische groep voor.
Aldrich maakte tijdens zijn onderzoek onder andere gebruik van het feit dat thiolen zwakke zuren zijn, en dat veel thiolen reageren met een oplossing van het zout lood(II)ethanoaat (lood(II)acetaat). Bij de reactie die optreedt als een thiol aan een oplossing van lood(II)ethanoaat wordt toegevoegd, ontstaat een geel neerslag van de stof lood(II)mercaptide, $Pb(R-S)_2$. Tevens ontstaat ethaanzuur (azijnzuur).

3p **15** Geef de vergelijking van deze reactie. Gebruik voor de thiol en het lood(II)mercaptide de hierboven gegeven formules.

Aldrich hield een filtreerpapiertje, dat was bevochtigd met een oplossing van lood(II)ethanoaat, boven de stinkdiervloeistof. Het filtreerpapiertje kreeg een gele kleur (a).
Daarna loste hij wat stinkdiervloeistof op in overmaat kaliloog en hield een nieuw filtreerpapiertje met lood(II)ethanoaat boven de ontstane oplossing. Er trad geen verandering op het papiertje op (b).
Toen hij vervolgens overmaat verdund zwavelzuur toevoegde aan de oplossing van kaliloog en stinkdiervloeistof, was de gele kleur op het filtreerpapiertje weer te zien (c).

5p **16** Geef een verklaring voor de waarnemingen die hierboven met (a), (b) en (c) zijn aangegeven. Verwerk daarin de vergelijkingen van de reacties die optreden wanneer stinkdiervloeistof wordt toegevoegd aan kaliloog en vervolgens verdund zwavelzuur wordt toegevoegd.

Aldrich scheidde met behulp van destillatie de stinkdiervloeistof in een aantal fracties. Van deze fracties bepaalde hij de massapercentages C, H en S. Hierbij vond hij dat in de fractie met kooktraject tussen 100 °C en 110 °C (fractie α) een hoger massapercentage S voorkwam dan in de fractie (fractie β) met een kooktraject tussen 110 °C en 120 °C.
Onder andere op basis van de veronderstelling dat fractie α en fractie β uitsluitend uit thiolen bestaan, had Aldrich dat verwacht.

3p **17** Leg uit, gebruikmakend van begrippen op microniveau, waarom het te verwachten is dat het massapercentage S in fractie β lager is dan in fractie α. Ga er vanuit dat fractie α en fractie β uitsluitend uit thiolen bestaan.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

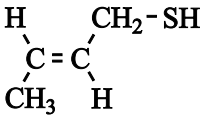
Uit zijn resultaten trok Aldrich de conclusie dat fractie α grotendeels uit 1-butaanthiol bestaat. De structuurformule van 1-butaanthiol is:

$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-SH$

1-Butaanthiol is echter niet de enige thiol met de formule C_4H_9SH.

3p **18** Leg uit hoeveel thiolen er, behalve 1-butaanthiol, bestaan met formule C_4H_9SH. Houd hierbij ook rekening met eventuele stereo-isomerie. Licht je antwoord toe met structuurformules.

Nader onderzoek heeft uitgewezen dat de meest voorkomende stof in stinkdiervloeistof de volgende structuurformule heeft:



Van deze stof bestaat een stereo-isomeer. Alleen de stereo-isomeer met de getekende structuurformule is in de stinkdiervloeistof aanwezig.

2p **19** Leg uit waarom van de stof met de hierboven afgebeelde structuurformule een stereo-isomeer bestaat.

2p **20** Geef een mogelijke verklaring waarom slechts één van de stereo-isomeren in de stinkdiervloeistof voorkomt.

In Noord-Amerika worden huisdieren soms door stinkdieren besproeid. Ze verspreiden daarna gedurende een lange tijd een ondraaglijke stank. Om die stank te laten verdwijnen, kunnen de huisdieren worden gewassen met een basische oplossing van waterstofperoxide.
In het basische milieu van de wasvloeistof komen de thiolen voor als mercaptide-ionen ($R-S^-$). De geur van de stinkdiervloeistof verdwijnt doordat de mercaptide-ionen door waterstofperoxide worden omgezet tot sulfonaationen ($R-SO_3^-$), de zuurrestionen van sulfonzuren ($R-SO_3H$).

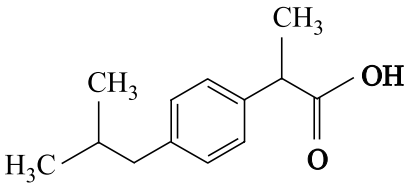
3p **21** Geef de vergelijking van de halfreactie van de omzetting van het mercaptide in basisch milieu. In deze vergelijking komen behalve de formules $R-S^-$ en $R-SO_3^-$ ook nog H_2O, OH^- en e^- voor.

2p **22** Geef de vergelijking van de halfreactie van het waterstofperoxide en leid met behulp van de vergelijkingen van beide halfreacties de totale reactievergelijking af voor de reactie tussen mercaptide en waterstofperoxide in basisch milieu.

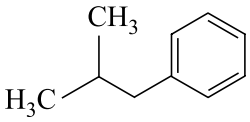
Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Twee syntheses van ibuprofen

Ibuprofen is een pijnstiller, die in grote hoeveelheden wordt gemaakt. Hieronder is de schematische structuurformule van ibuprofen weergegeven.



Er bestaan verschillende methodes om ibuprofen te synthetiseren. In de zestiger jaren van de vorige eeuw is de zogenoemde ‘Brown-synthese’ ontwikkeld. Deze synthese bestaat uit zes reactiestappen en heeft als belangrijkste beginstof iso-butylbenzeen, waarvan de schematische structuurformule als volgt is:



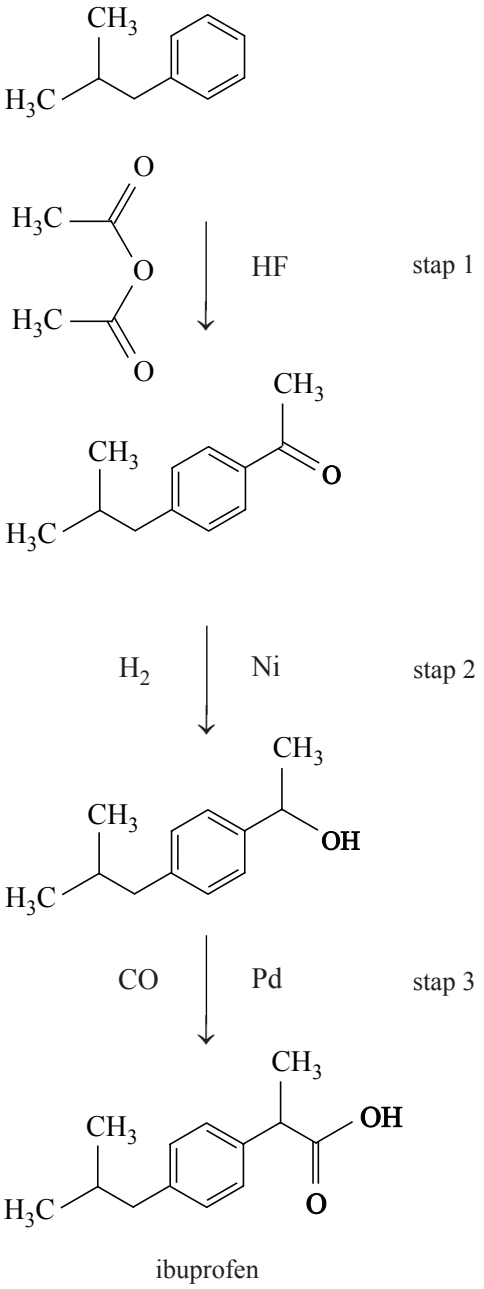
Een belangrijk aspect van een synthese is het rendement van het proces. Wanneer een proces uit meerdere reactiestappen bestaat, heeft dat vaak een verlaging van het rendement tot gevolg. Zo is het totale rendement van de Brown-synthese 53%.

3p **23** Bereken hoeveel gram ibuprofen kan worden bereid uit 50,0 g iso-butylbenzeen, als het rendement van het gehele proces 53% is. Neem aan dat alle andere beginstoffen in overmaat aanwezig zijn en dat de molverhouding iso-butylbenzeen : ibuprofen gelijk is aan 1 : 1.

Een ander belangrijk kenmerk van een synthese is de zogenoemde atoomefficiëntie, ook wel atoomeconomie genoemd. De atoomefficiëntie van de Brown-synthese is vrij laag.
Een synthese met een duidelijk hogere atoomefficiëntie is de zogenoemde BHC-synthese. Ook in deze synthese is iso-butylbenzeen de beginstof. De BHC-synthese is korter dan de Brown-synthese: hij bestaat uit drie reactiestappen die hierna schematisch zijn weergegeven.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

BHC-synthese



In deze weergave van de BHC-synthese zijn schematische structuurformules gebruikt. Links naast de reactiepijlen staan de reactanten weergegeven en rechts de katalysatoren (HF, Ni en Pd). Alle reactanten reageren in de molverhouding 1 : 1.
In het schema is één stof, die tijdens één van de reactiestappen ontstaat, niet aangegeven.

2p **24** Geef aan in welke stap van de BHC-synthese die stof ontstaat en geef de structuurformule van die stof. Noteer je antwoord als volgt:
In stap … ontstaat ook nog …

Let op: de laatste vragen van dit examen staan op de volgende pagina.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

In de BHC-synthese van ibuprofen ontstaat een mengsel van twee stereo-isomeren.

2p **25** Leg uit in welke stap van de BHC-synthese van ibuprofen voor het eerst een mengsel van stereo-isomeren ontstaat.

De BHC-synthese van ibuprofen heeft een veel hogere atoomefficiëntie dan de Brown-synthese. Dat is één van de redenen waarom de BHC-synthese als een ‘groene’ synthese wordt aangeduid.

3p **26** Bereken de atoomefficiëntie van de BHC-synthese van ibuprofen.

Twee leerlingen, Julia en Thomas, doen in het kader van een werkstuk over ‘Groene chemie’ een literatuuronderzoek naar beide syntheses (de Brown-synthese en de BHC-synthese) van ibuprofen. In dat werkstuk vergelijken ze onder andere de rendementen en atoomefficiënties van beide processen. Ze stellen zich daarbij de volgende vragen:
„Als een proces een hoge atoomefficiëntie heeft, heeft het dan ook een hoog rendement?” en omgekeerd: „Als een proces een hoog rendement heeft, is de atoomefficiëntie dan ook hoog?”

4p **27** Geef een beschouwing waarin je een onderbouwd antwoord geeft op beide bovenstaande vragen.

Bronvermelding

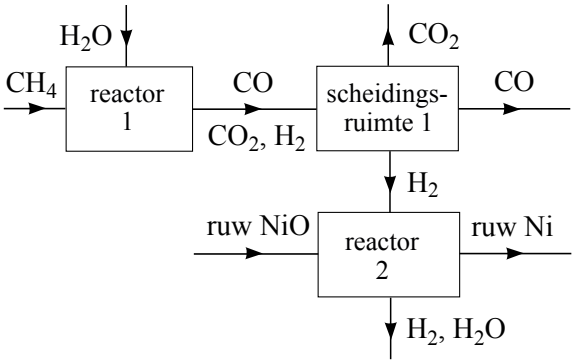
Een opsomming van de in dit examen gebruikte bronnen, zoals teksten en afbeeldingen, is te vinden in het bij dit examen behorende correctievoorschrift, dat na afloop van het examen wordt gepubliceerd.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

uitwerkbijlage

Naam kandidaat _____ Kandidaatnummer _____

3



VERGEET NIET DEZE UITWERKBIJLAGE IN TE LEVEREN

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Examen VWO

2010

tijdvak 1
woensdag 26 mei
13.30 - 16.30 uur

oud programma **scheikunde 1**

Dit examen bestaat uit 27 vragen.
Voor dit examen zijn maximaal 71 punten te behalen.
Voor elk vraagnummer staat hoeveel punten met een goed antwoord behaald kunnen worden.

Als bij een vraag een verklaring, uitleg, berekening of afleiding gevraagd wordt, worden aan het antwoord meestal geen punten toegekend als deze verklaring, uitleg, berekening of afleiding ontbreekt.

Geef niet meer antwoorden (redenen, voorbeelden e.d.) dan er worden gevraagd. Als er bijvoorbeeld twee redenen worden gevraagd en je geeft meer dan twee redenen, dan worden alleen de eerste twee in de beoordeling meegeteld.

VW-0182-a-10-1-o

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Het aminozuur fenylalanine wordt in het lichaam onder invloed van het enzym PAH (phenylalaninehydroxylase) omgezet tot het aminozuur tyrosine. Het begin van een molecuul PAH kan als volgt worden weergegeven:
Met - Ser - Thr ~.
De aminozuureenheid met nummer 1 heeft het NH_2 uiteinde van het molecuul.

3p **1** Geef het bovenbedoelde fragment van PAH in structuurformule weer.

Eén van de afwijkingen waarop pasgeboren baby's worden onderzocht, is PKU (**P**henyl**K**eton**U**rie). Bij mensen met PKU vindt de omzetting van fenylalanine tot tyrosine niet plaats. Fenylalanine hoopt zich dan op in het bloed, waardoor hersenbeschadigingen kunnen ontstaan.
Eén van de genetische oorzaken van PKU is een zogenoemde puntmutatie: bij mensen met PKU is in het gen dat codeert voor het enzym PAH op plaats 1222 één basenpaar anders dan bij mensen die geen PKU hebben. Daardoor wordt een eiwit gevormd waarin op één plaats in het molecuul een aminozuureenheid anders is dan in een PAH molecuul. Dit eiwit, dat hierna 'verkeerd-PAH' wordt genoemd, is niet in staat om fenylalanine om te zetten tot tyrosine.
DNA is opgebouwd uit twee ketens (strengen): de matrijsstreng en de coderende streng. De matrijsstreng wordt bij de eiwitsynthese afgelezen, waarbij het messenger-RNA (mRNA) wordt gevormd. Hieronder is een gedeelte weergegeven van de coderende streng van het gen dat op het DNA de informatie voor PAH bevat, en van de coderende streng van het gen dat op het DNA de informatie voor 'verkeerd-PAH' bevat.

	1215 ↓							1222 ↓							
PAH:	··· A	A	T	A	C	C	T	C	G	G	C	C	C	T	T ···
'verkeerd-PAH':	··· A	A	T	A	C	C	T	T	G	G	C	C	C	T	T ···

De code voor het aminozuur met nummer 1 begint bij het basenpaar met nummer 1.

1p **2** Leg uit wat het nummer is van de aminozuureenheid die in 'verkeerd-PAH' anders is dan in PAH.

3p **3** Geef het 3-lettersymbool van de aminozuureenheid in PAH en geef het 3-lettersymbool van de aminozuureenheid die op dezelfde plaats in 'verkeerd-PAH' anders is. Geef een verklaring voor je antwoord.

Als PKU is vastgesteld, wordt een eiwitarm dieet voorgeschreven. Door het dieet wordt precies de hoeveelheid fenylalanine ingenomen die nodig is voor het functioneren van het lichaam, maar beslist niet meer. Bovendien moet dagelijks een fenylalanine-vrij voedingssupplement worden ingenomen. Dit voedingssupplement bevat, behalve een kleine hoeveelheid tyrosine, nog enkele andere aminozuren zoals leucine.

1p **4** Geef aan waarom leucine in het supplement aanwezig moet zijn.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Op de verpakking van veel voedingsmiddelen staat de tekst ‘bevat een bron van fenylalanine’. Dit is om te voorkomen dat mensen met PKU via de voeding ongemerkt fenylalanine binnen krijgen. Aspartaam, een kunstmatige zoetstof, is zo’n stof die bij inname een ongewenste verhoging van het fenylalanine-gehalte in het bloed kan bewerkstelligen. Bij de omzetting van aspartaam in het lichaam wordt namelijk fenylalanine gevormd. Hierbij ontstaat uit één mol aspartaam één mol fenylalanine.
Voor gezonde mensen is de ADI waarde van aspartaam tamelijk hoog. Maar wanneer mensen met PKU deze stof gebruiken, kan dat leiden tot een onaanvaardbare stijging van de concentratie fenylalanine in het bloed.

4p **5** Ga door berekening na wat de toename van de hoeveelheid fenylalanine in het bloed is van iemand van 65 kg met 5,0 L bloed, die gedurende één dag de ADI aan aspartaam inneemt.
- Geef je antwoord in mg fenylalanine per dL bloed.
- Neem aan dat alle fenylalanine zich tijdens die dag in het bloed ophoopt.
- De molecuulmassa van aspartaam is 294,3 u.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Sommige soorten nikkelhoudend erts bevatten pentlandiet. Pentlandiet wordt vaak weergegeven met de formule $Fe_4Ni_5S_8$. Bij de industriële bereiding van nikkel uit pentlandiet zet men eerst het pentlandiet met zuurstof uit de lucht om tot nikkel(II)oxide. Daarbij ontstaan tevens ijzer(III)oxide en zwaveldioxide.

3p **6** Geef de vergelijking van deze reactie.

Bij de bereiding van zeer zuiver nikkel speelt de stof nikkeltetracarbonyl, $Ni(CO)_4$, een belangrijke rol. Deze stof ontstaat als men nikkel laat reageren met koolstofmonooxide. Dit is een evenwichtsreactie:

$$Ni(s) + 4\,CO(g) \rightleftarrows Ni(CO)_4(g) \qquad \text{(evenwicht 1)}$$

Dit evenwicht ligt bij 330 K uiterst rechts en bij 500 K is het evenwicht vrijwel aflopend naar links. Op dit verschil in ligging van het evenwicht is de productie van zeer zuiver nikkel gebaseerd.
De waarde van de evenwichtsconstante van evenwicht 1 is afhankelijk van de temperatuur. Men kan de evenwichtsconstante bij 330 K aanduiden als K_{330} en bij 500 K als K_{500}.

2p **7** Leg met behulp van de hierboven vermelde gegevens uit of de reactie naar rechts van bovengenoemd evenwicht exotherm is of endotherm.

3p **8** Geef de evenwichtsvoorwaarde voor evenwicht 1 en leg uit of K_{330} groter of kleiner is dan K_{500}.

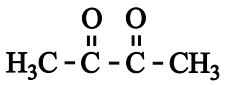
Bij de omzetting van het ruwe nikkel(II)oxide tot nikkel laat men het nikkel(II)oxide eerst reageren met waterstof. Het voor deze reactie benodigde waterstof verkrijgt men door methaan (aardgas) met stoom te laten reageren. Bij deze reactie ontstaan waterstof, koolstofmonooxide en koolstofdioxide. De koolstofmonooxide wordt gebruikt voor de zuivering van het ruwe nikkel dat bij de reactie van het ruwe nikkel(II)oxide met waterstof ontstaat.

5p **9** Bereken hoeveel m^3 methaan (298 K, $p = p_0$) nodig is voor de productie van 1,0 ton nikkel. Ga daarbij uit van de volgende gegevens:
- koolstofmonooxide en koolstofdioxide ontstaan in de molverhouding 2 : 1;
- nikkel(II)oxide en waterstof reageren in de molverhouding 1 : 1;
- een ton is 10^3 kg.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Slechte smaak

Eén van de angsten van bierbrouwers is dat hun product een slechte smaak heeft. Een slechte smaak kan worden veroorzaakt door diacetyl (zie de structuurformule hiernaast). Diacetyl geeft bier een botersmaak.



diacetyl

Tijdens het brouwen van bier wordt in gistcellen glucose in een aantal stappen enzymatisch omgezet. Daarbij wordt onder andere pyrodruivenzuur gevormd, een stof met de molecuulformule $C_3H_4O_3$. Een groot deel van het pyrodruivenzuur wordt door de gistcellen omgezet tot ethanol. De gistcellen zullen echter uit pyrodruivenzuur ook de stof α-acetomelkzuur vormen. Bij de vorming van α-acetomelkzuur uit pyrodruivenzuur ontstaat één andere stof. α-Acetomelkzuur heeft de molecuulformule $C_5H_8O_4$.

4p **10** Geef de reactievergelijking voor het ontstaan van α-acetomelkzuur uit pyrodruivenzuur. Noteer daarin pyrodruivenzuur en α-acetomelkzuur in structuurformule; gebruik daarbij de volgende gegevens:
- de systematische naam van pyrodruivenzuur is: 2-oxo-propaanzuur;
- de systematische naam van α-acetomelkzuur is: 2-hydroxy-2-methyl-3-oxo-butaanzuur;
- het voorvoegsel ‘oxo’ geeft aan dat in het molecuul de groep $C=O$ aanwezig is (zie Binas-tabel 66D).

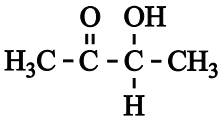
Een deel van het ontstane α-acetomelkzuur wordt buiten de gistcel omgezet tot diacetyl. Wanneer de concentratie diacetyl in het bier boven 0,10 mg L^{-1} komt (de zogenoemde smaakdrempel), is de botersmaak waar te nemen.

2p **11** Bereken hoeveel mg glucose per liter bier minstens is omgezet tot diacetyl wanneer de smaakdrempel van diacetyl is bereikt. Ga er hierbij vanuit dat diacetyl uitsluitend uit glucose is ontstaan en dat per mol glucose uiteindelijk één mol diacetyl ontstaat.

Het gevormde diacetyl kan door de gistcellen weer worden opgenomen en enzymatisch worden omgezet tot acetoïne. Acetoïne is minder nadelig voor de smaak van het bier dan diacetyl.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Acetoïne heeft de volgende structuurformule:



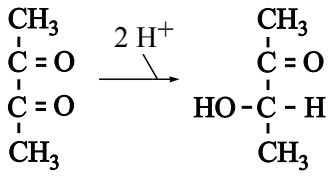
acetoïne

Koolstofverbindingen kunnen naar hun kenmerken worden ingedeeld in klassen. Acetoïne behoort tot een aantal verschillende klassen.

2p **12** Geef van elk van de volgende klassen aan of acetoïne tot die klasse behoort. Noteer je antwoord als volgt:

alcoholen	ja/nee
aromatische verbindingen	ja/nee
carbonzuren	ja/nee
ketonen	ja/nee

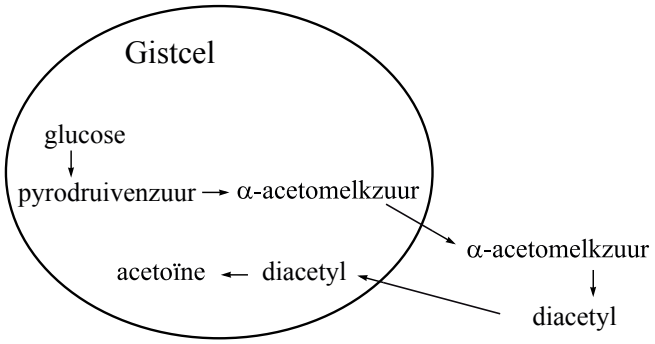
In een artikel dat onder andere over de vorming en omzetting van diacetyl gaat, wordt de omzetting van diacetyl tot acetoïne als volgt schematisch weergegeven:



diacetyl acetoïne

2p **13** Is de omzetting van diacetyl tot acetoïne een zuur-base reactie of een redoxreactie? Geef een verklaring voor je antwoord.

De hiervoor beschreven omzettingen van glucose tot diacetyl en acetoïne zijn hiernaast schematisch samengevat.
Voor de omzettingen in de gistcel zijn enzymen nodig.
De omzetting buiten de gistcel is een langzame reactie waarbij enzymen geen rol spelen.



Bij de bierproductie is het dus van belang dat het gistingsproces voldoende tijd krijgt. Een te korte gistingsduur kan nadelig zijn voor de smaak. De gistingsduur kan niet worden verkort door de temperatuur te verhogen, want gistcellen gaan boven 30 °C dood.
Op internet staat een eenvoudige test beschreven, de zogenoemde diacetyl-test, waarmee kan worden nagegaan of het gistingsproces lang genoeg heeft geduurd.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

diacetyl-test

- neem twee monsters van het brouwsel en nummer deze 1 en 2
- plaats monster 1 gedurende 10 - 20 minuten in een waterbad van 60 - 70 °C
- bewaar monster 2 bij kamertemperatuur
- koel monster 1 af tot kamertemperatuur
- proef beide monsters
- noteer of een botersmaak is waar te nemen

In principe zijn er voor de uitkomst van de test vier combinaties, die in onderstaande tabel met de letters A, B, C en D zijn aangegeven. Een + in deze tabel betekent dat een botersmaak wordt waargenomen. Een – geeft aan dat geen botersmaak wordt waargenomen.

	A	B	C	D
monster 1 (verwarmd)	+	–	+	–
monster 2 (niet verwarmd)	+	–	–	+

Op de website wordt aan de combinatie die onder de letter D staat geen aandacht besteed. Het is namelijk zeer onwaarschijnlijk dat de test resultaat D oplevert. De andere drie combinaties kunnen wel optreden.

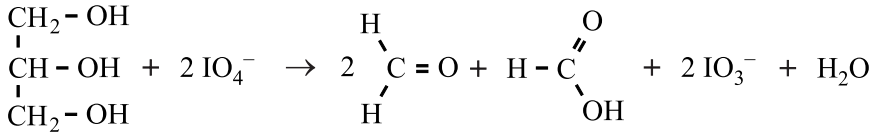
2p **14** Leg uit waarom het zeer onwaarschijnlijk is dat de test resultaat D oplevert. Maak gebruik van in deze opgave verstrekte gegevens met betrekking tot de reacties die in en buiten de gistcel plaatsvinden.

2p **15** Geef twee mogelijke oorzaken voor de afwezigheid van een botersmaak in monster 2 en leg uit waarom men in dat geval ook het verwarmde monster moet proeven om na te gaan of het gistingsproces lang genoeg heeft geduurd. Verwerk in je uitleg gegevens met betrekking tot de reacties die in en buiten de gistcel plaatsvinden.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Glycerolbepaling

De hoeveelheid glycerol in een oplossing kan worden bepaald door gebruik te maken van de reactie van glycerol met perjodaat (IO_4^-):



(reactie 1)

Bij zo'n bepaling voegt men een bekende hoeveelheid perjodaat in overmaat toe aan de glyceroloplossing. Vervolgens wordt de ontstane oplossing aangezuurd en voegt men overmaat jodide toe. Dan reageren zowel het overgebleven IO_4^- als het gevormde IO_3^- met I^- tot I_2:

$$IO_4^- + 7\,I^- + 8\,H^+ \rightarrow 4\,I_2 + 4\,H_2O$$ (reactie 2)

en

$$IO_3^- + 5\,I^- + 6\,H^+ \rightarrow 3\,I_2 + 3\,H_2O$$ (reactie 3)

Tenslotte wordt het gevormde jood getitreerd met een oplossing van natriumthiosulfaat ($Na_2S_2O_3$). Dan treedt de volgende reactie op:

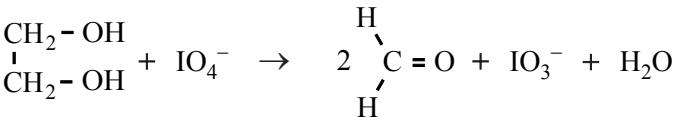
$$2\,S_2O_3^{2-} + I_2 \rightarrow S_4O_6^{2-} + 2\,I^-$$ (reactie 4)

Bij zo'n bepaling heeft men aan 10,00 mL van een glyceroloplossing 2,50 mmol perjodaat toegevoegd. Voor de titratie was 14,5 mL 1,07 M natriumthiosulfaat-oplossing nodig.

2p **16** Bereken met behulp van het titratieresultaat hoeveel mmol jood in de reacties 2 en 3 is gevormd.

4p **17** Bereken hoeveel mmol glycerol de 10,00 mL glyceroloplossing bevatte.

De bepaling kan ook worden uitgevoerd door na afloop van de reactie van glycerol met perjodaat te titreren met natronloog. Om te vermijden dat het overgebleven perjodaat bij deze titratie stoort, wordt dit voorafgaand aan de titratie omgezet. Dit gebeurt door reactie met glycol:



(reactie 5)

Door titratie van de dan ontstane oplossing met natronloog kan de hoeveelheid glycerol worden bepaald.

2p **18** Leg uit wat de molverhouding glycerol : OH^- is bij deze bepaling.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Stinkdier

Wanneer stinkdieren worden belaagd, scheiden zij een vloeistof af met een zeer onaangename geur. De belagers slaan daardoor op de vlucht.
De samenstelling van stinkdiervloeistof is omstreeks 1895 voor het eerst onderzocht door T.B. Aldrich. De conclusie was dat stinkdiervloeistof één of meer zogenoemde thiolen bevat.
Een thiol is een organische verbinding met de karakteristieke groep $-SH$. Een thiol kan worden weergegeven met de formule $R-SH$; hierin stelt R een organische groep voor.
Aldrich maakte tijdens zijn onderzoek onder andere gebruik van het feit dat thiolen zwakke zuren zijn, en dat veel thiolen reageren met een oplossing van het zout lood(II)ethanoaat (lood(II)acetaat). Er ontstaat dan onder andere lood(II)mercaptide, $Pb(R-S)_2$, dat zich als een gele vaste stof uit de oplossing afscheidt. Deze reactie kan worden weergegeven met de volgende reactievergelijking:

$$2\ R-SH\ +\ Pb^{2+}\ +\ 2\ CH_3COO^-\ \rightarrow\ Pb(R-S)_2\ +\ 2\ CH_3COOH$$

Aldrich hield een filtreerpapiertje, dat was bevochtigd met een oplossing van lood(II)ethanoaat, boven de stinkdiervloeistof. Het filtreerpapiertje kreeg een gele kleur (a).
Daarna loste hij wat stinkdiervloeistof op in overmaat kaliloog en hield een nieuw filtreerpapiertje met lood(II)ethanoaat boven de ontstane oplossing. Er trad geen verandering op het papiertje op (b).
Toen hij vervolgens overmaat verdund zwavelzuur toevoegde aan de oplossing van kaliloog en stinkdiervloeistof, was de gele kleur op het filtreerpapiertje weer te zien (c).

5p **19** Geef een verklaring voor de waarnemingen die hierboven met (a), (b) en (c) zijn aangegeven. Verwerk daarin de vergelijkingen van de reacties die optreden wanneer stinkdiervloeistof wordt toegevoegd aan kaliloog en vervolgens verdund zwavelzuur wordt toegevoegd.

Aldrich scheidde de stinkdiervloeistof in een aantal fracties. Van deze fracties bepaalde hij de massapercentages C, H en S. Daartoe werden de thiolen omgezet tot mercaptiden.
Bij de bepaling van het massapercentage C in de fractie met kooktraject tussen 100 °C en 110 °C (fractie α) verkreeg hij de volgende resultaten:
- uit 0,1535 g vloeistof ontstond 0,3239 g mercaptide;
- bij volledige verbranding van 0,2453 g van het ontstane mercaptide ontstond 0,2277 g koolstofdioxide.

3p **20** Bereken het massapercentage C in fractie α.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

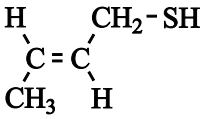
Uit zijn resultaten trok Aldrich de conclusie dat fractie α grotendeels uit 1-butaanthiol bestaat. De structuurformule van 1-butaanthiol is:

$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-SH$

1-Butaanthiol is echter niet de enige thiol met de formule C_4H_9SH.

3p **21** Leg uit hoeveel thiolen er, behalve 1-butaanthiol, bestaan met formule C_4H_9SH. Houd hierbij ook rekening met eventuele stereo-isomerie. Licht je antwoord toe met structuurformules.

Nader onderzoek heeft uitgewezen dat de meest voorkomende stof in stinkdiervloeistof de volgende structuurformule heeft:



Van deze stof bestaat een stereo-isomeer. Alleen de stereo-isomeer met de getekende structuurformule is in de stinkdiervloeistof aanwezig.

2p **22** Leg uit waarom van de stof met de hierboven afgebeelde structuurformule een stereo-isomeer bestaat.

2p **23** Geef een mogelijke verklaring waarom slechts één van de stereo-isomeren in de stinkdiervloeistof voorkomt.

In Noord-Amerika worden huisdieren soms door stinkdieren besproeid. Ze verspreiden daarna gedurende een lange tijd een ondraaglijke stank. Om die stank te laten verdwijnen, kunnen de huisdieren worden gewassen met een basische oplossing van waterstofperoxide. Om de juiste pH te verkrijgen, wordt natriumwaterstofcarbonaat gebruikt.
Aanbevolen wordt om de oplossing waarmee het huisdier moet worden gewassen als volgt te maken:
- neem 1 liter 3% waterstofperoxide-oplossing;
- voeg een kwart kopje (50 g) bakpoeder (natriumwaterstofcarbonaat) toe;
- voeg een theelepel afwasmiddel toe.

Omdat het waterstofcarbonaation een amfolyt is, is de $[H_3O^+]$ van een oplossing van natriumwaterstofcarbonaat zowel afhankelijk van de K_z als van de K_b van HCO_3^-. Bovendien is de $[H_3O^+]$ afhankelijk van K_w (de waterconstante).
De volgende formule geldt: $[H_3O^+] = \sqrt{\frac{K_w \times K_z}{K_b}}$.

2p **24** Bereken met behulp van bovenstaande formule de pH van een oplossing van natriumwaterstofcarbonaat (298 K).

2p **25** Wordt de pH van de oplossing hoger, of lager wanneer een half kopje bakpoeder in plaats van een kwart kopje wordt gebruikt, of krijg je een oplossing met dezelfde pH (298 K)? Geef een verklaring voor je antwoord.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl. Pagina: 540

In het basische milieu van de wasvloeistof komen de thiolen voor als mercaptide-ionen ($R-S^-$). De geur van de stinkdiervloeistof verdwijnt doordat de mercaptide-ionen door waterstofperoxide worden omgezet tot sulfonaationen ($R-SO_3^-$), de zuurrestionen van sulfonzuren ($R-SO_3H$).

3p **26** Geef de vergelijking van de halfreactie van de omzetting van het mercaptide in basisch milieu. In deze vergelijking komen behalve de formules $R-S^-$ en $R-SO_3^-$ ook nog H_2O, OH^- en e^- voor.

2p **27** Geef de vergelijking van de halfreactie van het waterstofperoxide en leid met behulp van de vergelijkingen van beide halfreacties de totale reactievergelijking af voor de reactie tussen mercaptide en waterstofperoxide in basisch milieu.

Bronvermelding

Een opsomming van de in dit examen gebruikte bronnen, zoals teksten en afbeeldingen, is te vinden in het bij dit examen behorende correctievoorschrift, dat na afloop van het examen wordt gepubliceerd.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Examen VWO

2010

tijdvak 2
woensdag 23 juni
13.30 - 16.30 uur

scheikunde

tevens oud programma **scheikunde 1,2**

herziene versie

Dit examen bestaat uit 23 vragen.
Voor dit examen zijn maximaal 66 punten te behalen.
Voor elk vraagnummer staat hoeveel punten met een goed antwoord behaald kunnen worden.

Als bij een vraag een verklaring, uitleg, berekening of afleiding gevraagd wordt, worden aan het antwoord meestal geen punten toegekend als deze verklaring, uitleg, berekening of afleiding ontbreekt.

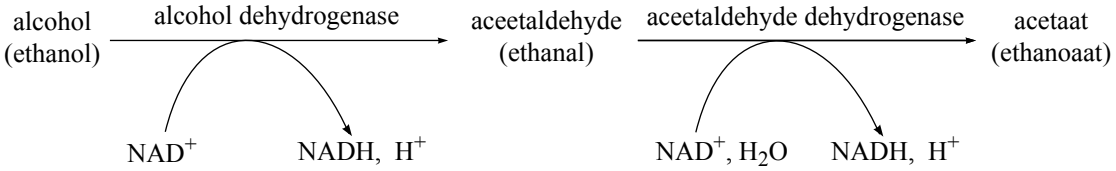
Geef niet meer antwoorden (redenen, voorbeelden e.d.) dan er worden gevraagd. Als er bijvoorbeeld twee redenen worden gevraagd en je geeft meer dan twee redenen, dan worden alleen de eerste twee in de beoordeling meegeteld.

VW-1028-a-10-2-o

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Alcoholintolerantie

Wanneer alcohol in het menselijk lichaam wordt afgebroken, gebeurt dat in een aantal stappen.
In de eerste stap reageert alcohol met nicotineamide-adenine-dinucleotide (meestal weergegeven met NAD^+) onder invloed van het enzym alcohol dehydrogenase. Het reactieproduct is ethanal. De niet-systematische naam van ethanal is aceetaldehyde.
Vervolgens reageert de aceetaldehyde door met NAD^+ onder invloed van het enzym aceetaldehyde dehydrogenase.
Deze eerste twee stappen van het afbraakproces van alcohol worden vaak schematisch als volgt weergegeven:



Met behulp van dit schema kunnen van bovenstaande omzettingen de reactievergelijkingen worden afgeleid. Zo kan de omzetting van ethanol tot ethanal als volgt in een reactievergelijking worden weergegeven:

$$C_2H_5OH + NAD^+ \rightarrow CH_3CHO + NADH + H^+$$

2p **1** Leg uit of bij deze omzetting NAD^+ als oxidator of als reductor reageert.

3p **2** Geef de reactievergelijking van de omzetting van ethanal tot ethanoaat. Gebruik hierbij:
- gegevens uit bovenstaande schematische weergave;
- structuurformules voor ethanal en ethanoaat;
- de afkortingen NAD^+ en NADH.

Bij de vorming van het enzym aceetaldehyde dehydrogenase ontstaat eerst een polypeptide dat bestaat uit 517 aminozuureenheden. De eerste 17 aminozuureenheden hiervan vormen een zogenoemd signaalpeptide. Dit stukje eiwit zorgt ervoor dat het enzym de goede ruimtelijke structuur krijgt en wordt uiteindelijk afgesplitst ('gesliced'). Het enzym aceetaldehyde dehydrogenase bestaat dus uit 500 aminozuureenheden.
Een deel van de aminozuurvolgorde van aceetaldehyde dehydrogenase is hieronder weergegeven:

Aminozuur nummer		486	487	488
Afkorting aminozuur	~	Thr –	Glu –	Val ~

3p **3** Geef het hierboven weergegeven fragment uit het enzym aceetaldehyde dehydrogenase in structuurformule weer.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Bij veel mensen wordt na alcoholconsumptie de alcohol wel omgezet tot ethanal, maar wordt de ethanal niet verder omgezet tot ethanoaat. Hierdoor hoopt de in het lichaam gevormde ethanal zich op. Dit veroorzaakt onder andere een misselijk, ziek gevoel. Het verschijnsel wordt alcoholintolerantie genoemd en komt onder andere in veel Aziatische landen voor.
Alcoholintolerantie wordt veroorzaakt door een zogenoemde puntmutatie: bij mensen met alcoholintolerantie is één basenpaar anders in het gen dat codeert voor de reeks van 517 aminozuren waaruit aceetaldehyde dehydrogenase ontstaat, dan bij mensen die geen alcoholintolerantie hebben. Het eiwit dat bij mensen met alcoholintolerantie wordt gevormd, verschilt daardoor op één plaats van aceetaldehyde dehydrogenase: op plaats 487 van het eiwit komt geen Glu maar Lys. Dit eiwit kan aceetaldehyde niet omzetten.

3p **4** Geef de symbolen van het basenpaar van de puntmutatie, zowel voor het gen van mensen zonder alcoholintolerantie als voor het gen van mensen met alcoholintolerantie. Noteer je antwoord als volgt:

	zonder alcoholintolerantie	met alcoholintolerantie
base op coderende streng:	…	…
base op matrijsstreng:	…	…

Geef een verklaring voor je antwoord. Gebruik Binas-tabel 70 en gegevens uit deze opgave.

2p **5** Leg uit wat het nummer is van het basenpaar van de puntmutatie in het gen dat codeert voor de reeks van 517 aminozuren.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

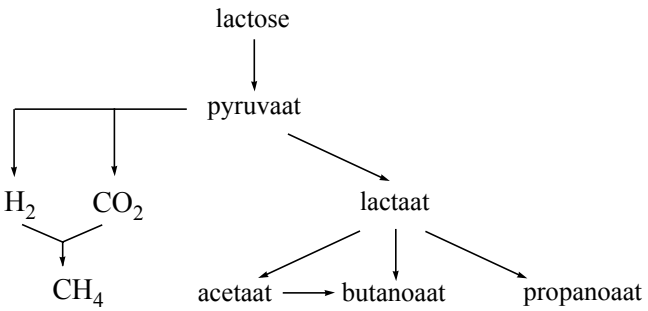
Lactose-intolerantie

Lactose is het belangrijkste koolhydraat in melk. Het is een disacharide, waarvan de schematische structuurformule is te vinden in Binas-tabel 67A. De eerste stap in de omzetting van lactose in de spijsvertering is hydrolyse. Bij die hydrolyse ontstaan glucose en galactose.

2p **6** Geef de reactievergelijking van de hydrolyse van lactose, in molecuulformules.

Bij de hydrolyse van lactose speelt het enzym lactase een belangrijke rol. Dit enzym is werkzaam in de dunne darm. Bij 10% van de blanke West-Europeanen tot 90% van de Aziaten blijkt het enzym lactase niet of onvoldoende in de dunne darm aanwezig te zijn. Ten gevolge daarvan veroorzaakt voeding die lactose bevat bij deze mensen darmklachten zoals buikpijn, een opgeblazen gevoel en diarree. Men noemt dit lactose-intolerantie.
Lactose, die niet in de dunne darm is afgebroken, kan in de dikke darm worden omgezet met behulp van micro-organismen. In een artikel over lactose-intolerantie staat een schematische weergave van deze omzetting in de dikke darm, die in figuur 1 vereenvoudigd is weergegeven.

figuur 1



De pH in de dikke darm varieert van 7,5 tot 8,0. Daarom komen in de dikke darm vrijwel geen carbonzuren voor maar vooral de zuurresten van carbonzuren. Daarom staan in dit schema niet de namen van de carbonzuren, maar de namen van de zuurresten pyruvaat, lactaat, acetaat, butanoaat en propanoaat.

4p **7** Bereken hoe groot de molverhouding propanoaat : propaanzuur in de dikke darm tenminste is. Maak gebruik van Binas-tabel 49.

De gevormde zuurrestionen kunnen watermoleculen binden. Daardoor wordt de ontlasting zachter en kan diarree ontstaan.

2p **8** Geef met behulp van een tekening weer hoe twee watermoleculen worden gebonden door een butanoaation. Gebruik structuurformules, zowel voor het butanoaation als voor de watermoleculen.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Eén van de reacties die in figuur 1 is weergegeven, is de omzetting van pyruvaat tot lactaat. Dit is een redoxreactie.
Pyruvaat is het zuurrestion van pyrodruivenzuur; de systematische naam van pyrodruivenzuur is 2-oxopropaanzuur (voor de betekenis van 'oxo' zie Binas-tabel 66D).
Lactaat is het zuurrestion van melkzuur (2-hydroxypropaanzuur).

4p **9** Geef de vergelijking van de halfreactie van de omzetting van pyruvaat tot lactaat. Geef pyruvaat en lactaat in structuurformules weer. In de vergelijking van deze halfreactie komen, behalve de formules van pyruvaat en lactaat, onder andere ook OH^- en H_2O voor.

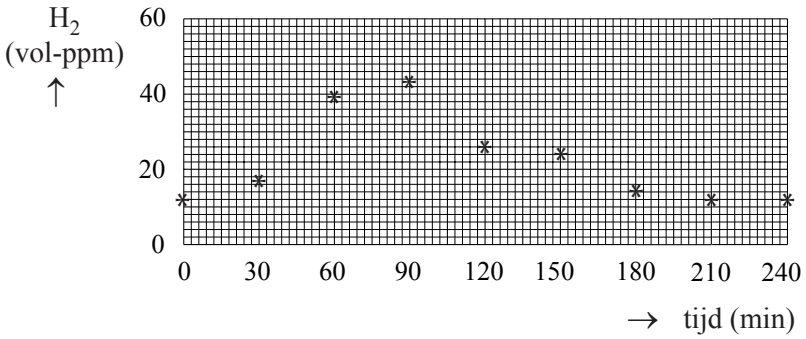
In figuur 1 is te zien dat ook gassen ontstaan. De ontstane gassen zijn waarschijnlijk de oorzaak van een opgeblazen gevoel bij mensen, die aan lactose-intolerantie lijden. Eén van die gassen is waterstof.
Een veel toegepaste methode om lactose-intolerantie vast te stellen, is de zogenoemde waterstof-ademtest. Een klein percentage van de waterstof, die bij de omzetting van lactose ontstaat, wordt door de proefpersoon uitgeademd.
De waterstof-ademtest gaat als volgt.

- Voorafgaand aan de test eet en drinkt de proefpersoon een aantal dagen volledig lactosevrij.
- In de eerste meting na deze dagen wordt bepaald hoeveel volume-ppm waterstof de proefpersoon uitademt (de zogenoemde nulmeting).
- Na de nulmeting drinkt de proefpersoon een oplossing met daarin 50 g lactose.
- Vervolgens wordt gedurende enkele uren elk half uur gemeten hoeveel waterstof (in volume-ppm) de proefpersoon uitademt.

De test is positief, dat wil zeggen wijst op lactose-intolerantie, wanneer op enig moment 20 volume-ppm waterstof meer wordt afgelezen dan bij de nulmeting.
De nulmeting is nodig omdat waterstof ook kan ontstaan als omzettingsproduct van eiwitten en andere koolhydraten dan lactose.

Bij een bepaalde proefpersoon is de waterstof-ademtest uitgevoerd. De gemeten waarden zijn weergegeven in onderstaand diagram.

diagram



1p **10** Leid met behulp van het diagram af of de resultaten van de waterstof-ademtest wijzen op lactose-intolerantie van de proefpersoon.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Bij onderzoek naar de hoeveelheid waterstof die in aanwezigheid van micro-organismen in de dikke darm uit lactose kan ontstaan, heeft men gevonden dat uit 1,0 mol lactose 5,5 mol H_2 kan ontstaan. Bij de waterstof-ademtest blijkt dat van de mogelijke hoeveelheid waterstof die kan ontstaan uit de 50 g lactose maar een zeer gering deel in de uitgeademde lucht terechtkomt.

5p **11** Bereken hoeveel procent van de hoeveelheid waterstof, die uit 50 g lactose kan worden gevormd, deze proefpersoon gedurende de eerste drie uren van het onderzoek heeft uitgeademd. Ga daarbij uit van de volgende gegevens:
- de uitgeademde lucht van de proefpersoon, waarvan de meetgegevens in het diagram zijn weergegeven, bevatte in de eerste drie uren van het onderzoek gemiddeld 27 volume-ppm waterstof;
- de proefpersoon ademt per minuut gemiddeld 5,0 dm^3 lucht uit;
- het molair volume van een gas is tijdens de proefomstandigheden 24,0 $dm^3\ mol^{-1}$.

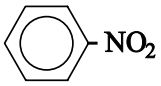
Een van de oorzaken voor de geringe hoeveelheid waterstof die in de uitademing wordt gevonden, is dat waterstof in de dikke darm weer kan worden omgezet. Daarvoor zijn verschillende routes gevonden, waarvan de belangrijkste in figuur 1 is aangegeven. Daarbij ontstaat één andere stof die niet in het schema is opgenomen.

3p **12** Leg uit of het opgeblazen gevoel bij een lactose-intolerant persoon toeneemt of afneemt of gelijk blijft, naarmate een groter deel van de ontstane waterstof wordt omgezet tot methaan. Gebruik in je uitleg een reactievergelijking, afgeleid uit het schema in figuur 1.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Nitrobenzeen

Nitrobenzeen is een veel gebruikte grondstof. De structuurformule kan als volgt worden weergegeven:



Nitrobenzeen kan worden bereid uit benzeen en nitreerzuur, een oplossing met een hoge concentratie aan zwavelzuur en salpeterzuur.
De vorming van nitrobenzeen met behulp van nitreerzuur, kan met drie reactievergelijkingen worden weergegeven:

$$HNO_3 + H_2SO_4 \rightleftarrows H_2NO_3^+ + HSO_4^-$$ (reactie 1)

Dit is een zuurbase-evenwicht.

2p **13** Leg uit of salpeterzuur in deze reactie als zuur of als base reageert.

De gevormde ionen $H_2NO_3^+$ vallen uiteen:

$$H_2NO_3^+ \rightarrow H_2O + NO_2^+$$ (reactie 2)

Nitrobenzeen wordt gevormd doordat NO_2^+ reageert met benzeen:

$$C_6H_6 + NO_2^+ \rightarrow C_6H_5-NO_2 + H^+$$ (reactie 3)

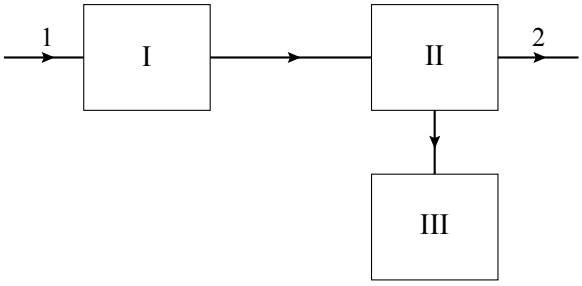
Twee leerlingen, Gerrit en Frank, bespreken deze bereiding van nitrobenzeen. Gerrit is van mening dat zwavelzuur als katalysator optreedt. Frank vindt dat je dat op basis van deze drie reacties alleen niet kunt zeggen.

3p **14** Leg uit waarom Gerrit gelijk zou kunnen hebben.
1p **15** Geef een argument voor de opvatting van Frank.

Bij de industriële bereiding van nitrobenzeen worden de beginstoffen die niet hebben gereageerd uit het reactiemengsel afgescheiden en gerecirculeerd. Op deze wijze is het mogelijk de beginstoffen volledig om te zetten.
Een bestaand continu proces (na de opstartfase) is schematisch weergegeven in het bijgaande onvolledige blokschema (zie volgende pagina). In dit schema ontbreekt een aantal stofstromen met de bijbehorende stoffen. Er zijn drie blokken getekend: een reactor (I), een scheidingsruimte (II) en een ruimte om het mengsel van zwavelzuur en salpeterzuur dat uit de scheidingsruimte komt, te behandelen zodat het weer in het productieproces kan worden gebruikt (III).

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

blokschema

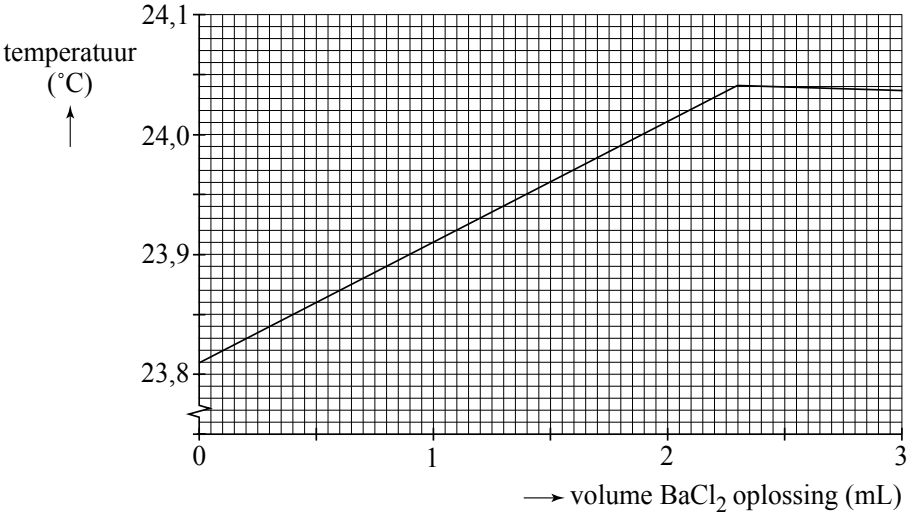


In de reactor (I) worden benzeen en nitreerzuur geleid. Bij temperaturen tussen 90 °C en 135 °C vindt hier een gedeeltelijke omzetting van het benzeen tot nitrobenzeen plaats.
De stoffen uit de reactor worden in de scheidingsruimte (II) geleid. Hier wordt het mengsel gescheiden in:
– nitrobenzeen
– benzeen
– een oplossing van zwavelzuur en het salpeterzuur dat niet heeft gereageerd.
Deze oplossing wordt in ruimte III geconcentreerd door er water uit te verdampen. Voordat de ingedampte oplossing in de reactor wordt gepompt, wordt er door toevoegen van salpeterzuur voor gezorgd dat het mengsel de juiste samenstelling heeft.

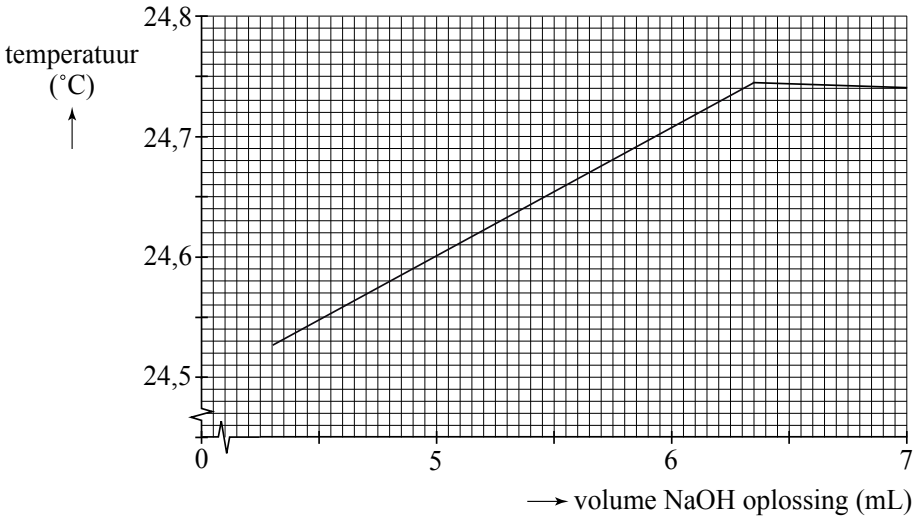
5p **16** Neem het hiervoor getekende onvolledige blokschema over en maak het compleet door de ontbrekende stofstromen in te tekenen. Zet zowel bij de reeds getekende stofstromen als bij de zelf getekende stofstromen de bijbehorende stof(fen) door het plaatsen van cijfers. Gebruik daarvoor de volgende aanduidingen:
1 = benzeen;
2 = nitrobenzeen;
3 = salpeterzuur;
4 = water;
5 = zwavelzuur.
Het is mogelijk dat de cijfers 1 tot en met 5 meerdere keren moeten worden gebruikt.

Beschikbaar gesteld voor alle eindexamens, Pazg

De samenstelling van het nitreerzuur wordt regelmatig gecontroleerd. Daartoe wordt een thermometrische titratie gebruikt.
Tijdens zo'n bepaling wordt 2,00 mL nitreerzuur verdund tot 20,0 mL. Uit deze oplossing wordt 2,00 mL gepipetteerd in een titreervaatje waarin een temperatuursensor is aangebracht. Er wordt getitreerd met een oplossing van 1,00 M bariumchloride. Alle H_2SO_4, HSO_4^- en SO_4^{2-} worden omgezet tot $BaSO_4$. Tijdens de bepaling wordt continu de temperatuur gemeten. Het diagram waarin de gemeten temperatuur is uitgezet tegen het toegevoegde volume bariumchloride-oplossing staat hieronder:



De inhoud van het titreervaatje wordt nog een keer getitreerd, nu met 0,85 M natronloog. Alle gebonden en vrije H^+ ionen reageren met de OH^- ionen tot watermoleculen. Ook hier wordt continu de temperatuur gemeten. Resultaat:

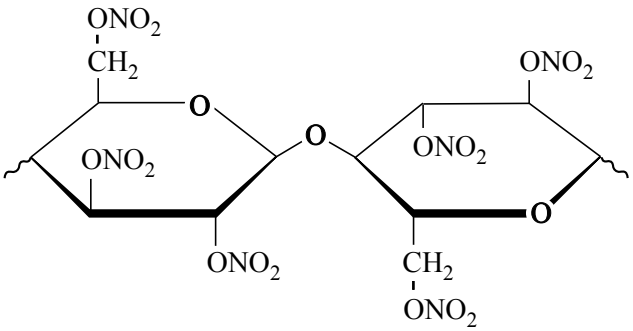


5p **17** Bereken zowel de molariteit van het zwavelzuur als van het salpeterzuur in het onderzochte nitreerzuur.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Oude films

Film bestaat uit een dragermateriaal en een beeldlaag. Oude films hebben voornamelijk cellulosenitraat als dragermateriaal. In deze opgave worden dergelijke films ‘nitraatfilms’ genoemd. Het cellulosenitraat wordt gemaakt door het polymeer cellulose te laten reageren met salpeterzuur. De hydroxylgroepen (OH groepen) worden daarbij vervangen door nitraatgroepen. Hieronder staat de schematische structuurformule van twee monomeereenheden van het polymeer dat is ontstaan wanneer alle hydroxylgroepen in cellulose zijn vervangen door nitraatgroepen.



Bij de bereiding van cellulosenitraat dat voor films wordt gebruikt, mogen niet alle hydroxylgroepen worden omgezet tot nitraatgroepen. Naarmate het aantal nitraatgroepen groter is, is de stof namelijk explosiever. Cellulosenitraat dat als drager voor filmmateriaal wordt gebruikt, mag daarom niet meer dan 12,6 massaprocent N bevatten.
Door bepaling van het massapercentage N kan worden berekend hoeveel hydroxylgroepen gemiddeld per monomeereenheid in cellulose zijn omgezet tot nitraatgroepen. In de formule voor cellulosenitraat kan dit aantal worden weergegeven met x; x hoeft geen geheel getal te zijn.
Van een monster cellulosenitraat bleek het massapercentage N 12,1 te zijn.

1p **18** Geef de formule van een monomeereenheid in cellulosenitraat, waarbij x hydroxylgroepen zijn omgezet tot nitraatgroepen. Ga uit van de volgende formule van een monomeereenheid in cellulose: $C_6H_7O_2(OH)_3$.

4p **19** Bereken het gemiddelde aantal hydroxylgroepen (x) dat per monomeereenheid is omgezet tot nitraatgroepen wanneer het massapercentage N in cellulosenitraat 12,1% bedraagt.

Tijdens het vertonen van een film met behulp van een filmprojector kan de temperatuur behoorlijk oplopen. Daarbij kan het cellulosenitraat gemakkelijk in brand vliegen. Zo’n brand is erg lastig te doven omdat cellulosenitraat, anders dan de meeste brandbare materialen, geen zuurstof (O_2) nodig heeft om te blijven branden.

4p **20** Laat met behulp van een reactievergelijking zien dat voor deze ‘verbranding’ geen zuurstof (O_2) nodig is.
- Gebruik voor cellulosenitraat de formule $(C_6H_7O_{11}N_3)_n$.
- Ga ervan uit dat bij de ‘verbranding’ uitsluitend koolstofdioxide, koolstofmonooxide, stikstof en water ontstaan.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Volgens brandbeveiligingsvoorschriften kan een in brand gevlogen nitraatfilm niet met schuim of water worden geblust. Toch gaat een dergelijke brand op den duur wel uit wanneer men met water blust.

1p **21** Leg uit waarom water toch geschikt is als blusmiddel voor een in brand gevlogen nitraatfilm.

Er is veel historisch interessant beeldmateriaal vastgelegd op nitraatfilms, dus is het belangrijk om die oude films goed te conserveren. Een probleem bij nitraatfilms is dat bij langdurige opslag de beelden kunnen vervagen. Dat komt doordat cellulosenitraat kan hydrolyseren. Bij deze hydrolyse worden de ONO_2 groepen omgezet tot OH groepen waarbij tevens salpeterzuur ontstaat. De hydrolyseproducten diffunderen langzaam door het dragermateriaal en kunnen in contact komen met de beeldlaag. Op de beeldlaag bevindt zich metallisch zilver dat de zwarting op de film veroorzaakt. Door reactie van één van de hydrolyseproducten van cellulosenitraat met het metallisch zilver vervagen de beelden.
Halverwege de vorige eeuw is men overgestapt op het gebruik van zogenoemde acetaatfilms. Hierin is cellulose-acetaat (cellulose-ethanoaat) het dragermateriaal. In cellulose-acetaat zijn de OH groepen van het cellulose veresterd met azijnzuur (ethaanzuur). Cellulose-acetaat is veel minder brandbaar dan cellulosenitraat. Bij langdurige opslag van films met cellulose-acetaat als dragermateriaal (‘acetaatfilms’) kan ook hydrolyse optreden van het cellulose-acetaat, maar dat leidt niet tot vervaging van de beelden op de film.

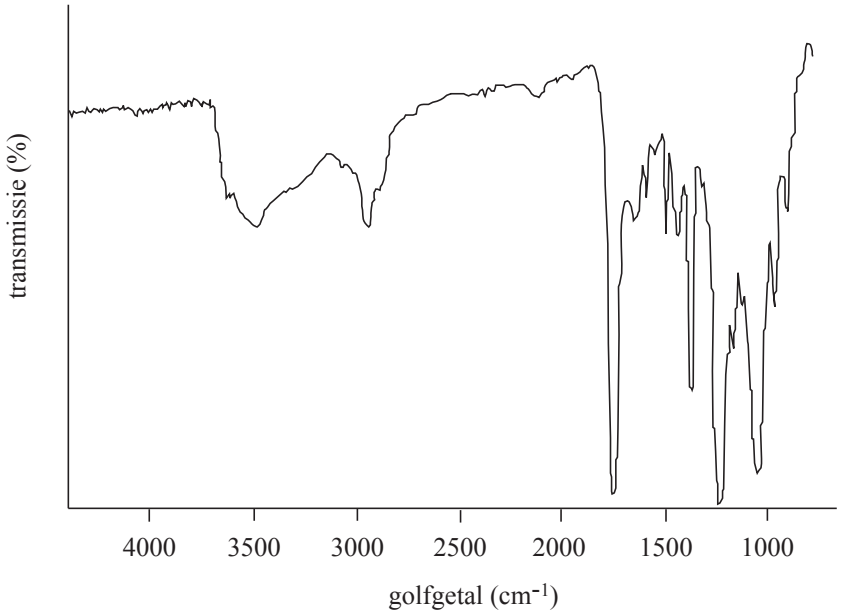
3p **22** Leg uit waarom nitraatfilms wel vervagen bij langdurige opslag en acetaatfilms niet. Vermeld in je uitleg het type reactie dat optreedt bij de vervaging van de nitraatfilms.

Let op: de laatste vraag van dit examen staat op de volgende pagina.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Wanneer men oude films gaat restaureren, wil men van te voren weten hoe ver het hydrolyseproces van het dragermateriaal is gevorderd. Dit is onder andere vast te stellen met behulp van infrarood (IR) spectrometrie.
Hieronder is het IR-spectrum afgebeeld van een stukje van het dragermateriaal van een acetaatfilm.

IR-spectrum



Wanneer het cellulose-acetaat van een oude film sterk is gehydrolyseerd, is in een bepaald absorptiegebied in het IR-spectrum een piek (veel) kleiner en in een ander absorptiegebied een piek (veel) groter dan in het IR-spectrum van nieuw cellulose-acetaat.

3p **23** Leg uit in welke absorptiegebieden beide bedoelde pieken voorkomen.
Vermeld in je antwoord:
- de soort vibraties waardoor deze pieken worden veroorzaakt;
- waarom juist deze pieken informatie geven over de voortgang van de hydrolyse;
- voor elk van de pieken of de intensiteit ervan in het IR-spectrum van het cellulose-acetaat van de oude film groter is of kleiner is.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Examen VWO

2010

tijdvak 2
woensdag 23 juni
13.30 - 16.30 uur

scheikunde (pilot)

herziene versie

Bij dit examen hoort een uitwerkbijlage.

Dit examen bestaat uit 23 vragen.
Voor dit examen zijn maximaal 66 punten te behalen.
Voor elk vraagnummer staat hoeveel punten met een goed antwoord behaald kunnen worden.

Als bij een vraag een verklaring, uitleg, berekening of afleiding gevraagd wordt, worden aan het antwoord meestal geen punten toegekend als deze verklaring, uitleg, berekening of afleiding ontbreekt.

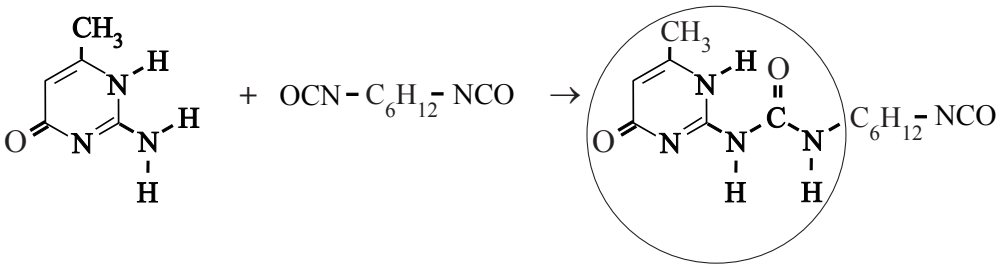
Geef niet meer antwoorden (redenen, voorbeelden e.d.) dan er worden gevraagd. Als er bijvoorbeeld twee redenen worden gevraagd en je geeft meer dan twee redenen, dan worden alleen de eerste twee in de beoordeling meegeteld.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Zelfherstellende verf

Onderzoekers aan de TU Eindhoven ontwikkelden een nieuw type polymeer met bijzondere eigenschappen: het supramoleculaire polymeer. Dit polymeer kan worden toegepast in verf. Wanneer een verflaag die deze polymeersoort bevat, beschadigd is, kan dat eenvoudig worden hersteld door de verflaag te verwarmen.
De synthese van dit supramoleculaire polymeer verloopt in twee stappen. In de eerste stap (reactie 1) reageert methylisocytosine met 1,6-hexaandi-isocyanaat waarvan de schematische structuurformule $OCN-C_6H_{12}-NCO$ is. Deze reactie is hieronder weergegeven.

reactie 1



2p **1** Geef de volledige structuurformule van 1,6-hexaandi-isocyanaat.

2p **2** Geef de naam van het type reactie dat optreedt tussen methylisocytosine en 1,6-hexaandi-isocyanaat. Licht je antwoord toe aan de hand van kenmerkende structuurelementen.

De omcirkelde groep in het reactieproduct van reactie 1 wordt de 2-ureido-4[1H]-pyrimidoongroep genoemd. In het vervolg van deze opgave wordt hij weergegeven met Upy. Het product van reactie 1 reageert in de tweede reactiestap (reactie 2) met stof A. Stof A wordt van tevoren gevormd in een reactie van twee stoffen.

reactie 2

$$2\ \text{Upy}-C_6H_{12}-NCO + \underbrace{HO-(\overset{O}{\overset{\|}{C}}-C_4H_8-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-O-C_4H_8-O)_{10}-H}_{\text{stof A}} \rightarrow$$

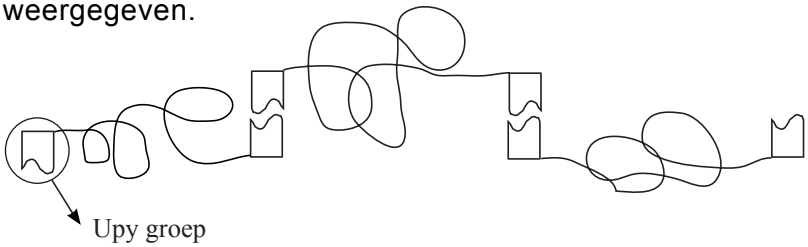
$$\text{Upy}-C_6H_{12}-\underset{H}{N}-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-O-\underbrace{(\overset{O}{\overset{\|}{C}}-C_4H_8-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-O-C_4H_8-O)_{10}}_{\text{stof B}}-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-\underset{H}{N}-C_6H_{12}-\text{Upy}$$

4p **3** Geef de reactievergelijking van de vorming van stof A. Gebruik voor de koolstofverbindingen structuurformules en tevens de notatie C_4H_8.

Het supramoleculaire polymeer ontstaat doordat moleculen van stof B zich via de Upy groepen aan elkaar binden.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Hieronder is een gedeelte van het supramoleculaire polymeer schematisch weergegeven.



Aan elk uiteinde van een molecuul van stof B bevindt zich een Upy groep. De Upy groepen van twee verschillende moleculen van stof B zijn met elkaar verbonden via vier waterstofbruggen. Op de uitwerkbijlage bij dit examen is een Upy groep in structuurformule weergegeven.

3p **4** Teken op de uitwerkbijlage een tweede Upy groep en geef met vier stippellijntjes aan hoe beide Upy groepen door middel van waterstofbruggen aan elkaar zijn gebonden. Houd er rekening mee dat met de O atomen van C = O bindingen ook waterstofbruggen kunnen worden gevormd.

Door het aantal repeterende eenheden, het gedeelte $\overset{O}{\overset{\|}{C}} - C_4H_8 - \overset{O}{\overset{\|}{C}} - O - C_4H_8 - O$, in moleculen van stof B relatief laag te houden, krijgt het supramoleculaire polymeer bijzondere eigenschappen. Eén van die eigenschappen is dat krassen in verf waarin dit polymeer is verwerkt, gemakkelijk kunnen worden verholpen. De beschadigde verflaag wordt met een föhn verwarmd tot ongeveer 140 °C. Bij 140 °C worden de H-bruggen tussen de Upy groepen verbroken en wordt de verf weer vloeibaar. Bij afkoelen tot kamertemperatuur wordt het oppervlak weer glad. Dit wordt het ‘zelfherstellend vermogen’ van de verf genoemd.

2p **5** Leg met behulp van begrippen op microniveau uit waarom het zelfherstellend vermogen wel optreedt als het aantal repeterende eenheden in de moleculen van stof B laag is en niet als dit aantal te hoog is.

Momenteel wordt behalve het hiervoor beschreven materiaal (materiaal 1) een andere soort zelfherstellend materiaal ontwikkeld. Dit materiaal (materiaal 2) bestaat onder andere uit een polymeer waardoorheen microcapsules en een katalysator zijn gemengd. De microcapsules bevatten monomeren. De katalysator bevindt zich buiten de microcapsules. Wanneer een scheurtje in het materiaal komt, worden ook microcapsules opengebroken. Hierdoor komen de monomeren vrij en kan, onder invloed van de katalysator, een reactie optreden waarbij nieuwe polymeren worden gevormd die de scheur opvullen.
Om een keuze te maken tussen beide soorten zelfherstellend materiaal, zul je, afhankelijk van de toepassing, de voor- en nadelen van elk van die materialen tegen elkaar moeten afwegen. Stel, je moet een keuze maken voor een zelfherstellende autolak en voor een zelfherstellende lak op de bladen van een windmolen.

3p **6** Maak een beargumenteerde keuze uit materiaal 1 en materiaal 2 voor elk van de hiervoor genoemde toepassingen. Gebruik bij je argumentatie twee aspecten die je ontleent aan deze opgave.

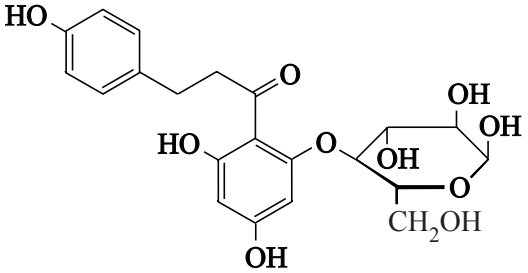
Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Lactose-intolerantie

Lactose is het belangrijkste koolhydraat in melk. Het is een disacharide, waarvan de schematische structuurformule is te vinden in Binas-tabel 67A. De eerste stap in de omzetting van lactose in de spijsvertering is hydrolyse. Deze hydrolyse wordt gekatalyseerd door het enzym lactase. In het actieve centrum voor deze hydrolyse speelt een glutaminezuureenheid op positie 405 in het enzym een belangrijke rol. Deze eenheid wordt op positie 404 geflankeerd door een threonine-eenheid en op positie 406 door een asparagine-eenheid. De aminozuureenheid op positie 1 is het amino-uiteinde van het eiwitmolecuul.

3p **7** Geef het hierboven beschreven fragment uit het enzym lactase in structuurformule weer.

Het is gebleken dat lactase behalve de hydrolyse van lactose, ook de hydrolyse van phlorizine katalyseert. Phlorizine komt onder andere voor in appels. De structuurformule van phlorizine kan als volgt worden weergegeven:



De hydrolyse van phlorizine verloopt op vergelijkbare wijze als de hydrolyse van een disacharide als lactose.

3p **8** Geef de reactievergelijking voor de hydrolyse van phlorizine. Gebruik in je reactievergelijking dezelfde soort schematische structuurformules als in bovenstaande structuurformule.

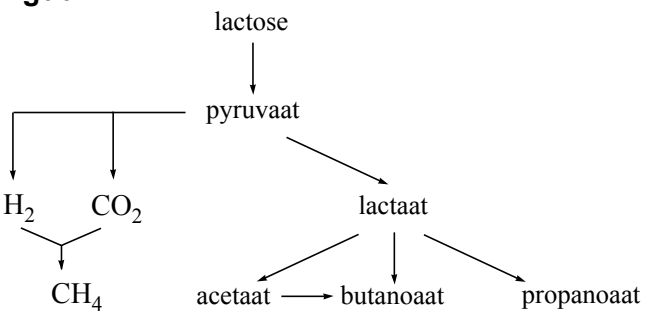
Enzymen hebben een specifieke werking. Het feit dat lactase twee verschillende stoffen kan omzetten, lijkt hiermee in tegenspraak.

2p **9** Geef een mogelijke verklaring voor het feit dat lactase deze twee verschillende stoffen kan omzetten.

Lactase is werkzaam in de dunne darm. Bij 10% van de blanke West-Europeanen en 90% van de Aziaten blijkt het enzym lactase niet of onvoldoende in de dunne darm aanwezig te zijn. Ten gevolge daarvan veroorzaakt voeding die lactose bevat bij deze mensen darmklachten zoals buikpijn, een opgeblazen gevoel en diarree. Men noemt dit lactose-intolerantie. Lactose, die niet in de dunne darm is afgebroken, kan in de dikke darm worden omgezet met behulp van micro-organismen. In een artikel over lactose-intolerantie staat een schematische weergave van deze omzetting in de dikke darm, die in figuur 1 vereenvoudigd is weergegeven.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

figuur 1



Eén van de reacties die in figuur 1 is weergegeven, is de omzetting van pyruvaat tot lactaat. Dit is een redoxreactie.
Pyruvaat is het zuurrestion van pyrodruivenzuur; de systematische naam van pyrodruivenzuur is 2-oxopropaanzuur (voor de betekenis van ‘oxo’ zie Binas-tabel 66D).
Lactaat is het zuurrestion van melkzuur (2-hydroxypropaanzuur).

4p **10** Geef de vergelijking van de halfreactie van de omzetting van pyruvaat tot lactaat. Geef pyruvaat en lactaat in structuurformules weer. In de vergelijking van deze halfreactie komen, behalve de formules van pyruvaat en lactaat, onder andere ook OH^- en H_2O voor.

In figuur 1 is te zien dat ook gassen ontstaan. De ontstane gassen zijn waarschijnlijk de oorzaak van een opgeblazen gevoel bij mensen, die aan lactose-intolerantie lijden. Eén van die gassen is waterstof.
Een veel toegepaste methode om lactose-intolerantie vast te stellen, is de zogenoemde waterstof-ademtest. Een klein percentage van de waterstof, die bij de omzetting van lactose ontstaat, wordt door de proefpersoon uitgeademd.
De waterstof-ademtest gaat als volgt.

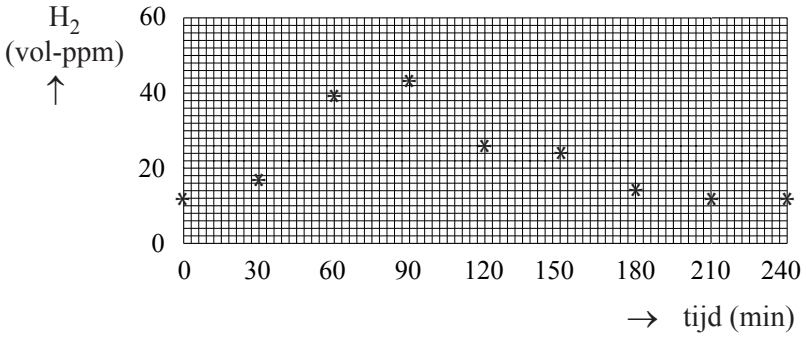
- Voorafgaand aan de test eet en drinkt de proefpersoon een aantal dagen volledig lactosevrij.
- In de eerste meting na deze dagen wordt bepaald hoeveel volume-ppm waterstof de proefpersoon uitademt (de zogenoemde nulmeting).
- Na de nulmeting drinkt de proefpersoon een oplossing met daarin 50 g lactose.
- Vervolgens wordt gedurende enkele uren elk half uur gemeten hoeveel waterstof (in volume-ppm) de proefpersoon uitademt.

De test is positief, dat wil zeggen wijst op lactose-intolerantie, wanneer op enig moment 20 volume-ppm waterstof meer wordt afgelezen dan bij de nulmeting.
De nulmeting is nodig omdat waterstof ook kan ontstaan als omzettingsproduct van eiwitten en andere koolhydraten dan lactose.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Bij een bepaalde proefpersoon is de waterstof-ademtest uitgevoerd. De gemeten waarden zijn weergegeven in onderstaand diagram.

diagram



1p **11** Leid met behulp van het diagram af of de resultaten van de waterstof-ademtest wijzen op lactose-intolerantie van de proefpersoon.

Bij onderzoek naar de hoeveelheid waterstof die in aanwezigheid van micro-organismen in de dikke darm uit lactose kan ontstaan, heeft men gevonden dat uit 1,0 mol lactose 5,5 mol H_2 kan ontstaan. Bij de waterstof-ademtest blijkt dat van de mogelijke hoeveelheid waterstof die kan ontstaan uit de 50 g lactose maar een zeer gering deel in de uitgeademde lucht terechtkomt.

5p **12** Bereken hoeveel procent van de hoeveelheid waterstof, die uit 50 g lactose kan worden gevormd, deze proefpersoon gedurende de eerste drie uren van het onderzoek heeft uitgeademd. Ga daarbij uit van de volgende gegevens:
- de uitgeademde lucht van de proefpersoon, waarvan de meetgegevens in het diagram zijn weergegeven, bevatte in de eerste drie uren van het onderzoek gemiddeld 27 volume-ppm waterstof;
- de proefpersoon ademt per minuut gemiddeld 5,0 dm^3 lucht uit;
- het molair volume van een gas is tijdens de proefomstandigheden 24,0 $dm^3\ mol^{-1}$.

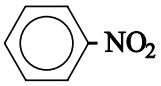
Een van de oorzaken voor de geringe hoeveelheid waterstof die in de uitademing wordt gevonden, is dat waterstof in de dikke darm weer kan worden omgezet. Daarvoor zijn verschillende routes gevonden, waarvan de belangrijkste in figuur 1 is aangegeven. Daarbij ontstaat één andere stof die niet in het schema is opgenomen.

3p **13** Leg uit of het opgeblazen gevoel bij een lactose-intolerant persoon toeneemt of afneemt of gelijk blijft, naarmate een groter deel van de ontstane waterstof wordt omgezet tot methaan. Gebruik in je uitleg een reactievergelijking, afgeleid uit het schema in figuur 1.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Nitrobenzeen

Nitrobenzeen is een veel gebruikte grondstof. De structuurformule kan als volgt worden weergegeven:



Nitrobenzeen kan worden bereid uit benzeen en nitreerzuur, een oplossing met een hoge concentratie aan zwavelzuur en salpeterzuur.
De vorming van nitrobenzeen met behulp van nitreerzuur, kan met drie reactievergelijkingen worden weergegeven:

$$HNO_3 + H_2SO_4 \rightleftarrows H_2NO_3^+ + HSO_4^-$$ (reactie 1)

Dit is een zuurbase-evenwicht.

2p **14** Leg uit of salpeterzuur in deze reactie als zuur of als base reageert.

De gevormde ionen $H_2NO_3^+$ vallen uiteen:

$$H_2NO_3^+ \rightarrow H_2O + NO_2^+$$ (reactie 2)

Nitrobenzeen wordt gevormd doordat NO_2^+ reageert met benzeen:

$$C_6H_6 + NO_2^+ \rightarrow C_6H_5-NO_2 + H^+$$ (reactie 3)

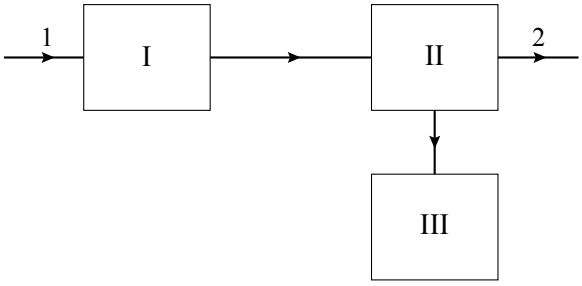
Twee leerlingen, Gerrit en Frank, bespreken deze bereiding van nitrobenzeen. Gerrit is van mening dat zwavelzuur als katalysator optreedt. Frank vindt dat je dat op basis van deze drie reacties alleen niet kunt zeggen.

3p **15** Leg uit waarom Gerrit gelijk zou kunnen hebben.
1p **16** Geef een argument voor de opvatting van Frank.

Bij de industriële bereiding van nitrobenzeen worden de beginstoffen die niet hebben gereageerd uit het reactiemengsel afgescheiden en gerecirculeerd. Op deze wijze is het mogelijk de beginstoffen volledig om te zetten.
Een bestaand continu proces (na de opstartfase) is schematisch weergegeven in het bijgaande onvolledige blokschema (zie volgende pagina). In dit schema ontbreekt een aantal stofstromen met de bijbehorende stoffen. Er zijn drie blokken getekend: een reactor (I), een scheidingsruimte (II) en een ruimte om het mengsel van zwavelzuur en salpeterzuur dat uit de scheidingsruimte komt, te behandelen zodat het weer in het productieproces kan worden gebruikt (III).

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl. Pagina: 560

blokschema

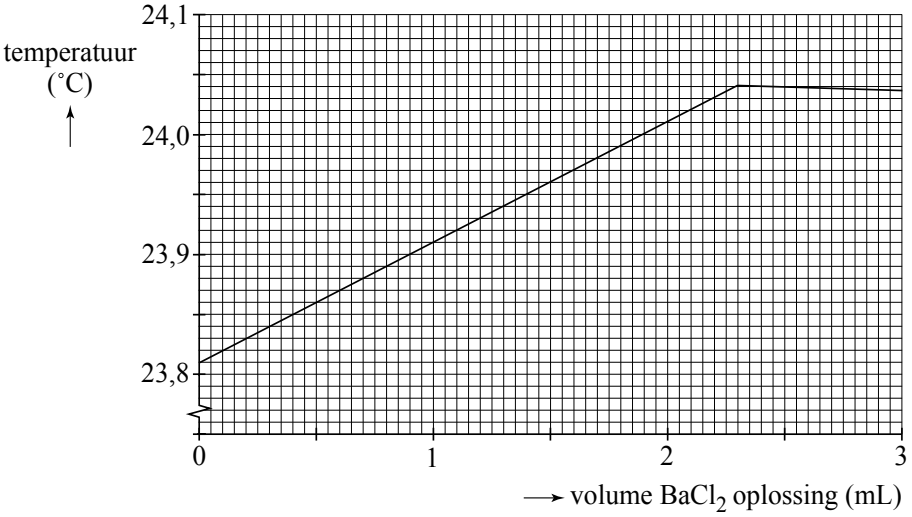


In de reactor (I) worden benzeen en nitreerzuur geleid. Bij temperaturen tussen 90 °C en 135 °C vindt hier een gedeeltelijke omzetting van het benzeen tot nitrobenzeen plaats.
De stoffen uit de reactor worden in de scheidingsruimte (II) geleid. Hier wordt het mengsel gescheiden in:
– nitrobenzeen
– benzeen
– een oplossing van zwavelzuur en het salpeterzuur dat niet heeft gereageerd.
Deze oplossing wordt in ruimte III geconcentreerd door er water uit te verdampen. Voordat de ingedampte oplossing in de reactor wordt gepompt, wordt er door toevoegen van salpeterzuur voor gezorgd dat het mengsel de juiste samenstelling heeft.

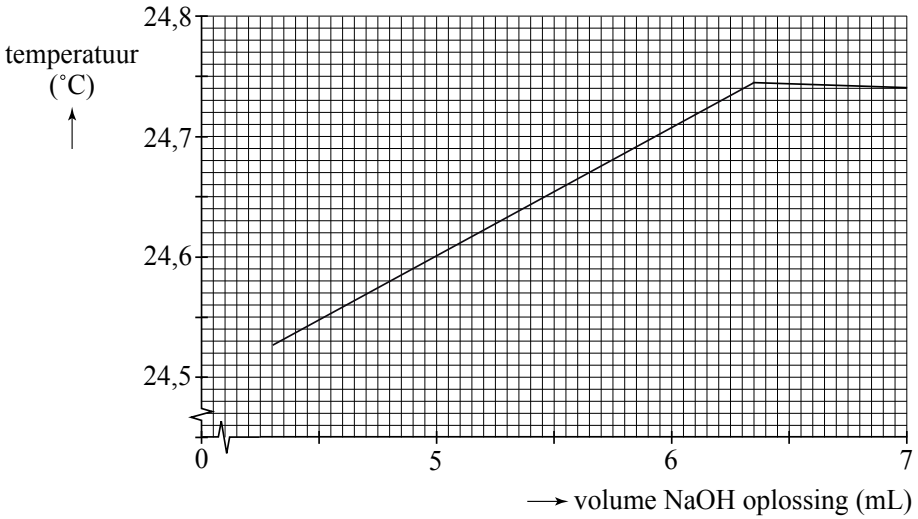
5p **17** Neem het hiervoor getekende onvolledige blokschema over en maak het compleet door de ontbrekende stofstromen in te tekenen. Zet zowel bij de reeds getekende stofstromen als bij de zelf getekende stofstromen de bijbehorende stof(fen) door het plaatsen van cijfers. Gebruik daarvoor de volgende aanduidingen:
1 = benzeen;
2 = nitrobenzeen;
3 = salpeterzuur;
4 = water;
5 = zwavelzuur.
Het is mogelijk dat de cijfers 1 tot en met 5 meerdere keren moeten worden gebruikt.

Beschikbaar gesteld voor alle eindexamens, Pazg

De samenstelling van het nitreerzuur wordt regelmatig gecontroleerd. Daartoe wordt een thermometrische titratie gebruikt.
Tijdens zo'n bepaling wordt 2,00 mL nitreerzuur verdund tot 20,0 mL. Uit deze oplossing wordt 2,00 mL gepipetteerd in een titreervaatje waarin een temperatuursensor is aangebracht. Er wordt getitreerd met een oplossing van 1,00 M bariumchloride. Alle H_2SO_4, HSO_4^- en SO_4^{2-} worden omgezet tot $BaSO_4$. Tijdens de bepaling wordt continu de temperatuur gemeten. Het diagram waarin de gemeten temperatuur is uitgezet tegen het toegevoegde volume bariumchloride-oplossing staat hieronder:



De inhoud van het titreervaatje wordt nog een keer getitreerd, nu met 0,85 M natronloog. Alle gebonden en vrije H^+ ionen reageren met de OH^- ionen tot watermoleculen. Ook hier wordt continu de temperatuur gemeten. Resultaat:

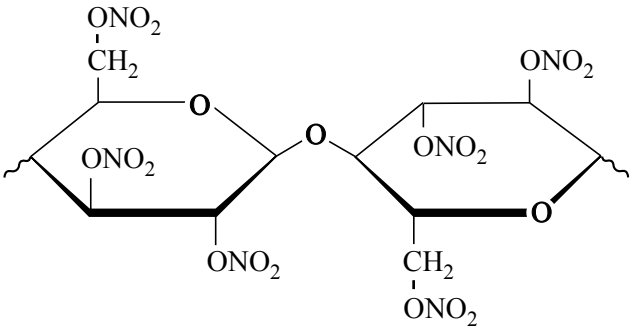


5p **18** Bereken zowel de molariteit van het zwavelzuur als van het salpeterzuur in het onderzochte nitreerzuur.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Oude films

Film bestaat uit een dragermateriaal en een beeldlaag. Oude films hebben voornamelijk cellulosenitraat als dragermateriaal. In deze opgave worden dergelijke films ‘nitraatfilms’ genoemd. Het cellulosenitraat wordt gemaakt door het polymeer cellulose te laten reageren met salpeterzuur. De hydroxylgroepen (OH groepen) worden daarbij vervangen door nitraatgroepen. Hieronder staat de schematische structuurformule van twee monomeereenheden van het polymeer dat is ontstaan wanneer alle hydroxylgroepen in cellulose zijn vervangen door nitraatgroepen.



Bij de bereiding van cellulosenitraat dat voor films wordt gebruikt, mogen niet alle hydroxylgroepen worden omgezet tot nitraatgroepen. Naarmate het aantal nitraatgroepen groter is, is de stof namelijk explosiever. Cellulosenitraat dat als drager voor filmmateriaal wordt gebruikt, mag daarom niet meer dan 12,6 massaprocent N bevatten.
Door bepaling van het massapercentage N kan worden berekend hoeveel hydroxylgroepen gemiddeld per monomeereenheid in cellulose zijn omgezet tot nitraatgroepen. In de formule voor cellulosenitraat kan dit aantal worden weergegeven met x; x hoeft geen geheel getal te zijn.
Van een monster cellulosenitraat bleek het massapercentage N 12,1 te zijn.

1p **19** Geef de formule van een monomeereenheid in cellulosenitraat, waarbij x hydroxylgroepen zijn omgezet tot nitraatgroepen. Ga uit van de volgende formule van een monomeereenheid in cellulose: $C_6H_7O_2(OH)_3$.

4p **20** Bereken het gemiddelde aantal hydroxylgroepen (x) dat per monomeereenheid is omgezet tot nitraatgroepen wanneer het massapercentage N in cellulosenitraat 12,1% bedraagt.

Tijdens het vertonen van een film met behulp van een filmprojector kan de temperatuur behoorlijk oplopen. Daarbij kan het cellulosenitraat gemakkelijk in brand vliegen. Zo’n brand is erg lastig te doven omdat cellulosenitraat, anders dan de meeste brandbare materialen, geen zuurstof (O_2) nodig heeft om te blijven branden.

4p **21** Laat met behulp van een reactievergelijking zien dat voor deze ‘verbranding’ geen zuurstof (O_2) nodig is.
- Gebruik voor cellulosenitraat de formule $(C_6H_7O_{11}N_3)_n$.
- Ga ervan uit dat bij de ‘verbranding’ uitsluitend koolstofdioxide, koolstofmonooxide, stikstof en water ontstaan.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Volgens brandbeveiligingsvoorschriften kan een in brand gevlogen nitraatfilm niet met schuim of water worden geblust. Toch gaat een dergelijke brand op den duur wel uit wanneer men met water blust.

1p **22** Leg uit waarom water toch geschikt is als blusmiddel voor een in brand gevlogen nitraatfilm.

Er is veel historisch interessant beeldmateriaal vastgelegd op nitraatfilms, dus is het belangrijk om die oude films goed te conserveren. Een probleem bij nitraatfilms is dat bij langdurige opslag de beelden kunnen vervagen. Dat komt doordat cellulosenitraat kan hydrolyseren. Bij deze hydrolyse worden de ONO_2 groepen omgezet tot OH groepen waarbij tevens salpeterzuur ontstaat. De hydrolyseproducten diffunderen langzaam door het dragermateriaal en kunnen in contact komen met de beeldlaag. Op de beeldlaag bevindt zich metallisch zilver dat de zwarting op de film veroorzaakt. Door reactie van één van de hydrolyseproducten van cellulosenitraat met het metallisch zilver vervagen de beelden.
Halverwege de vorige eeuw is men overgestapt op het gebruik van zogenoemde acetaatfilms. Hierin is cellulose-acetaat (cellulose-ethanoaat) het dragermateriaal. In cellulose-acetaat zijn de OH groepen van het cellulose veresterd met azijnzuur (ethaanzuur). Cellulose-acetaat is veel minder brandbaar dan cellulosenitraat. Bij langdurige opslag van films met cellulose-acetaat als dragermateriaal (‘acetaatfilms’) kan ook hydrolyse optreden van het cellulose-acetaat, maar dat leidt niet tot vervaging van de beelden op de film.

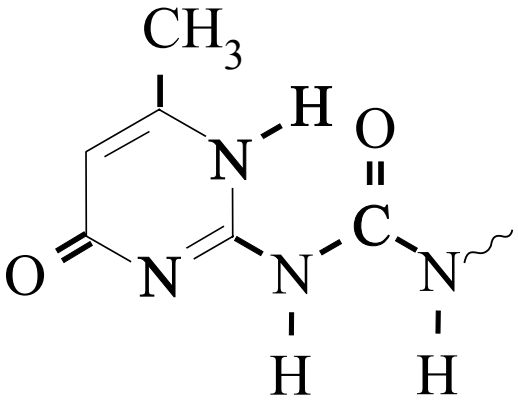
3p **23** Leg uit waarom nitraatfilms wel vervagen bij langdurige opslag en acetaatfilms niet. Vermeld in je uitleg het type reactie dat optreedt bij de vervaging van de nitraatfilms.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

uitwerkbijlage

Naam kandidaat _____ Kandidaatnummer _____

4



VERGEET NIET DEZE UITWERKBIJLAGE IN TE LEVEREN

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Examen VWO

2009

tijdvak 1
dinsdag 26 mei
13.30 - 16.30 uur

scheikunde 1

Bij dit examen horen een bijlage en een uitwerkbijlage.

Dit examen bestaat uit 27 vragen.
Voor dit examen zijn maximaal 69 punten te behalen.
Voor elk vraagnummer staat hoeveel punten met een goed antwoord behaald kunnen worden.

Als bij een vraag een verklaring, uitleg, berekening of afleiding gevraagd wordt, worden aan het antwoord meestal geen punten toegekend als deze verklaring, uitleg, berekening of afleiding ontbreekt.

Geef niet meer antwoorden (redenen, voorbeelden e.d.) dan er worden gevraagd. Als er bijvoorbeeld twee redenen worden gevraagd en je geeft meer dan twee redenen, dan worden alleen de eerste twee in de beoordeling meegeteld.

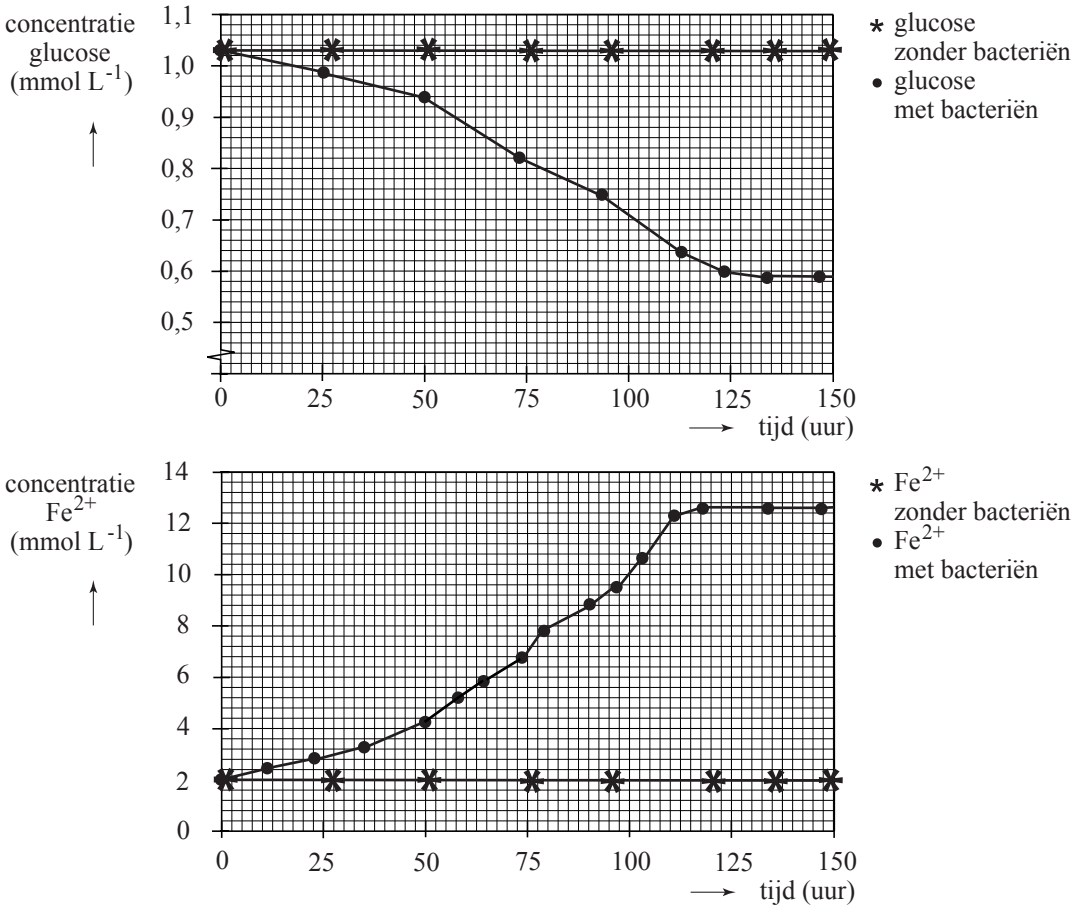
925-0182-a-VW-1-o

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Biobrandstofcel

De bacterie *Rhodoferax ferrireducens* leeft in anaëroob milieu (zuurstofloze omstandigheden). Voor zijn energievoorziening zet deze bacterie glucose om tot onder andere koolstofdioxide. Bij de omzetting van glucose tot koolstofdioxide is glucose reductor. Als oxidator in het anaërobe milieu treedt Fe^{3+} op, dat wordt omgezet tot Fe^{2+}. De reactie, en de functie van de bacteriën daarbij, is onderzocht. Daartoe werden proeven uitgevoerd waarbij glucose-oplossingen en oplossingen met Fe^{3+} werden samengevoegd zowel in aanwezigheid van de bacteriën als zonder bacteriën. Zonder bacteriën treedt geen reactie op.
De onderzoeksresultaten van een proef met bacteriën en een proef zonder bacteriën zijn verzameld in de onderstaande twee diagrammen.

Diagrammen



Uit de diagrammen kan worden afgeleid dat per molecuul glucose bij de halfreactie voor de omzetting van glucose tot koolstofdioxide, 24 elektronen vrijkomen.

2p **1** Leg dit uit met behulp van gegevens uit de diagrammen. Ga ervan uit dat de afname van de hoeveelheid glucose alleen wordt veroorzaakt door de reactie met Fe^{3+} en dat de toename van de hoeveelheid Fe^{2+} alleen wordt veroorzaakt door de reactie met glucose.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Men heeft onderzocht of de omzetting van glucose door *Rhodoferax ferrireducens* kan worden gebruikt in een elektrochemische cel om stroom op te wekken.
De elektrochemische cel bestaat uit twee halfcellen.
De ene halfcel van de elektrochemische cel bestaat uit een poreuze elektrode van grafiet die is geplaatst in een gebufferde glucose-oplossing. Op en rond de elektrode bevinden zich de bacteriën. Om te voorkomen dat zuurstof in de oplossing terechtkomt, wordt stikstofgas doorgeleid. De pH van de oplossing moet 6,90 zijn. Daarom is aan het stikstofgas wat koolstofdioxide toegevoegd en aan de glucose-oplossing wat $NaHCO_3$. De hoeveelheid koolstofdioxide die aan het stikstofgas wordt toegevoegd is zodanig dat in de oplossing de concentratie koolzuur voortdurend gelijk is aan 0,011 mol L^{-1}.

4p **2** Bereken hoeveel gram $NaHCO_3$ per liter moet worden opgelost om te bereiken dat de pH van de gebufferde glucose-oplossing gelijk is aan 6,90 (298 K).

De elektronen die bij de omzetting van glucose vrijkomen, worden overgedragen aan de elektrode.
In de andere halfcel bevindt zich de oxidator. Dat is in de elektrochemische cel niet Fe^{3+}, maar zuurstof. Deze halfcel bestaat uit een elektrode, eveneens van grafiet, die is geplaatst in een bufferoplossing (ook pH = 6,90), waar lucht doorheen wordt geleid. Als de twee elektroden worden verbonden, gaat een elektrische stroom lopen. De zuurstof uit de lucht wordt daarbij omgezet volgens:

$$O_2 + 4\,H^+ + 4\,e^- \rightarrow 2\,H_2O$$

De ontstane elektrochemische cel wordt een biobrandstofcel genoemd.

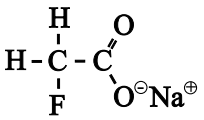
3p **3** Geef de vergelijking van de halfreactie voor de omzetting van glucose tot koolstofdioxide. Behalve de formules van de genoemde stoffen komen in de vergelijking nog e^-, H^+ en H_2O voor.

2p **4** Leid de vergelijking af van de totale reactie waarop de stroomlevering door de biobrandstofcel berust.

4p **5** Maak een schets van zo'n biobrandstofcel. Benoem de onderdelen van de cel en vermeld op de juiste plaats alle stoffen en oplossingen die worden gebruikt, evenals de bacteriën. Geef in je tekening ook aan wat tijdens de stroomlevering de positieve en de negatieve elektrode is.

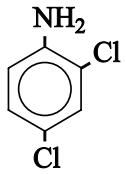
Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

1080 (ten-eighty) is de triviale naam van het natriumzout van fluorazijnzuur. 1080 is zeer giftig en wordt gebruikt als bestrijdingsmiddel tegen ongedierte. De structuurformule van 1080 is hiernaast afgebeeld.



In Nieuw-Zeeland wordt 1080 vaak gebruikt om schadelijke knaagdieren te bestrijden. Boven bebost gebied worden brokken lokaas met 1080 vanuit vliegtuigen over het terrein uitgeworpen. Eén van de risico's aan deze manier van verspreiden, is dat 1080 in rivieren en meren, en dus ook in het drinkwater terecht kan komen. Hierdoor kunnen ook mensen onbedoeld in aanraking komen met het gif.

Er is een aantal methoden ontwikkeld om gehaltes aan 1080 in water te bepalen. Bij één van die methoden wordt gebruik gemaakt van een stof die wordt aangeduid met de afkorting DCA. De structuurformule van DCA is hiernaast afgebeeld.



3p **6** Geef de systematische naam van DCA.

Bij deze analysemethode laat men 1080 reageren met DCA en wordt de concentratie van het ontstane product bepaald. De laagste concentratie 1080 die men met deze methode kan meten, bedraagt $6 \cdot 10^{-9}$ mol L^{-1}.
In Nieuw-Zeeland is de maximale concentratie waarin 1080 in het (drink)water mag voorkomen, vastgesteld op $2 \cdot 10^{-3}$ massa-ppm.

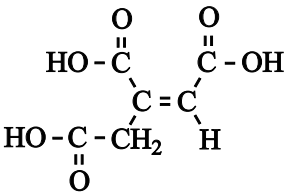
3p **7** Laat aan de hand van een berekening zien dat 1080 met de hierboven beschreven analysemethode kan worden aangetoond wanneer deze stof voorkomt in de maximaal toelaatbare concentratie in Nieuw-Zeeland. De dichtheid van (drink)water is $1{,}0 \cdot 10^{3}$ g L^{-1}.

De giftigheid van 1080 komt voort uit het feit dat na inname van de stof de citroenzuurcyclus wordt geblokkeerd. De citroenzuurcyclus is een reeks van enzymatische omzettingen die een belangrijke rol speelt bij de energievoorziening in levende organismen. Door blokkade van de cyclus als gevolg van inname van 1080 komt de energievoorziening van het organisme in gevaar, wat de dood tot gevolg kan hebben. De reacties die optreden in de citroenzuurcyclus staan in Binas-tabel 68C.
Na inname van 1080 wordt deze stof in een aantal stappen enzymatisch omgezet tot de stof fluorcitroenzuur. Deze stof lijkt veel op citroenzuur.
Het verschil tussen fluorcitroenzuur en citroenzuur is dat in een molecuul fluorcitroenzuur één fluoratoom aan een koolstofatoom is gebonden op de plaats waar in een molecuul citroenzuur een waterstofatoom aan een koolstofatoom is gebonden. Van fluorcitroenzuur bestaan verschillende stereo-isomeren, van citroenzuur niet.

3p **8** Geef de structuurformule van fluorcitroenzuur. Geef hierin met een sterretje aan welk koolstofatoom asymmetrisch is of welke koolstofatomen asymmetrisch zijn.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Onder normale omstandigheden wordt citroenzuur in de eerste twee stappen van de citroenzuurcyclus door het enzym aconitase omgezet tot isocitroenzuur. Als tussenproduct wordt hierbij een stof gevormd die *cis*-aconietzuur wordt genoemd. Aconietzuur is geen systematische naam; behalve *cis*-aconietzuur bestaat ook *trans*-aconietzuur.
Uit Binas-tabel 68C is af te leiden dat de structuurformule van *cis*-aconietzuur als volgt kan worden weergegeven:



Aconitase kan echter ook fluorcitroenzuur omzetten.
Om te onderzoeken welke stereo-isomeer van fluorcitroenzuur verantwoordelijk is voor de blokkade van de citroenzuurcyclus, liet men stereo-isomeren van deze stof reageren met het enzym aconitase.
Men vond dat één van de stereo-isomeren van fluorcitroenzuur door aconitase wordt omgezet tot een stof die wordt aangeduid met de naam 4-hydroxy-*trans*-aconietzuur en dat geen verdere omzetting tot isocitroenzuur plaatsvindt.

2p **9** Geef de structuurformule van 4-hydroxy-*trans*-aconietzuur. Ga ervan uit dat de plaatsaanduiding van een OH groep een lagere prioriteit heeft dan de plaatsaanduiding van een C = C binding.

Men neemt aan dat in een levend organisme uit de stof 1080 de stereo-isomeer van fluorcitroenzuur wordt gevormd die door aconitase wordt omgezet tot 4-hydroxy-*trans*-aconietzuur. Dit 4-hydroxy-*trans*-aconietzuur zorgt ervoor dat aconitase niet meer in staat is citroenzuur om te zetten (tot isocitroenzuur). Als gevolg daarvan komt de energievoorziening van het organisme stil te liggen en hoopt citroenzuur zich op. Beide effecten leiden tot de dood van het organisme.
Het moleculaire mechanisme van de omzetting door aconitase van fluorcitroenzuur tot 4-hydroxy-*trans*-aconietzuur is onderzocht. Dit onderzoek heeft uitgewezen dat per molecuul aconitase slechts één molecuul fluorcitroenzuur wordt omgezet tot een molecuul 4-hydroxy-*trans*-aconietzuur.

2p **10** Geef een mogelijke verklaring voor het feit dat aconitase door de vorming van 4-hydroxy-*trans*-aconietzuur niet meer in staat is citroenzuur om te zetten. Maak hierbij gebruik van de gegevens uit het onderzoek naar het moleculaire mechanisme.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Ruim 6% van de baby's wordt te vroeg geboren. Deze zuigelingen hebben een grote behoefte aan voeding met de juiste vetten. Nutricia, een bekende fabrikant van babyvoeding, heeft hiervoor een speciaal product ontwikkeld en onder de naam Nenatal® op de markt gebracht. De fabrikant heeft veel informatie verstrekt over deze nieuwe babyvoeding. Een deel van deze informatie is afgedrukt in de bijlage die bij dit examen hoort. Lees deze informatie en beantwoord daarna onderstaande vragen.

De vetzuren die in Nenatal® zijn verwerkt, staan vermeld in tabel 1 op pagina 3 van de bijlage die bij dit examen hoort.
In Nenatal® komen zowel enkelvoudig onverzadigde vetzuren als meervoudig onverzadigde vetzuren voor. Een voorbeeld van een meervoudig onverzadigd vetzuur is arachidonzuur. Onder voedingsdeskundigen is het gebruikelijk om vetzuren met een bepaalde code aan te geven. In tabel 1 zijn deze codes ook opgenomen. De code van een vetzuur is gebaseerd op de structuurformule van dat vetzuur. Met behulp van gegevens uit Binas-tabel 67B is af te leiden wat de betekenis is van die codes. Niet alle informatie over de structuurformule van arachidonzuur is echter in de code opgenomen.

2p **11** Geef de betekenis van de code van arachidonzuur.

2p **12** Noem een aspect uit de structuurformule van arachidonzuur dat niet in de code is opgenomen en geef een mogelijke verklaring voor het feit dat die informatie niet in de code is opgenomen. Betrek in je verklaring ook andere meervoudig onverzadigde vetzuren.

In het tekstfragment is op sommige plaatsen sprake van onnauwkeurig chemisch taalgebruik. Een voorbeeld daarvan is te vinden in de beschrijving van de vorming van de calciumzepen (regels 9 en 10). In het darmkanaal, waar de vorming van calciumzepen plaatsvindt, is de pH ongeveer 8,0. Zuren zoals palmitinezuur hebben een pK_z van 5,0 - 6,0. Bij een pH van ongeveer 8 komen deze zuren vrijwel volledig voor in de vorm van de geconjugeerde base.

3p **13** Laat aan de hand van een berekening zien dat een zuur met een pK_z = 5,5 bij een pH = 8,0 vrijwel volledig voorkomt in de vorm van de geconjugeerde base van dat zuur. Gebruik voor het zuur de notatie HZ en voor de geconjugeerde base Z^-.

Met 'onoplosbare calciumzepen' in regel 10 wordt calciumpalmitaat bedoeld.

3p **14** Geef de vergelijking van de reactie die optreedt bij het ontstaan van calciumpalmitaat in het darmkanaal. Noteer hierin de koolwaterstofrest van het palmitaat als C_xH_y met daarin de juiste getallen voor x en y.

2p **15** Geef de naam van nog een onoplosbare calciumzeep die kan worden gevormd in het darmkanaal van een baby die met Nenatal® is gevoed.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Een ander voorbeeld van onnauwkeurig chemisch taalgebruik is te vinden in kolom 3 van tabel 1. Daar staat boven: ‘g vetzuur per 100 g vet’. Hierin zou ‘g vetzuur’ moeten zijn ‘g gebonden vetzuur’. Ook ‘per 100 g vet’ is niet juist, want de som van de massa’s van de vetzuren in deze kolom is, afgerond, 100,0 g. Boven kolom 3 van tabel 1 zou dus iets anders moeten staan, bijvoorbeeld: ‘g gebonden vetzuur per … g vet’.

2p **16** Leg uit of het getal dat op de plaats van de puntjes in ‘g gebonden vetzuur per … g vet’ moet komen te staan groter of kleiner is dan 100.

In het tekstfragment wordt beschreven hoe de grondstof BETAPOL® wordt gemaakt (regels 37 t/m 42).

3p **17** Geef, met behulp van structuurformules, de vergelijking van de reactie die is beschreven in de regels 37 en 38. Noteer hierin de koolwaterstofrest van het palmitaat als C_xH_y met daarin de juiste getallen voor x en y.

De reactie die is beschreven in de regels 37 en 38 vindt plaats in een andere reactor (reactor 1) dan de reactie die is beschreven in regel 39 (reactor 2). De reactie die is beschreven in de regels 40 t/m 42 vindt plaats in een derde reactor (reactor 3) met reactieproducten uit reactor 1 en reactor 2.
Behalve de reacties die in de regels 37 t/m 42 zijn beschreven, worden in het om-esteringsproces ook enkele scheidingen uitgevoerd.

3p **18** Welke stof(fen) moet(en) worden verwijderd uit de volgende reactiemengsels:
– het reactiemengsel dat is ontstaan in reactor 1 (zie regels 37 en 38);
– het reactiemengsel dat is ontstaan in reactor 2 (zie regel 39)?
Geef ook aan waarom het ongewenst is dat deze stoffen in reactor 3 terechtkomen.
Noteer je antwoord als volgt:
Uit het mengsel dat in reactor 1 is ontstaan, moet(en) … worden verwijderd, omdat …
Uit het mengsel dat in reactor 2 is ontstaan, moet(en) … worden verwijderd, omdat …

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Stikstofbepaling

Bleekwater wordt verkregen door chloorgas in natronloog te leiden. In bleekwater heeft zich het volgende evenwicht ingesteld:

$$Cl_2 + 2\,OH^- \rightleftarrows OCl^- + Cl^- + H_2O$$

De ionsoort OCl^- wordt hypochloriet genoemd.
Het Australische bedrijf Multitrator heeft een methode ontwikkeld om met behulp van bleekwater het stikstofgehalte van een kunstmest te bepalen. Bij deze bepaling wordt een oplossing van de kunstmest getitreerd met verdund bleekwater. Tijdens de titratie, die in zwak basisch milieu wordt uitgevoerd, wordt ammoniak omgezet tot stikstof.
Voorafgaand aan de titratie wordt aan de oplossing van kunstmest een oplossing toegevoegd die 0,5 M aan $KHCO_3$ is en 0,5 M aan KBr. Doordat de oplossing van $KHCO_3$ licht basisch is, worden de NH_4^+ ionen uit de oplossing van de kunstmest omgezet tot NH_3 moleculen.
Dat een oplossing van $KHCO_3$ basisch is, kan worden verklaard met behulp van getalwaarden uit Binas.

2p **19** Geef een verklaring voor het feit dat een $KHCO_3$ oplossing basisch is. Vermeld in je verklaring getalwaarden uit Binas.

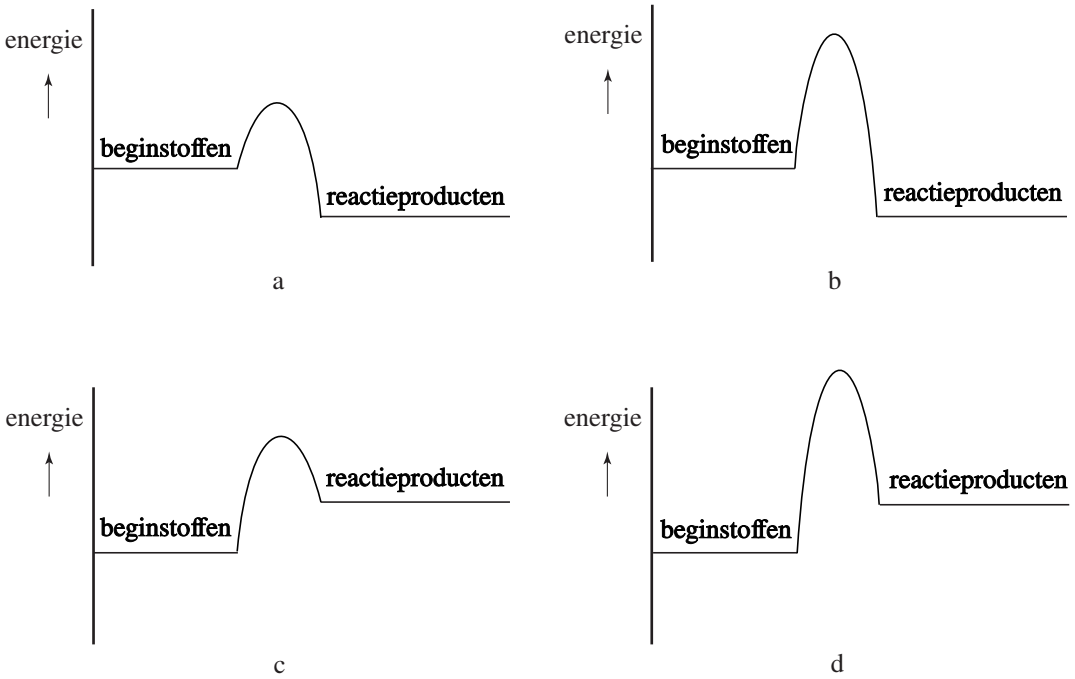
De reactie tussen bleekwater en ammoniak verloopt snel en is aflopend. Daarom kan deze reactie goed bij een titratie worden gebruikt. Dankzij het feit dat de reactie exotherm is, is het eindpunt van de titratie goed te bepalen.

2p **20** Leg uit hoe je, door gebruik te maken van het feit dat de reactie tussen bleekwater en ammoniak exotherm is, het eindpunt van de titratie kunt bepalen.

Het verloop van een reactie kan met behulp van een energiediagram worden beschreven. Hierna zijn vier energiediagrammen (a, b, c en d) getekend. In alle diagrammen heeft de verticale as dezelfde schaal. Twee van deze energiediagrammen zijn zeker onjuist voor de reactie tussen bleekwater en ammoniak.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Energiediagrammen



2p **21** Leg uit welke twee energiediagrammen zeker onjuist zijn voor het verloop van de reactie tussen bleekwater en ammoniak.

1p **22** Welke van de overgebleven energiediagrammen geeft het verloop van de reactie tussen bleekwater en ammoniak het beste weer? Geef een verklaring voor je antwoord.

Het bleekwater dat bij de titratie wordt gebruikt, moet worden geijkt. Het ijken van het bleekwater gebeurt meestal voorafgaand aan de bepaling, maar er mag niet veel tijd verstrijken tussen het ijken en de bepaling.

2p **23** Leg uit, aan de hand van in het begin van deze opgave verstrekte gegevens met betrekking tot bleekwater, dat er niet veel tijd mag verstrijken tussen het ijken van het bleekwater en de bepaling.

De methode is gebruikt om het stikstofgehalte te bepalen van een kunstmest, die ammoniumnitraat als stikstofbevattende stof bevat. Van deze kunstmest werd 4,561 g opgelost tot 100,0 mL oplossing. Hieruit werd 10,00 mL overgebracht in een erlenmeyer. Na toevoeging van een voldoend aantal mL van een oplossing die 0,5 M aan $KHCO_3$ en 0,5 M aan KBr is, werd getitreerd met bleekwater. Het eindpunt van de titratie was bereikt na toevoegen van 3,928 mL bleekwater.
Bij het ijken van het bleekwater heeft men het volgende verband gevonden tussen het aantal mmol NH_4^+ en het aantal mL bleekwater:
aantal mL bleekwater = 0,046 + (1,950 $\times$ aantal mmol NH_4^+).

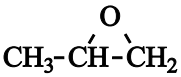
5p **24** Bereken het massapercentage N in de onderzochte kunstmest. Ga ervan uit dat ammoniumnitraat de enige stikstofbevattende stof is in de onderzochte kunstmest.

Let op: de laatste opgave van dit examen staat op de volgende pagina.

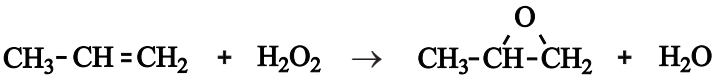
Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Epoxypropaan

1,2-Epoxypropaan is een belangrijke grondstof voor verschillende soorten polymeren. Het is een cyclische koolstofverbinding met de volgende structuurformule:



Een recent ontwikkelde methode om op industriële schaal 1,2-epoxypropaan te produceren, is gebaseerd op de reactie van propeen met waterstofperoxide:



Als oplosmiddel gebruikt men methanol.
Methanol heeft in het proces ook nog een andere functie.
Om een volledige omzetting van propeen te bereiken, moet waterstofperoxide in overmaat worden gebruikt. Deze zeer reactieve stof levert bij verdere bewerking van reactiemengsels veelal problemen op. Om deze problemen te vermijden, moet de overmaat waterstofperoxide volledig worden omgezet. Dat kan door de aanwezigheid van methanol. Tijdens het proces zet het niet-verbruikte waterstofperoxide een deel van de methanol om tot een stof X. Deze stof X reageert vervolgens met overgebleven methanol. Bij deze reactie ontstaat uiteindelijk onder andere methylmethanoaat.
Op de uitwerkbijlage bij deze opgave is de vergelijking van de laatste reactie onvolledig weergegeven. Deze laatste reactie is een reactie tussen twee stoffen.

2p **25** Maak de reactievergelijking op de uitwerkbijlage af. Zet daarin boven ‘stof X’ de structuurformule van stof X.

2p **26** Leg uit dat methanol kan worden omgezet tot stof X. Vermeld in je uitleg ook tot welke soort stoffen waterstofperoxide bij deze omzetting moet worden gerekend.

In een bepaalde uitvoering van dit proces reageert 90 procent van het waterstofperoxide met propeen dat hierbij volledig wordt omgezet. De overmaat waterstofperoxide wordt door de reactie met methanol volledig omgezet. Per mol methylmethanoaat die hierbij ontstaat, reageren twee mol waterstofperoxide en twee mol methanol.

3p **27** Bereken hoeveel ton methanol wordt verbruikt bij de productie van $5{,}0 \cdot 10^3$ ton 1,2-epoxypropaan volgens bovenstaand proces. Een ton is 10^3 kg.

Bronvermelding

Een opsomming van de in dit examen gebruikte bronnen, zoals teksten en afbeeldingen, is te vinden in het bij dit examen behorende correctievoorschrift, dat na afloop van het examen wordt gepubliceerd.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Bijlage VWO

2009

tijdvak 1

scheikunde 1

Informatieboekje

925-0182-a-VW-1-b

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Beta-palmitaat

Palmitinezuur

Palmitinezuur is het meest voorkomende vetzuur in moedermelk (circa 20 - 25% van het melkvet). Het palmitinezuur in moedermelk komt voornamelijk gebonden aan de β-positie[1] van het glycerolmolecuul voor (60 – 70% van het totaal aan palmitinezuur). In de huidige voedingen voor te vroeg geboren baby's is palmitinezuur echter voornamelijk gebonden aan de α-positie[1].

Effecten van α- en β-palmitaat

Gebonden aan de α-positie kan palmitinezuur worden afgesplitst van het glycerolmolecuul door pancreaslipase. Het vrije palmitinezuur vormt gemakkelijk met calcium onoplosbare calciumzepen. Deze calciumzepen worden niet geabsorbeerd, maar verlaten onveranderd het lichaam via de ontlasting. Hierdoor gaan vetzuren en calcium verloren. Het verlies aan vetzuren (met name palmitinezuur) is nadelig voor het vetzuurmetabolisme en het verlies aan calcium is nadelig voor de botopbouw. Daarnaast hebben de onoplosbare calciumzepen de negatieve bijwerking dat zij voor een hardere ontlasting zorgen. Het aan de β-positie gebonden palmitinezuur kan niet door pancreaslipase worden afgesplitst. Een glycerolmolecuul met een aan de β-positie gebonden palmitinezuur kan geheel worden opgenomen uit het darmkanaal. In de ontlasting gaan minder vetzuren en calcium verloren en wordt geen nadelige invloed op de ontlastingsconsistentie uitgeoefend.

Calciumzepen

De vorming van onoplosbare calciumzepen vindt plaats met de verzadigde vetzuren met lange keten (C ≥ 16). Aangezien palmitinezuur binnen deze groep in de grootste hoeveelheid voorkomt, maakt palmitinezuur het belangrijkste deel uit van de gevormde calciumzepen. Vetzuren aan de α-positie met kortere ketens of onverzadigde vetzuren met langere ketens worden na afsplitsing beter geabsorbeerd dan palmitinezuur. Met deze vetzuren worden geen calciumzepen gevormd.

β-palmitaatbron

Het hoge gehalte aan β-palmitaat in Nenatal wordt verkregen door het gebruik van de gepatenteerde grondstof BETAPOL®.
BETAPOL® wordt verkregen door om-estering van een tri-palmitinezuurrijke palmoliefractie met een mengsel van zonnebloemolie, canola-olie en cocosolie. Bij deze om-estering wordt gebruik gemaakt van het enzym α-lipase, dat wordt verkregen met behulp van moderne biotechnieken.

noot 1 Met de β-positie van een glycerolmolecuul bedoelt men het middelste koolstofatoom (C atoom 2); de α-posities van een glycerolmolecuul zijn de buitenste koolstofatomen (C atomen 1 en 3).

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Het om-esteringsproces verloopt als volgt:

- α-lipase (1,3-lipase) hydrolyseert palmitinezuur van de 1- en 3-posities van glyceryltripalmitaat;
- andere oliën worden totaal gehydrolyseerd tot vrije vetzuren en glycerol;
- vrije vetzuren worden gemengd met β-palmitaat; α-lipase verestert onder speciaal hiervoor gekozen omstandigheden vrije vetzuren aan de 1- en 3-positie van het β-palmitaat.

Tabel 1: Vetzuursamenstelling van vloeibaar Nenatal®

Code	**Vetzuren**	**g vetzuur per 100 g vet**
Middel keten vetzuren:		
C 6:0	capronzuur	0,2
C 8:0	caprylzuur	1,3
C 10:0	caprinezuur	1,0
C 12:0	laurinezuur	11,5
Lange keten vetzuren:		
C 14:0	myristinezuur	4,2
C 16:0	palmitinezuur	21,5
C 16:1 ω-7	palmitoleïnezuur	0,1
C 18:0	stearinezuur	4,1
C 18:1 ω-9	oliezuur	39,6
C 18:2 ω-6	linolzuur	12,5
C 18:3 ω-3	α-linoleenzuur	1,3
C 18:3 ω-6	γ-linoleenzuur	0,02
C 20:3 ω-6	dihomo-γ-linoleenzuur	0,02
C 20:4 ω-6	arachidonzuur	0,6
C 22:6 ω-3	docosahexaeenzuur	0,4
Overige		1,7

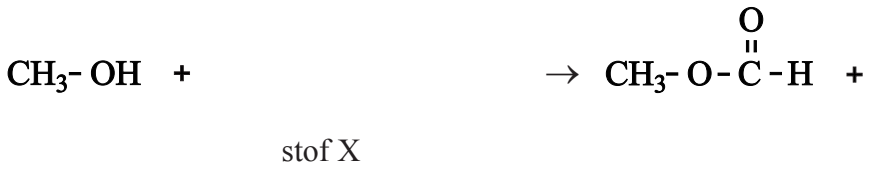
naar: De nieuwe generatie prematurenvoeding, Nutricia

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

uitwerkbijlage

Naam kandidaat _____ Kandidaatnummer _____

25



VERGEET NIET DEZE UITWERKBIJLAGE IN TE LEVEREN

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Examen VWO

2009

tijdvak 1
dinsdag 26 mei
13.30 - 16.30 uur

scheikunde 1,2

Bij dit examen horen een bijlage en een uitwerkbijlage.

Dit examen bestaat uit 23 vragen.
Voor dit examen zijn maximaal 68 punten te behalen.
Voor elk vraagnummer staat hoeveel punten met een goed antwoord behaald kunnen worden.

Als bij een vraag een verklaring, uitleg, berekening of afleiding gevraagd wordt, worden aan het antwoord meestal geen punten toegekend als deze verklaring, uitleg, berekening of afleiding ontbreekt.

Geef niet meer antwoorden (redenen, voorbeelden e.d.) dan er worden gevraagd. Als er bijvoorbeeld twee redenen worden gevraagd en je geeft meer dan twee redenen, dan worden alleen de eerste twee in de beoordeling meegeteld.

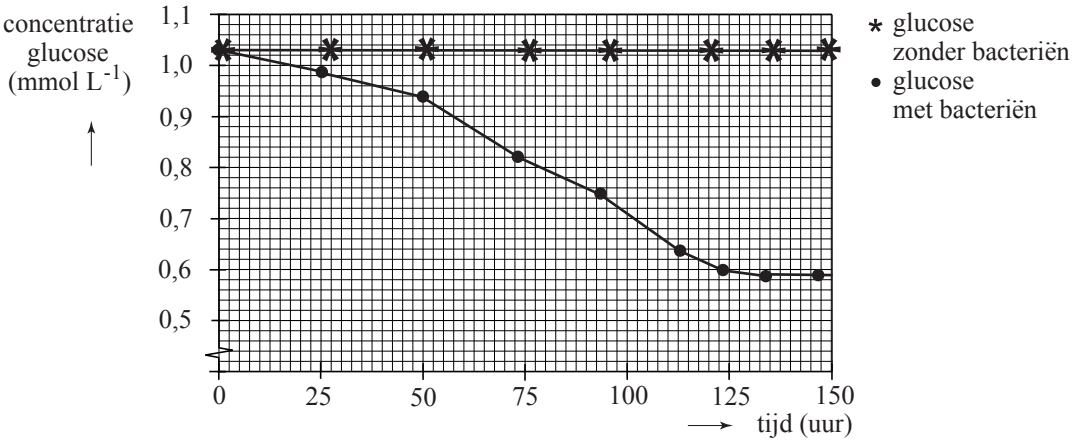
925-0183-a-VW-1-o

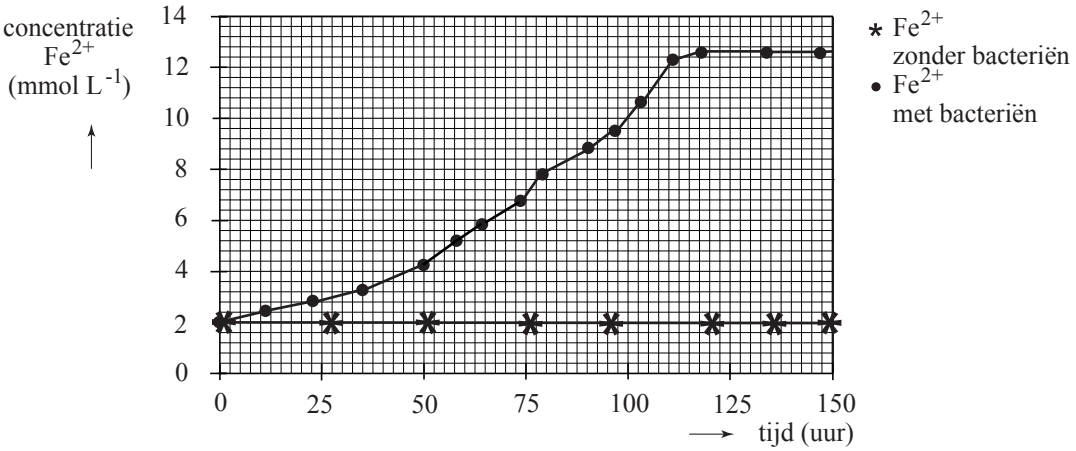
Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Biobrandstofcel

De bacterie *Rhodoferax ferrireducens* leeft in anaëroob milieu (zuurstofloze omstandigheden). Voor zijn energievoorziening zet deze bacterie glucose om tot onder andere koolstofdioxide. Bij de omzetting van glucose tot koolstofdioxide is glucose reductor. Als oxidator in het anaërobe milieu treedt Fe^{3+} op, dat wordt omgezet tot Fe^{2+}. De reactie, en de functie van de bacteriën daarbij, is onderzocht. Daartoe werden proeven uitgevoerd waarbij glucose-oplossingen en oplossingen met Fe^{3+} werden samengevoegd zowel in aanwezigheid van de bacteriën als zonder bacteriën. Zonder bacteriën treedt geen reactie op.
De onderzoeksresultaten van een proef met bacteriën en een proef zonder bacteriën zijn verzameld in de onderstaande twee diagrammen.

Diagrammen





Uit de diagrammen kan worden afgeleid dat per molecuul glucose bij de halfreactie voor de omzetting van glucose tot koolstofdioxide, 24 elektronen vrijkomen.

2p **1** Leg dit uit met behulp van gegevens uit de diagrammen. Ga ervan uit dat de afname van de hoeveelheid glucose alleen wordt veroorzaakt door de reactie met Fe^{3+} en dat de toename van de hoeveelheid Fe^{2+} alleen wordt veroorzaakt door de reactie met glucose.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Men heeft onderzocht of de omzetting van glucose door *Rhodoferax ferrireducens* kan worden gebruikt in een elektrochemische cel om stroom op te wekken.
De elektrochemische cel bestaat uit twee halfcellen.
De ene halfcel van de elektrochemische cel bestaat uit een poreuze elektrode van grafiet die is geplaatst in een gebufferde glucose-oplossing. Op en rond de elektrode bevinden zich de bacteriën. Om te voorkomen dat zuurstof in de oplossing terechtkomt, wordt stikstofgas doorgeleid. De pH van de oplossing moet 6,90 zijn. Daarom is aan het stikstofgas wat koolstofdioxide toegevoegd en aan de glucose-oplossing wat $NaHCO_3$. De hoeveelheid koolstofdioxide die aan het stikstofgas wordt toegevoegd is zodanig dat in de oplossing de concentratie koolzuur voortdurend gelijk is aan 0,011 mol L^{-1}.

4p **2** Bereken hoeveel gram $NaHCO_3$ per liter moet worden opgelost om te bereiken dat de pH van de gebufferde glucose-oplossing gelijk is aan 6,90 (298 K).

De elektronen die bij de omzetting van glucose vrijkomen, worden overgedragen aan de elektrode.
In de andere halfcel bevindt zich de oxidator. Dat is in de elektrochemische cel niet Fe^{3+}, maar zuurstof. Deze halfcel bestaat uit een elektrode, eveneens van grafiet, die is geplaatst in een bufferoplossing (ook pH = 6,90), waar lucht doorheen wordt geleid. Als de twee elektroden worden verbonden, gaat een elektrische stroom lopen. De zuurstof uit de lucht wordt daarbij omgezet volgens:

$$O_2 + 4\,H^+ + 4\,e^- \rightarrow 2\,H_2O$$

De ontstane elektrochemische cel wordt een biobrandstofcel genoemd.

3p **3** Geef de vergelijking van de halfreactie voor de omzetting van glucose tot koolstofdioxide. Behalve de formules van de genoemde stoffen komen in de vergelijking nog e^-, H^+ en H_2O voor.

2p **4** Leid de vergelijking af van de totale reactie waarop de stroomlevering door de biobrandstofcel berust.

4p **5** Maak een schets van zo'n biobrandstofcel. Benoem de onderdelen van de cel en vermeld op de juiste plaats alle stoffen en oplossingen die worden gebruikt, evenals de bacteriën. Geef in je tekening ook aan wat tijdens de stroomlevering de positieve en de negatieve elektrode is.

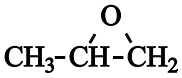
De cel heeft gedurende een proefperiode van 600 uur een stroom geleverd van $0{,}20 \cdot 10^{-3}$ A (A is ampère; 1 ampère = 1 C s^{-1}). Van de omgezette glucose werd 83% gebruikt voor de stroomlevering.

5p **6** Bereken hoeveel g glucose gedurende de 600 uur van de stroomlevering werd omgezet. Maak bij je berekening onder andere gebruik van het gegeven dat de lading van één mol elektronen gelijk is aan $9{,}65 \cdot 10^4$ C.

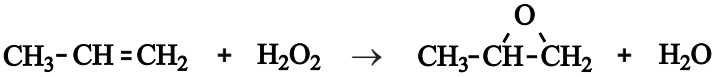
Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Epoxypropaan

1,2-Epoxypropaan is een belangrijke grondstof voor verschillende soorten polymeren. Het is een cyclische koolstofverbinding met de volgende structuurformule:



Een recent ontwikkelde methode om op industriële schaal 1,2-epoxypropaan te produceren, is gebaseerd op de reactie van propeen met waterstofperoxide:



De reactiewarmte van deze reactie bedraagt
– 2,09·10^5 J per mol 1,2-epoxypropaan (298 K, $p = p_0$).

4p **7** Bereken onder andere met behulp van gegevens uit Binas-tabel 57 de vormingswarmte van 1,2-epoxypropaan in J per mol. Neem aan dat het gevormde water vloeibaar is.

Bij deze methode reageren propeen en waterstofperoxide in aanwezigheid van een vaste katalysator. Als oplosmiddel dient methanol. De katalysator lost niet op in methanol en blijft in de reactor achter.
Methanol doet niet alleen dienst als oplosmiddel; de stof heeft in het proces ook nog een andere functie. Om een volledige omzetting van propeen te bereiken, moet waterstofperoxide in overmaat worden gebruikt. Deze zeer reactieve stof levert bij verdere bewerking van reactiemengsels veelal problemen op. Om deze problemen te vermijden, moet de overmaat waterstofperoxide volledig worden omgezet. Dat kan door de aanwezigheid van methanol. Tijdens het proces zet het niet-verbruikte waterstofperoxide een deel van de methanol om tot een stof X. Deze stof X reageert vervolgens met overgebleven methanol. Bij deze reactie ontstaat uiteindelijk onder andere methylmethanoaat.
Op de uitwerkbijlage bij deze opgave is de vergelijking van de laatste reactie onvolledig weergegeven. Deze laatste reactie is een reactie tussen twee stoffen.

2p **8** Maak de reactievergelijking op de uitwerkbijlage af. Zet daarin boven ‘stof X’ de structuurformule van stof X.

2p **9** Leg uit dat methanol kan worden omgezet tot stof X. Vermeld in je uitleg ook tot welke soort stoffen waterstofperoxide bij deze omzetting moet worden gerekend.

Na de reactie van propeen met waterstofperoxide volgt een serie destillaties.
In de eerste destillatieruimte wordt 1,2-epoxypropaan uit het reactiemengsel afgescheiden.
In de tweede destillatieruimte wordt het bijproduct water afgescheiden. Tegelijkertijd vinden hierin de reacties plaats waarbij het niet-verbruikte waterstofperoxide wordt omgezet en methylmethanoaat wordt gevormd.
Tenslotte worden in de derde destillatieruimte methanol en methylmethanoaat gescheiden. Methanol wordt hergebruikt in het proces.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Doordat een gedeelte van het oplosmiddel methanol wordt omgezet tot methylmethanoaat moet bij dit continue proces dus ook voortdurend methanol worden toegevoerd.
Het hiervoor beschreven continue proces voor de bereiding van 1,2-epoxypropaan kan in een blokschema worden weergegeven. Op de uitwerkbijlage bij deze opgave is het gedeelte van dit continue proces weergegeven tot en met de afscheiding van het 1,2-epoxypropaan.

4p **10** Maak het blokschema op de uitwerkbijlage compleet door het plaatsen van nog twee blokken voor destillatieruimte 2 en destillatieruimte 3 en lijnen met pijlen voor de daarbij behorende stofstromen.
- Zet bij de pijlen die de blokken verlaten de naam van de desbetreffende stof.
- Zet bij de stofstroom van de reactor naar destillatie 1 en bij de stofstromen tussen de destillatieblokken geen namen van stoffen.
- Ga ervan uit dat in het proces behalve 1,2-epoxypropaan geen andere stoffen dan water en methylmethanoaat worden gevormd.

In een bepaalde uitvoering van dit continue proces reageert 90 procent van het waterstofperoxide met propeen dat hierbij volledig wordt omgezet. De overmaat waterstofperoxide wordt door de reactie met methanol volledig omgezet. Per mol methylmethanoaat die hierbij ontstaat, reageren twee mol waterstofperoxide en twee mol methanol.

3p **11** Bereken hoeveel ton methanol wordt verbruikt bij de productie van $5{,}0 \cdot 10^3$ ton 1,2-epoxypropaan volgens bovenstaand proces. Een ton is 10^3 kg.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Ruim 6% van de baby's wordt te vroeg geboren. Deze zuigelingen hebben een grote behoefte aan voeding met de juiste vetten. Nutricia, een bekende fabrikant van babyvoeding, heeft hiervoor een speciaal product ontwikkeld en onder de naam Nenatal® op de markt gebracht. De fabrikant heeft veel informatie verstrekt over deze nieuwe babyvoeding. Een deel van deze informatie is afgedrukt in de bijlage die bij dit examen hoort. Lees deze informatie en beantwoord daarna onderstaande vragen.

De vetzuren die in Nenatal® zijn verwerkt, staan vermeld in tabel 1 op pagina 3 van de bijlage die bij dit examen hoort.
In Nenatal® komen zowel enkelvoudig onverzadigde vetzuren als meervoudig onverzadigde vetzuren voor. Een voorbeeld van een meervoudig onverzadigd vetzuur is arachidonzuur. Onder voedingsdeskundigen is het gebruikelijk om vetzuren met een bepaalde code aan te geven. In tabel 1 zijn deze codes ook opgenomen. De code van een vetzuur is gebaseerd op de structuurformule van dat vetzuur. Met behulp van gegevens uit Binas-tabel 67B is af te leiden wat de betekenis is van die codes. Niet alle informatie over de structuurformule van arachidonzuur is echter in de code opgenomen.

2p **12** Geef de betekenis van de code van arachidonzuur.

2p **13** Noem een aspect uit de structuurformule van arachidonzuur dat niet in de code is opgenomen en geef een mogelijke verklaring voor het feit dat die informatie niet in de code is opgenomen. Betrek in je verklaring ook andere meervoudig onverzadigde vetzuren.

In het tekstfragment is op sommige plaatsen sprake van onnauwkeurig chemisch taalgebruik. Een voorbeeld daarvan is te vinden in de beschrijving van de vorming van de calciumzepen (regels 9 en 10). In het darmkanaal, waar de vorming van calciumzepen plaatsvindt, is de pH ongeveer 8,0. Zuren zoals palmitinezuur hebben een pK_z van 5,0 - 6,0. Bij een pH van ongeveer 8 komen deze zuren vrijwel volledig voor in de vorm van de geconjugeerde base.

3p **14** Laat aan de hand van een berekening zien dat een zuur met een pK_z = 5,5 bij een pH = 8,0 vrijwel volledig voorkomt in de vorm van de geconjugeerde base van dat zuur. Gebruik voor het zuur de notatie HZ en voor de geconjugeerde base Z^-.

Met 'onoplosbare calciumzepen' in regel 10 wordt calciumpalmitaat bedoeld.

3p **15** Geef de vergelijking van de reactie die optreedt bij het ontstaan van calciumpalmitaat in het darmkanaal. Noteer hierin de koolwaterstofrest van het palmitaat als C_xH_y met daarin de juiste getallen voor x en y.

2p **16** Geef de naam van nog een onoplosbare calciumzeep die kan worden gevormd in het darmkanaal van een baby die met Nenatal® is gevoed.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Een ander voorbeeld van onnauwkeurig chemisch taalgebruik is te vinden in de titel van kolom 3 (‘g vetzuur per 100 g vet’) in tabel 1. De som van de massa’s van de vetzuren in die kolom is namelijk 100,0 g en er kan nooit 100 g vetzuur in 100 g vet zitten. Er zou dus iets anders moeten staan, bijvoorbeeld: ‘g vetzuur per … g vet’.

5p **17** Bereken welk getal op de plaats van de puntjes in ‘g vetzuur per … g vet’ moet komen te staan. Ga ervan uit dat:
- de gemiddelde molecuulformule van de vetzuren in de 100 g vetzuren $C_{16,1}H_{30,8}O_{2,00}$ is;
- de gemiddelde massa van een mol van die vetzuren 256,4 g is;
- er alleen triglyceriden in het vet zitten.

De reactie die is beschreven in de regels 37 en 38 vindt plaats in een andere reactor (reactor 1) dan de reactie die is beschreven in regel 39 (reactor 2). De reactie die is beschreven in de regels 40 t/m 42 vindt plaats in een derde reactor (reactor 3) met reactieproducten uit reactor 1 en reactor 2.
Behalve de reacties die in de regels 37 t/m 42 zijn beschreven, worden in het om-esteringsproces ook enkele scheidingen uitgevoerd.

3p **18** Welke stof(fen) moet(en) worden verwijderd uit de volgende reactiemengsels:
- het reactiemengsel dat is ontstaan in reactor 1 (zie regels 37 en 38);
- het reactiemengsel dat is ontstaan in reactor 2 (zie regel 39)?

Geef ook aan waarom het ongewenst is dat deze stoffen in reactor 3 terechtkomen.
Noteer je antwoord als volgt:
Uit het mengsel dat in reactor 1 is ontstaan, moet(en) … worden verwijderd, omdat …
Uit het mengsel dat in reactor 2 is ontstaan, moet(en) … worden verwijderd, omdat …

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Stikstofbepaling

Bleekwater wordt verkregen door chloorgas in natronloog te leiden. In bleekwater heeft zich het volgende evenwicht ingesteld:

$$Cl_2 + 2\,OH^- \rightleftarrows OCl^- + Cl^- + H_2O$$

De ionsoort OCl^- wordt hypochloriet genoemd.
Het Australische bedrijf Multitrator heeft een methode ontwikkeld om met behulp van bleekwater het stikstofgehalte van een kunstmest te bepalen. Bij deze bepaling wordt een oplossing van de kunstmest getitreerd met verdund bleekwater. Tijdens de titratie, die in zwak basisch milieu wordt uitgevoerd, wordt ammoniak omgezet tot stikstof.
Voorafgaand aan de titratie wordt aan de oplossing van kunstmest een oplossing toegevoegd die 0,5 M aan $KHCO_3$ is en 0,5 M aan KBr. Doordat de oplossing van $KHCO_3$ licht basisch is, worden de NH_4^+ ionen uit de oplossing van de kunstmest omgezet tot NH_3 moleculen.
Dat een oplossing van $KHCO_3$ basisch is, kan worden verklaard met behulp van getalwaarden uit Binas.

2p **19** Geef een verklaring voor het feit dat een $KHCO_3$ oplossing basisch is. Vermeld in je verklaring getalwaarden uit Binas.

De reactie tussen bleekwater en ammoniak verloopt snel en is aflopend. Daarom kan deze reactie goed bij een titratie worden gebruikt. Dankzij het feit dat de reactie exotherm is, is het eindpunt van de titratie goed te bepalen.

2p **20** Leg uit hoe je, door gebruik te maken van het feit dat de reactie tussen bleekwater en ammoniak exotherm is, het eindpunt van de titratie kunt bepalen.

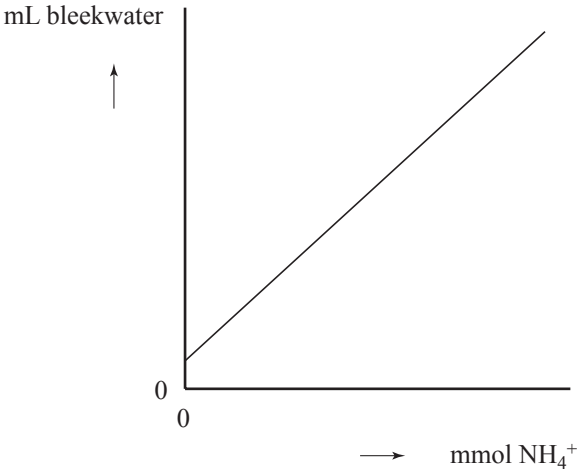
Het bleekwater dat bij de titratie wordt gebruikt, moet worden geijkt. Het ijken van het bleekwater gebeurt meestal voorafgaand aan de bepaling, maar er mag niet veel tijd verstrijken tussen het ijken en de bepaling.

2p **21** Leg uit, aan de hand van in het begin van deze opgave verstrekte gegevens met betrekking tot bleekwater, dat er niet veel tijd mag verstrijken tussen het ijken van het bleekwater en de bepaling.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Bij het ijken van het bleekwater wordt een ijkdiagram verkregen dat er schematisch als volgt uitziet.

ijkdiagram



2p **22** Beschrijf globaal een methode om experimenteel zo'n ijkdiagram te verkrijgen.

De methode is gebruikt om het stikstofgehalte te bepalen van een kunstmest, die ammoniumnitraat als stikstofbevattende stof bevat. Van deze kunstmest werd 4,561 g opgelost tot 100,0 mL oplossing. Hieruit werd 10,00 mL overgebracht in een erlenmeyer. Na toevoeging van een voldoend aantal mL van een oplossing die 0,5 M aan $KHCO_3$ en 0,5 M aan KBr is, werd getitreerd met bleekwater. Het eindpunt van de titratie was bereikt na toevoegen van 3,928 mL bleekwater.
Bij het ijken van het bleekwater heeft men gevonden dat:
– de ijklijn de verticale as bij 0,046 mL snijdt;
– de helling van de ijklijn 1,950 mL bleekwater per mmol NH_4^+ is.

5p **23** Bereken het massapercentage N in de onderzochte kunstmest. Ga ervan uit dat ammoniumnitraat de enige stikstofbevattende stof is in de onderzochte kunstmest.

Bronvermelding
Een opsomming van de in dit examen gebruikte bronnen, zoals teksten en afbeeldingen, is te vinden in het bij dit examen behorende correctievoorschrift, dat na afloop van het examen wordt gepubliceerd.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Bijlage VWO

2009

tijdvak 1

scheikunde 1,2

Informatieboekje

925-0183-a-VW-1-b

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Beta-palmitaat

Palmitinezuur

Palmitinezuur is het meest voorkomende vetzuur in moedermelk (circa 20 - 25% van het melkvet). Het palmitinezuur in moedermelk komt voornamelijk gebonden aan de β-positie[1] van het glycerolmolecuul voor (60 – 70% van het totaal aan palmitinezuur). In de huidige voedingen voor te vroeg geboren baby's is palmitinezuur echter voornamelijk gebonden aan de α-positie[1].

Effecten van α- en β-palmitaat

Gebonden aan de α-positie kan palmitinezuur worden afgesplitst van het glycerolmolecuul door pancreaslipase. Het vrije palmitinezuur vormt gemakkelijk met calcium onoplosbare calciumzepen. Deze calciumzepen worden niet geabsorbeerd, maar verlaten onveranderd het lichaam via de ontlasting. Hierdoor gaan vetzuren en calcium verloren. Het verlies aan vetzuren (met name palmitinezuur) is nadelig voor het vetzuurmetabolisme en het verlies aan calcium is nadelig voor de botopbouw. Daarnaast hebben de onoplosbare calciumzepen de negatieve bijwerking dat zij voor een hardere ontlasting zorgen. Het aan de β-positie gebonden palmitinezuur kan niet door pancreaslipase worden afgesplitst. Een glycerolmolecuul met een aan de β-positie gebonden palmitinezuur kan geheel worden opgenomen uit het darmkanaal. In de ontlasting gaan minder vetzuren en calcium verloren en wordt geen nadelige invloed op de ontlastingsconsistentie uitgeoefend.

Calciumzepen

De vorming van onoplosbare calciumzepen vindt plaats met de verzadigde vetzuren met lange keten (C ≥ 16). Aangezien palmitinezuur binnen deze groep in de grootste hoeveelheid voorkomt, maakt palmitinezuur het belangrijkste deel uit van de gevormde calciumzepen. Vetzuren aan de α-positie met kortere ketens of onverzadigde vetzuren met langere ketens worden na afsplitsing beter geabsorbeerd dan palmitinezuur. Met deze vetzuren worden geen calciumzepen gevormd.

β-palmitaatbron

Het hoge gehalte aan β-palmitaat in Nenatal wordt verkregen door het gebruik van de gepatenteerde grondstof BETAPOL®.
BETAPOL® wordt verkregen door om-estering van een tri-palmitinezuurrijke palmoliefractie met een mengsel van zonnebloemolie, canola-olie en cocosolie. Bij deze om-estering wordt gebruik gemaakt van het enzym α-lipase, dat wordt verkregen met behulp van moderne biotechnieken.

noot 1 Met de β-positie van een glycerolmolecuul bedoelt men het middelste koolstofatoom (C atoom 2); de α-posities van een glycerolmolecuul zijn de buitenste koolstofatomen (C atomen 1 en 3).

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Het om-esteringsproces verloopt als volgt:

- α-lipase (1,3-lipase) hydrolyseert palmitinezuur van de 1- en 3-posities van glyceryltripalmitaat;
- andere oliën worden totaal gehydrolyseerd tot vrije vetzuren en glycerol;
- vrije vetzuren worden gemengd met β-palmitaat; α-lipase verestert onder speciaal hiervoor gekozen omstandigheden vrije vetzuren aan de 1- en 3-positie van het β-palmitaat.

Tabel 1: Vetzuursamenstelling van vloeibaar Nenatal®

Code	**Vetzuren**	**g vetzuur per 100 g vet**
Middel keten vetzuren:		
C 6:0	capronzuur	0,2
C 8:0	caprylzuur	1,3
C 10:0	caprinezuur	1,0
C 12:0	laurinezuur	11,5
Lange keten vetzuren:		
C 14:0	myristinezuur	4,2
C 16:0	palmitinezuur	21,5
C 16:1 ω-7	palmitoleïnezuur	0,1
C 18:0	stearinezuur	4,1
C 18:1 ω-9	oliezuur	39,6
C 18:2 ω-6	linolzuur	12,5
C 18:3 ω-3	α-linoleenzuur	1,3
C 18:3 ω-6	γ-linoleenzuur	0,02
C 20:3 ω-6	dihomo-γ-linoleenzuur	0,02
C 20:4 ω-6	arachidonzuur	0,6
C 22:6 ω-3	docosahexaeenzuur	0,4
Overige		1,7

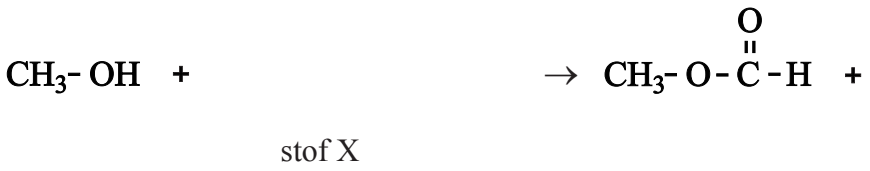
naar: De nieuwe generatie prematurenvoeding, Nutricia

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

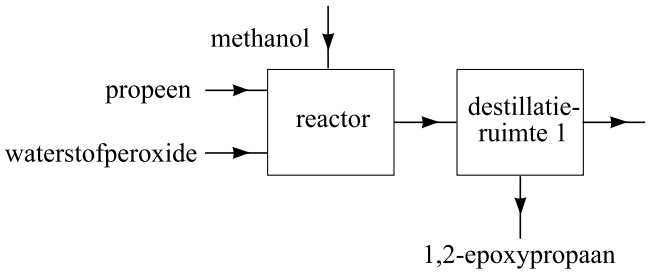
uitwerkbijlage

Naam kandidaat _____ Kandidaatnummer _____

8



10



VERGEET NIET DEZE UITWERKBIJLAGE IN TE LEVEREN

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Examen VWO

2009

tijdvak 2
woensdag 24 juni
13.30 - 16.30 uur

scheikunde 1

Dit examen bestaat uit 26 vragen.
Voor dit examen zijn maximaal 68 punten te behalen.
Voor elk vraagnummer staat hoeveel punten met een goed antwoord behaald kunnen worden.

Als bij een vraag een verklaring, uitleg, berekening of afleiding gevraagd wordt, worden aan het antwoord meestal geen punten toegekend als deze verklaring, uitleg, berekening of afleiding ontbreekt.

Geef niet meer antwoorden (redenen, voorbeelden e.d.) dan er worden gevraagd. Als er bijvoorbeeld twee redenen worden gevraagd en je geeft meer dan twee redenen, dan worden alleen de eerste twee in de beoordeling meegeteld.

949-0182-a-VW-2-o

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Cacaoboter

Eén van de hoofdbestanddelen van chocolade is cacaoboter.
De samenstelling van cacaoboter is één van de oorzaken van het smeltgedrag van chocolade. Bij 20 tot 25 °C is chocolade nog hard, maar bij de temperatuur die in de mond heerst, smelt het snel. Veel mensen ervaren daarom een verkoelend effect in de mond bij het eten van chocolade.

2p **1** Geef een verklaring voor het waargenomen verkoelend effect bij het eten van chocolade.

Cacaoboter is een mengsel van voornamelijk vetten. Welke vetzuurresten voornamelijk in deze vetten voorkomen, is achterhaald met behulp van een methode waarbij de tri-esters eerst werden gehydrolyseerd en de daarbij verkregen vetzuren werden omgezet tot de overeenkomstige methylesters.

3p **2** Geef de vergelijking voor de reactie waarbij onder andere uit oliezuur de methylester van oliezuur wordt gevormd. Gebruik structuurformules.
De koolwaterstofrest van oliezuur mag worden weergegeven als $C_{17}H_{33}$.

Uit onderzoek is gebleken dat in de meeste vetten van cacaoboter glycerol op positie 2 is veresterd met oliezuur. Verder is glycerol vooral met palmitinezuur en/of stearinezuur veresterd.
Deze vetten worden als volgt schematisch aangeduid: P - O - P, P - O - S en S - O - S. Hierin staat P voor palmitinezuur, O voor oliezuur en S voor stearinezuur; de middelste letter geeft het vetzuur op positie 2 weer.
Aangezien de beschikbare hoeveelheid cacaoboter niet toereikend is om aan de vraag naar chocolade te voldoen, wordt voor bepaalde chocoladeproducten gebruik gemaakt van andere grondstoffen. De vetzuursamenstelling van die andere grondstoffen is anders dan die van cacaoboter. Men kan vetten uit die andere grondstoffen op twee manieren omzetten tot vetten die wel in cacaoboter voorkomen.
De eerste manier wordt aangeduid als ‘partiële hydrogenering’. Hierbij laat men een vet reageren met waterstof. Een voorbeeld is het vet P - O - L (L staat voor linolzuur) uit palmolie. Door additie van waterstof kan dit vet worden omgezet tot P - O - S.

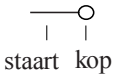
3p **3** Bereken hoeveel dm^3 waterstof (T = 298 K, $p = p_0$) minstens nodig is om 1,0 kg van het vet P - O - L om te zetten tot het vet P - O - S. De massa van één mol van het vet P - O - L bedraagt 857 g.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

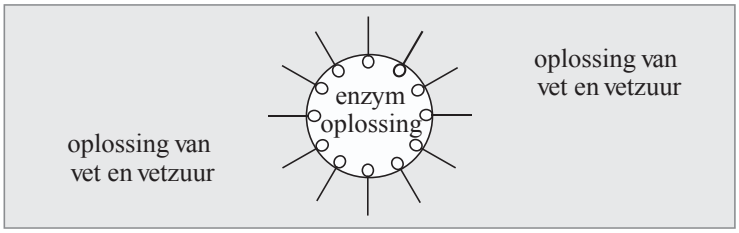
De tweede manier is een zogenoemde om-estering: het vervangen van de ene vetzuurrest door een andere. Bij dit proces maakt men gebruik van het enzym lipase. Dit enzym katalyseert de hydrolyse van vetzuren die zijn veresterd op de posities 1 en 3 van een vet. Lipase katalyseert ook de omgekeerde reactie: de verestering van vetzuren aan de posities 1 en 3 van glycerol.
Door bijvoorbeeld het vet P - O - O te mengen met stearinezuur en lipase kan onder andere het vet P - O - S worden verkregen.
In dit reactiemengsel ontstaan ook andere vetten.

3p **4** Geef de schematische aanduiding van vier andere vetten, geen stereo-isomeren, die in dit reactiemengsel kunnen voorkomen.

Het organische oplosmiddel waarin het vet en het stearinezuur worden opgelost, mengt niet met het water waarin het enzym wordt opgelost. Om een goede menging voor de om-esteringsreactie te krijgen, wordt een zeepachtige stof (emulgator) toegevoegd.
Moleculen van een emulgator worden vaak schematisch als volgt weergegeven:



Door toevoeging van de emulgator worden zogenoemde micellen gevormd: druppeltjes van de enzymoplossing die zweven in de oplossing van vet en vetzuur, met emulgatormoleculen op het grensvlak van de enzymoplossing en de oplossing van vet en vetzuur. Dit kan als volgt worden weergegeven:



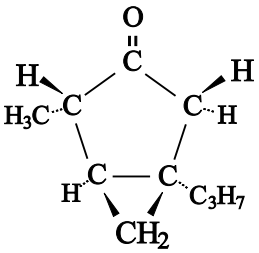
De om-esteringsreactie vindt plaats op het grensvlak van de twee oplossingen. De snelheid van de om-estering is afhankelijk van de grootte van de micellen. Om na te gaan hoe de reactiesnelheid afhangt van de micelgrootte werden, bij dezelfde temperatuur, twee proeven, proef 1 en proef 2, uitgevoerd. Aan het begin van beide proeven waren de hoeveelheden emulgator, enzymoplossing, vetoplossing en stearinezuur gelijk. Het enige verschil was dat de micellen in proef 1 kleiner waren dan in proef 2.

2p **5** Leg uit in welke proef de reactiesnelheid het grootst was.

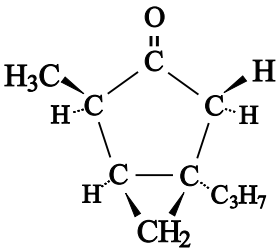
Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Absint

Absint is een sterk alcoholisch extract van diverse kruiden, waaronder alsem (*Artemisia absinthium*). De drank kreeg een slechte naam, doordat sommige drinkers tekenen van waanzin gingen vertonen of blind werden. Daarom is absint in veel landen lange tijd verboden geweest.
De genoemde gezondheidseffecten worden niet alleen veroorzaakt door het hoge alcoholgehalte. Rond 1900 werd ontdekt dat in absint ook de verbinding thujon voorkomt. In experimenten met proefdieren bleek deze stof schadelijke werkingen te hebben.
In de natuur komen twee soorten thujon voor: α-thujon en β-thujon.
Hieronder staan de ruimtelijke structuurformules van α-thujon en β-thujon.



α-thujon



β-thujon

De bindingen die zijn getekend met – liggen in het vlak van tekening, de bindingen die zijn getekend met ► komen uit het vlak van tekening naar voren en de bindingen die zijn getekend met ··· liggen achter het vlak van tekening.
Met de groep C_3H_7 wordt de isopropylgroep bedoeld: $CH_3-CH-CH_3$.
α-Thujon is een stereo-isomeer van β-thujon.

2p **6** Leg aan de hand van de structuurformules uit of een molecuul α-thujon het spiegelbeeld is van een molecuul β-thujon.

2p **7** Leg aan de hand van de structuurformules uit of α-thujon en β-thujon *cis-trans*-isomeren zijn.

Uit onderzoek is gebleken dat tijdens de stofwisseling van α-thujon en β-thujon een zogenoemde hydroxylering plaatsvindt. Bij hydroxylering worden één of meer OH groepen in het molecuul ingebouwd. Hydroxylering van thujon kan onder andere plaatsvinden aan de isopropylgroep. Hierbij wordt de C_3H_7 groep omgezet tot een C_3H_6OH groep. Deze omzetting kan worden opgevat als een redoxreactie.

3p **8** Geef de vergelijking van de halfreactie voor deze hydroxylering van thujon. In deze vergelijking komen onder andere H_2O en H^+ voor. Noteer in deze vergelijking thujon als $R-C_3H_7$ en het reactieproduct als $R-C_3H_6OH$.

1p **9** Leg aan de hand van de vergelijking van deze halfreactie van thujon uit of voor de hydroxylering van thujon een oxidator dan wel een reductor nodig is.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl. Pagina: 596

Volgens de normen van de Europese Unie mag absint maximaal 35 mg thujon (α en β samen) per kg bevatten.
De Voedsel en Waren Autoriteit controleert het gehalte thujon in absint. Tijdens de bepaling van dat gehalte wordt een mengsel eerst gescheiden, waarna de afzonderlijke stoffen langs een detector worden gevoerd. Het signaal dat de detector daarbij afgeeft, wordt als een getal op een display weergegeven.
De bepaling gaat als volgt:

- Er wordt een standaardoplossing gemaakt van α-thujon, β-thujon en een hulpstof A. De concentraties van deze stoffen zijn bekend.
- Een hoeveelheid van dit mengsel wordt geanalyseerd. Hierbij worden de signalen geregistreerd die worden veroorzaakt door de stoffen in het mengsel (bepaling 1).
- Vervolgens wordt een mengsel gemaakt van absint en stof A. De concentratie van stof A hierin is even groot als in de standaardoplossing.
- Een hoeveelheid van dit mengsel van absint en stof A wordt ook geanalyseerd, en de signalen die worden veroorzaakt door de stoffen in het mengsel worden geregistreerd (bepaling 2).

Uit de geregistreerde signalen kunnen de gehaltes α-thujon en β-thujon in de onderzochte absint worden berekend.
In onderstaande tabel zijn de bij zo'n bepaling geregistreerde signalen vermeld die worden veroorzaakt door α-thujon en stof A.

	piekoppervlakte α-thujon	piekoppervlakte stof A
bepaling 1 (standaardmengsel)	27025	23181
bepaling 2 (absint)	7927	3776

De hoeveelheid mengsel in bepaling 1 was niet gelijk aan de hoeveelheid mengsel in bepaling 2.
Het signaal is recht evenredig met de hoeveelheid stof die wordt gedetecteerd.

3p **10** Bereken de concentratie, in mol L^{-1}, van α-thujon in de onderzochte absint. Ga ervan uit dat door het toevoegen van stof A aan de absint het volume niet toeneemt en dat tijdens de bepaling stof A niet met andere stoffen reageert. Gebruik bovenstaande gegevens en het gegeven dat in de standaardoplossing de concentratie van α-thujon gelijk is aan $1{,}36 \cdot 10^{-5}$ mol L^{-1}.

3p **11** Bereken of de onderzochte absint voldoet aan de door de Europese Unie gestelde norm. Gebruik onder andere de volgende gegevens:
- dichtheid van absint: $0{,}92 \cdot 10^{3}$ kg m^{-3};
- massa van een mol thujon: 152,2 g;
- concentratie van β-thujon in de onderzochte absint: $7{,}38 \cdot 10^{-5}$ mol L^{-1}.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Sulfiet en wijnbereiding

Het belangrijkste proces dat bij het maken van wijn optreedt, is de zogenoemde alcoholische vergisting van glucose en fructose. Er treden ook andere processen op, waarbij veel mis kan gaan. De wijn krijgt dan een afwijkende smaak en/of geur. In onderstaand tekstfragment, ontleend aan een website voor wijnkenners, worden twee van die afwijkingen beschreven.

tekstfragment 1

De azijnsteek Komt in wijn vrij frequent voor.
Azijnzuurbacteriën zorgen voor oxidatie van de alcohol, zodat azijnzuur (ethaanzuur) of zelfs azijn wordt gevormd. Een wijn met een azijnsteek vertaalt zich in een toename van azijnzuur, een daling van het alcoholgehalte en een terugval in de kleur. Een azijnsteek kan zich ontwikkelen in wijnen die slecht beschermd worden tegen oxidatie en in wijnen die onvoldoende gezwaveld werden.
De graad van verzuring wordt gemeten door een analyse van de hoeveelheid azijnzuur in wijn: men spreekt dan van de vluchtige zuurtegraad van wijn. De maximale wettelijke hoeveelheid azijnzuur werd vastgesteld op 0,88 gram/liter voor witte wijnen en 0,98 gram/liter voor rode wijnen. Een azijnsteek gaat steeds samen met de vorming van ethylacetaat (ethylethanoaat), een scheikundige substantie die onaangename aroma's (lijm) veroorzaakt.
De melksteek Ontstaat door de aanwezigheid van andere bacteriën: de melkzuurbacteriën. Dit komt vooral voor bij wijnen die nog een hoeveelheid restsuiker bezitten door het stopzetten van de alcoholische gisting. In dit geval zet de bacterie een deel van de suikers om in melkzuur, in koolstofdioxide en in azijnzuur. Melkzuurbacteriën verhogen dus de totale en vluchtige zuurtegraad van wijn.
Toch dient opgemerkt te worden dat melkzuurbacteriën wel gewenst zijn bij de wijnbereiding. Het zijn gewoonweg onmisbare elementen voor een goed verloop van de malo-lactaatgisting. Deze tweede gisting, die na de alcoholische gisting plaatsvindt, maakt de wijn soepeler. De bacteriën zetten appelzuur - een agressief zuur! - om in een zachter en minder agressief zuur: melkzuur.

2p **12** Leg uit dat een azijnsteek samen gaat met de vorming van ethylacetaat (regel 11 en 12).

Een leerling onderzoekt witte wijn. Tijdens dat onderzoek wil hij 10,00 mL witte wijn titreren met natronloog van een zodanige molariteit dat hij bij de titratie tussen de 10 en 20 mL loog moet toevoegen. Om die molariteit te schatten, gaat hij uit van het maximale azijnzuurgehalte in witte wijn.

3p **13** Bereken welke molariteit de natronloog (ongeveer) moet hebben.

2p **14** Bepaalt de leerling bij deze titratie de ‘totale’ of de ‘vluchtige zuurtegraad’? Geef een verklaring voor je antwoord.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

4p **15** Leg uit dat de melkzuurbacteriën niet uitsluitend suikers omzetten bij de omzetting die in de regels 17 en 18 wordt beschreven en dat de stoffen die volgens dit tekstfragment daarbij ontstaan niet de enige stoffen zijn die ontstaan.
- Gebruik in je uitleg molecuulformules van de genoemde stoffen.
- Met suikers worden glucose en fructose bedoeld.
- Ga ervan uit dat de genoemde stoffen in de molverhouding 1 : 1 : 1 ontstaan.
- Melkzuur is 2-hydroxypropaanzuur.

Met 'zwavelen' (regel 6 van tekstfragment 1) wordt bedoeld het toevoegen van sulfiet. Het volgende tekstfragment, dat is ontleend aan een populair wetenschappelijk tijdschrift, gaat over de functie van sulfiet.

tekstfragment 2

Sulfiet heeft een multifunctionele opdracht. De dosis heeft als hoofddoel de oxidatie van de most[1)] te verhinderen. Sulfiet zal zuurstof binden tot sulfaat, dat neerslaat en in het depot[2)] terechtkomt. Eenmaal in de most zal sulfiet - voor de alcoholische gisting start - een selectie maken in de inwerking van gisten en bacteriën. Zo zal de alcoholische gisting volledig kunnen verlopen voordat de melkzuurbacteriën actief worden. Het belang hiervan zit in de omvormingen die melkzuurbacteriën kunnen doorvoeren. Melkzuurbacteriën zetten niet enkel appelzuur om, sommige stammen zijn in staat ook glucose en fructose om te zetten naar het ongewenste azijnzuur. Omdat niet alle micro-organismen even gevoelig zijn voor sulfiet, kan een selectie worden gemaakt. Sulfiet is aan het eind van de gisting verdwenen, wat de slapende melkzuurbacteriën toelaat hun werk te doen. Ze zetten het agressieve appelzuur om in het veel minder scherpe melkzuur.

noot 1 Most is druivensap dat nog niet (geheel) is gegist.
noot 2 Met depot wordt hier bezinksel bedoeld.

3p **16** Geef van de reactie die staat beschreven in regel 2 van tekstfragment 2 de vergelijkingen van beide halfreacties en leid daarmee de totale reactievergelijking af.

Uit beide tekstfragmenten is op te maken dat de hoeveelheid sulfiet die wordt toegevoegd aan nauwe grenzen is gebonden. Zo zal wijn te veel azijnzuur bevatten wanneer te weinig sulfiet wordt toegevoegd. Maar te veel sulfiet toevoegen is ook niet goed.

2p **17** Geef twee oorzaken voor een te hoog azijnzuurgehalte wanneer te weinig sulfiet wordt toegevoegd.

2p **18** Leg aan de hand van (één van) bovenstaande tekstfragmenten uit wat het nadeel is van het toevoegen van te veel sulfiet.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding

Speeksel

Onder normale omstandigheden is de pH van speeksel ongeveer 7. Als de pH in de mond daalt tot een waarde die lager is dan 5,5 kan aantasting van het gebit optreden. Speeksel bevat een aantal buffers. Die buffers kunnen de daling van de pH binnen zekere grenzen houden. Daardoor wordt het gebit beschermd. De zogenoemde buffercapaciteit geeft aan hoe goed een buffer de daling van de pH kan beperken. Bij de bepaling van de buffercapaciteit van speeksel wordt met zogenoemd 'gestimuleerd speeksel' gewerkt. Dat is speeksel dat ontstaat als op iets wordt gekauwd.
Hieronder zijn twee methoden beschreven om de buffercapaciteit van 'gestimuleerd speeksel' te bepalen.

methode 1
- de pH van het 'gestimuleerde speeksel' wordt gemeten;
- 1,0 mL speeksel wordt toegevoegd aan 3,0 mL 0,0050 M zoutzuur;
- het mengsel wordt 20 minuten geroerd om de ontstane CO_2 te verwijderen;
- de pH wordt gemeten.

3p **19** Leg uit aan de hand van bovenstaande gegevens en het feit dat de pH van speeksel ongeveer 7 is, welk zuur-base koppel in ieder geval in het 'gestimuleerde speeksel' aanwezig is.

3p **20** Bereken in welke molverhouding dit zuur en zijn geconjugeerde base in speeksel met pH = 6,8 voorkomen. Noteer de uitkomst van je berekening als volgt: $\frac{\text{aantal mol zuur}}{\text{aantal mol geconjugeerde base}} = \frac{...}{1}$

Bij een proefpersoon werd de buffercapaciteit van het speeksel onderzocht volgens methode 1. De begin-pH van zijn speeksel was 7,0. Na afloop van de bepaling was de pH van het mengsel 4,5.

3p **21** Toon met behulp van een berekening aan dat het speeksel van deze proefpersoon inderdaad een bufferende werking bezit.

methode 2
Tandartsen gebruiken vaak een vereenvoudigde methode. Daarbij wordt gewerkt met een teststrookje waarop zuren en een indicator zijn aangebracht. Met een bijgeleverd pipetje wordt een druppel 'gestimuleerd speeksel' op het teststrookje gebracht. Dan reageren de zuren met de basen van de buffers die in het speeksel aanwezig zijn. Het teststrookje krijgt daarbij een bepaalde kleur. Met een bijgeleverde kleurenkaart kan worden afgelezen in welk gebied de uiteindelijke pH ligt. Hiermee kan de tandarts een indruk krijgen van de buffercapaciteit van het speeksel.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Hieronder is die kleurenkaart enigszins gewijzigd afgebeeld. De vakjes waarin ‘kleur A’, ‘kleur B’ of ‘kleur C’ staat, hebben in werkelijkheid een bepaalde kleur. De grenzen op de kleurenkaart zijn nogal onnauwkeurig aangegeven.

Dentobuff® Strip		
	eind pH waarde	**buffer capaciteit**
kleur A	6,0 of meer	hoog
kleur B	4,5 - 5,5	gemiddeld
kleur C	4,0 of minder	laag

3p **22** Geef aan welke indicator kan zijn gebruikt op zo’n teststrookje en geef aan welke kleuren kleur A, kleur B en kleur C zijn. Noteer je antwoord als volgt:
Indicator is: …
kleur A is: …
kleur B is: …
kleur C is: …

Creutzfeldt-Jakob/BSE

Tijdens de spijsvertering worden eiwitten, bijvoorbeeld uit vlees, onder invloed van enzymen gehydrolyseerd. Daarbij worden peptidebindingen verbroken. Er ontstaan eerst kleinere peptideketens die soms zijn opgebouwd uit slechts enkele aminozuren, de zogenoemde oligopeptiden.
Twee enzymen die hierbij zijn betrokken, zijn trypsine en chymotrypsine.
Trypsine zorgt ervoor dat in eiwitketens na iedere arginine-eenheid en na iedere lysine-eenheid de peptidebinding aan de kant van de C = O groep wordt verbroken. Chymotrypsine ‘knipt’ op dezelfde wijze de peptidebindingen naast fenylalanine-, tyrosine- en tryptofaaneenheden.
Zoogdieren hebben in hun lichaam een kleine hoeveelheid eiwit met een speciale functie, het zogenoemde prioneiwit. Deze eiwitsoort speelt een rol bij de overdracht van signalen tussen zenuwcellen.
Hieronder is van een prioneiwit van koeien de volgorde van de eerste 15 aminozuren gegeven:

H_2N – Met – Val – Lys – Ser – His – Ile – Gly – Ser – Trp – Ile – Leu – Val – Leu – Phe – Val ~

4p **23** Geef de structuurformule van het kleinste oligopeptide dat uit het bovenstaande fragment van 15 aminozuren ontstaat onder invloed van trypsine en chymotrypsine.

Let op: de laatste vragen van dit examen staan op de volgende pagina.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

De gekke-koeien-ziekte (BSE) wordt veroorzaakt doordat de secundaire en tertiaire structuur van het prioneiwit van de koeien is veranderd. Prioneiwit met deze veranderde structuur veroorzaakt een domino effect: ook andere moleculen van het prioneiwit veranderen van structuur. Veranderd prioneiwit wordt tijdens de spijsvertering niet afgebroken.
In vlees van koeien die zijn besmet met BSE bevindt zich dus veranderd prioneiwit. Wanneer mensen dit vlees binnenkrijgen, hoopt het veranderde prioneiwit zich op in het lichaam. Hierdoor verandert het menselijke prioneiwit ook van structuur. Het veranderde prioneiwit stapelt zich op, vooral in de hersenen. Het normale hersenweefsel sterft langzaam af en er vormen zich vele, kleine holtes in de hersenen. Dit is een vorm van de ziekte van Creutzfeldt-Jakob.

2p **24** Verklaar waarom het veranderde prioneiwit niet meer door enzymen kan worden gesplitst.

Er is ook een vorm van de ziekte van Creutzfeldt-Jakob die niet door BSE wordt veroorzaakt maar door een genetische afwijking. De genetische code voor de vorming van prioneiwit is opgeslagen in het DNA van het zogenoemde PRNP gen. Onder een gen wordt hier verstaan de verzameling basenparen op het DNA die de informatie voor de volgorde van de aminozuren in een eiwit bevat.
Het DNA is opgebouwd uit twee strengen: de coderende streng en de matrijsstreng. Aan de matrijsstreng wordt het messenger-RNA (mRNA) gevormd.
In het DNA van het PRNP gen komt een zogenoemde puntmutatie voor: één basenpaar op het DNA is anders. Als gevolg van deze puntmutatie is in het mRNA ook één base anders en wordt op plaats 210 in het prioneiwit niet het aminozuur valine ingebouwd maar het aminozuur isoleucine. Hierdoor kan de fatale structuurverandering van het prioneiwit optreden.

3p **25** Geef van de puntmutatie het symbool van de base die op de coderende streng en op de matrijsstreng van het DNA voorkomt en geef het symbool van de base die in het mRNA anders is. Doe dit zowel voor het normale PRNP gen als voor het afwijkende PRNP gen. Gebruik gegevens uit Binas-tabel 70E en gegevens uit deze opgave.
Noteer je antwoord als volgt:

	base op de coderende streng	base op de matrijsstreng	base op het mRNA
normaal	…	…	…
afwijkend	…	…	…

2p **26** Leid af wat het nummer is van het basenpaar van de puntmutatie op het PRNP gen. Neem aan dat het basenpaar met nummer 1 tot het triplet behoort dat codeert voor het aminozuur met nummer 1.

Bronvermelding
Een opsomming van de in dit examen gebruikte bronnen, zoals teksten en afbeeldingen, is te vinden in het bij dit examen behorende correctievoorschrift, dat na afloop van het examen wordt gepubliceerd.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

scheikunde 1

Centraal examen vwo

Tijdvak 2

Opgaven

Aan de secretarissen van het eindexamen van de scholen voor vwo,

Bij het centraal examen scheikunde 1 vwo op woensdag 24 juni, aanvang 13.30 uur, moeten de kandidaten de volgende mededeling ontvangen. Deze mededeling moet bij het begin van de zitting worden voorgelezen en/of aan de kandidaten worden uitgereikt.

Op **pagina 5** moet in de **tabel** het woord

piekoppervlakte

in beide kolommen vervangen worden door:

signaal

De voorzitter van de CEVO

drs. H.W. Laan

957-E-0182-a-VW-2-o*

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Examen VWO

2009

tijdvak 2
woensdag 24 juni
13.30 - 16.30 uur

scheikunde 1,2

Bij dit examen hoort een uitwerkbijlage.

Dit examen bestaat uit 27 vragen.
Voor dit examen zijn maximaal 69 punten te behalen.
Voor elk vraagnummer staat hoeveel punten met een goed antwoord behaald kunnen worden.

Als bij een vraag een verklaring, uitleg, berekening of afleiding gevraagd wordt, worden aan het antwoord meestal geen punten toegekend als deze verklaring, uitleg, berekening of afleiding ontbreekt.

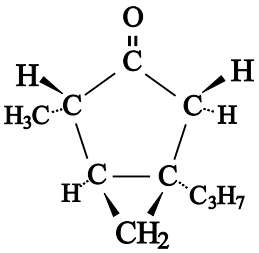
Geef niet meer antwoorden (redenen, voorbeelden e.d.) dan er worden gevraagd. Als er bijvoorbeeld twee redenen worden gevraagd en je geeft meer dan twee redenen, dan worden alleen de eerste twee in de beoordeling meegeteld.

949-0183-a-VW-2-o

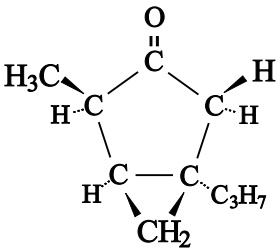
Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Absint

Absint is een sterk alcoholisch extract van diverse kruiden, waaronder alsem (*Artemisia absinthium*). De drank kreeg een slechte naam, doordat sommige drinkers tekenen van waanzin gingen vertonen of blind werden. Daarom is absint in veel landen lange tijd verboden geweest.
De genoemde gezondheidseffecten worden niet alleen veroorzaakt door het hoge alcoholgehalte. Rond 1900 werd ontdekt dat in absint ook de verbinding thujon voorkomt. In experimenten met proefdieren bleek deze stof schadelijke werkingen te hebben.
In de natuur komen twee soorten thujon voor: α-thujon en β-thujon.
Hieronder staan de ruimtelijke structuurformules van α-thujon en β-thujon.



α-thujon



β-thujon

De bindingen die zijn getekend met – liggen in het vlak van tekening, de bindingen die zijn getekend met ► komen uit het vlak van tekening naar voren en de bindingen die zijn getekend met ··· liggen achter het vlak van tekening.
Met de groep C_3H_7 wordt de isopropylgroep bedoeld: $CH_3-CH-CH_3$.
α-Thujon is een stereo-isomeer van β-thujon.

2p **1** Leg aan de hand van de structuurformules uit of een molecuul α-thujon het spiegelbeeld is van een molecuul β-thujon.

2p **2** Leg aan de hand van de structuurformules uit of α-thujon en β-thujon *cis-trans*-isomeren zijn.

Uit onderzoek is gebleken dat tijdens de stofwisseling van α-thujon en β-thujon een zogenoemde hydroxylering plaatsvindt. Bij hydroxylering worden één of meer OH groepen in het molecuul ingebouwd. Hydroxylering van thujon kan onder andere plaatsvinden aan de isopropylgroep. Hierbij wordt de C_3H_7 groep omgezet tot een C_3H_6OH groep. Deze omzetting kan worden opgevat als een redoxreactie.

3p **3** Geef de vergelijking van de halfreactie voor deze hydroxylering van thujon. In deze vergelijking komen onder andere H_2O en H^+ voor. Noteer in deze vergelijking thujon als $R-C_3H_7$ en het reactieproduct als $R-C_3H_6OH$.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Volgens de normen van de Europese Unie mag absint maximaal 35 mg thujon (α en β samen) per kg bevatten.
De Voedsel en Waren Autoriteit controleert het gehalte thujon in absint. Tijdens de bepaling van dat gehalte wordt een mengsel eerst gescheiden, waarna de afzonderlijke stoffen langs een detector worden gevoerd. Het signaal dat de detector daarbij afgeeft, wordt als een getal op een display weergegeven.
De bepaling gaat als volgt:

- Er wordt een standaardoplossing gemaakt van α-thujon, β-thujon en een referentiestof A. De concentraties van deze stoffen zijn bekend.
- Dit mengsel wordt in een gaschromatograaf geanalyseerd. Hierbij worden de oppervlaktes van de pieken in het chromatogram gemeten (bepaling 1).
- Vervolgens wordt een mengsel gemaakt van absint en stof A. De concentratie van stof A hierin is even groot als in de standaardoplossing.
- Dit mengsel van absint en stof A wordt ook in de gaschromatograaf geanalyseerd, en de oppervlaktes van de pieken in het chromatogram worden gemeten (bepaling 2).

Uit de gemeten piekoppervlaktes kunnen de gehaltes α-thujon en β-thujon in absint worden berekend.
In onderstaande tabel zijn de piekoppervlaktes (zonder eenheid) vermeld van α-thujon en stof A die bij zo'n bepaling zijn gemeten.

	piekoppervlakte α-thujon	piekoppervlakte stof A
bepaling 1 (standaardmengsel)	27025	23181
bepaling 2 (absint)	7927	3776

3p **4** Bereken de concentratie, in mol L^{-1}, van α-thujon in de onderzochte absint. Ga ervan uit dat door het toevoegen van stof A aan de absint het volume niet toeneemt en dat tijdens de bepaling stof A niet met andere stoffen reageert. Gebruik bovenstaande gegevens en het gegeven dat in de standaardoplossing de concentratie van α-thujon gelijk is aan $1{,}36 \cdot 10^{-5}$ mol L^{-1}.

3p **5** Bereken of de onderzochte absint voldoet aan de door de Europese Unie gestelde norm. Gebruik in de berekening de volgende gegevens:
- dichtheid van absint: $0{,}92 \cdot 10^{3}$ kg m^{-3};
- massa van een mol thujon: 152,2 g;
- concentratie van β-thujon in de onderzochte absint: $7{,}38 \cdot 10^{-5}$ mol L^{-1}.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Speeksel

Onder normale omstandigheden is de pH van speeksel ongeveer 7. Als de pH in de mond daalt tot een waarde die lager is dan 5,5 kan aantasting van het gebit optreden. Speeksel bevat een aantal buffers. Die buffers kunnen de daling van de pH binnen zekere grenzen houden. Daardoor wordt het gebit beschermd. De zogenoemde buffercapaciteit geeft aan hoe goed een buffer de daling van de pH kan beperken. Bij de bepaling van de buffercapaciteit van speeksel wordt met zogenoemd 'gestimuleerd speeksel' gewerkt. Dat is speeksel dat ontstaat als op iets wordt gekauwd.
Hieronder is een methode beschreven om de buffercapaciteit van 'gestimuleerd speeksel' te bepalen.

- de pH van het 'gestimuleerde speeksel' wordt gemeten;
- 1,0 mL speeksel wordt toegevoegd aan 3,0 mL 0,0050 M zoutzuur;
- het mengsel wordt 20 minuten geroerd om de ontstane CO_2 te verwijderen;
- de pH wordt gemeten.

3p **6** Leg uit aan de hand van bovenstaande gegevens en het feit dat de pH van speeksel ongeveer 7 is, welk zuur-base koppel in ieder geval in het 'gestimuleerde speeksel' aanwezig is.

3p **7** Bereken in welke molverhouding dit zuur en zijn geconjugeerde base in speeksel met pH = 6,8 voorkomen. Noteer de uitkomst van je berekening als volgt: $\frac{\text{aantal mol zuur}}{\text{aantal mol geconjugeerde base}} = \frac{...}{1}$

Bij een proefpersoon werd de buffercapaciteit van het speeksel onderzocht volgens deze methode. De begin-pH van zijn speeksel was 7,0. Na afloop van de bepaling was de pH van het mengsel 4,5.

3p **8** Toon met behulp van een berekening aan dat het speeksel van deze proefpersoon inderdaad een bufferende werking bezit.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Cacaoboter

Eén van de hoofdbestanddelen van chocolade is cacaoboter.
Cacaoboter is een mengsel van voornamelijk vetten. Welke vetzuurresten voornamelijk in deze vetten voorkomen, is achterhaald met behulp van een methode waarbij de tri-esters eerst werden gehydrolyseerd en de daarbij verkregen vetzuren werden omgezet tot de overeenkomstige methylesters.

3p **9** Geef de vergelijking voor de reactie waarbij onder andere uit oliezuur de methylester van oliezuur wordt gevormd. Gebruik structuurformules.
De koolwaterstofrest van oliezuur mag worden weergegeven als $C_{17}H_{33}$.

Uit onderzoek is gebleken dat in de meeste vetten van cacaoboter glycerol op positie 2 is veresterd met oliezuur. Verder is glycerol vooral met palmitinezuur en/of stearinezuur veresterd.
Deze vetten worden als volgt schematisch aangeduid: P - O - P, P - O - S en S - O - S. Hierin staat P voor palmitinezuur, O voor oliezuur en S voor stearinezuur; de middelste letter geeft het vetzuur op positie 2 weer.
Aangezien de beschikbare hoeveelheid cacaoboter niet toereikend is om aan de vraag naar chocolade te voldoen, wordt voor bepaalde chocoladeproducten gebruik gemaakt van andere grondstoffen. De vetzuursamenstelling van die andere grondstoffen is anders dan die van cacaoboter. Men kan vetten uit die andere grondstoffen op twee manieren omzetten tot vetten die wel in cacaoboter voorkomen.
De eerste manier wordt aangeduid als ‘partiële hydrogenering’. Hierbij laat men een vet reageren met waterstof. Een voorbeeld is het vet P - O - L (L staat voor linolzuur) uit palmolie. Door additie van waterstof kan dit vet worden omgezet tot P - O - S.

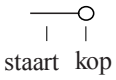
3p **10** Bereken hoeveel dm^3 waterstof (T = 298 K, $p = p_0$) minstens nodig is om 1,0 kg van het vet P - O - L om te zetten tot het vet P - O - S. De massa van één mol van het vet P - O - L bedraagt 857 g.

De tweede manier is een zogenoemde om-estering: het vervangen van de ene vetzuurrest door een andere. Bij dit proces maakt men gebruik van het enzym lipase. Dit enzym katalyseert de hydrolyse van vetzuren die zijn veresterd op de posities 1 en 3 van een vet. Lipase katalyseert ook de omgekeerde reactie: de verestering van vetzuren aan de posities 1 en 3 van glycerol.
Door bijvoorbeeld het vet P - O - O te mengen met stearinezuur en lipase kan onder andere het vet P - O - S worden verkregen.
In dit reactiemengsel ontstaan ook andere vetten.

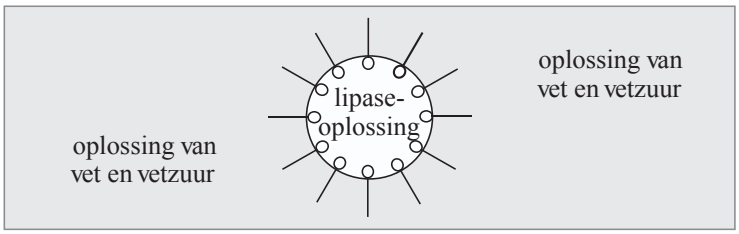
3p **11** Geef de schematische aanduiding van vier andere vetten, geen stereo-isomeren, die in dit reactiemengsel kunnen voorkomen.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Het organische oplosmiddel waarin het vet en het stearinezuur worden opgelost, mengt niet met het water waarin het lipase wordt opgelost. Om een goede menging voor de om-esteringsreactie te krijgen, wordt daarom een zeepachtige stof (emulgator) toegevoegd.
Moleculen van een emulgator worden vaak schematisch als volgt weergegeven:



Door toevoeging van de emulgator worden zogenoemde micellen gevormd: druppeltjes van de lipase-oplossing die zweven in de oplossing van vet en vetzuur, met emulgatormoleculen op het grensvlak van de lipase-oplossing en de oplossing van vet en vetzuur. Dit kan als volgt worden weergegeven:



De om-esteringsreactie vindt plaats op het grensvlak van de twee oplossingen. De snelheid van de om-estering is afhankelijk van de grootte van de micellen. Om na te gaan hoe de reactiesnelheid afhangt van de micelgrootte werden, bij dezelfde temperatuur, twee proeven, proef 1 en proef 2, uitgevoerd. Aan het begin van beide proeven waren de hoeveelheden emulgator, lipase-oplossing, vetoplossing en stearinezuur gelijk. Het enige verschil was dat de micellen in proef 1 kleiner waren dan in proef 2.

2p **12** Leg uit in welke proef de reactiesnelheid het grootst was.

Wanneer men het om-esteringsproces op grote schaal industrieel wil toepassen, zal men er bij de uitvoering van het proces voor willen zorgen dat het lipase kan worden hergebruikt.

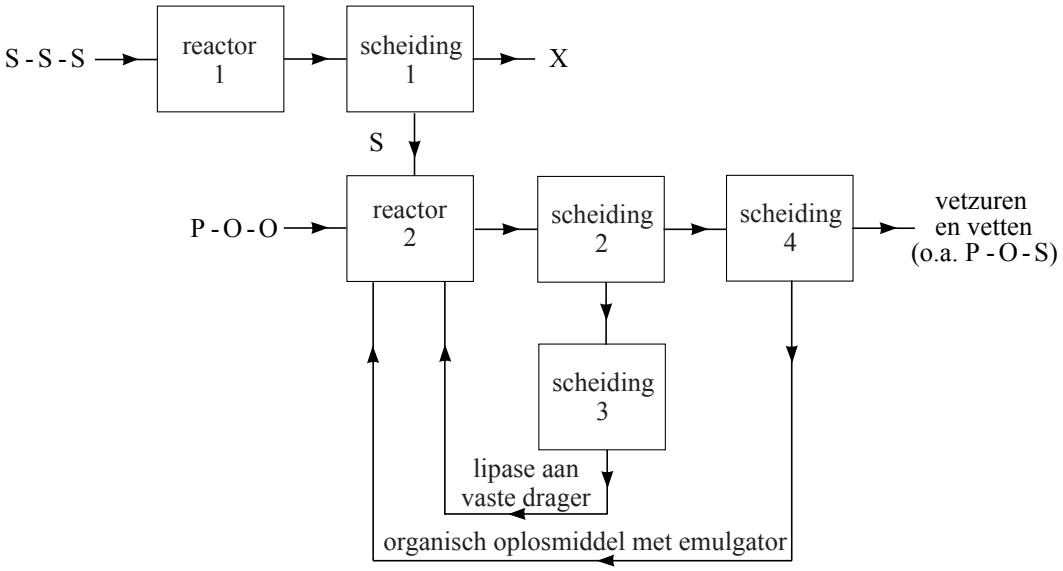
1p **13** Geef aan waarom het lipase zou kunnen worden hergebruikt.

Om het lipase te kunnen hergebruiken, moet het worden teruggewonnen. Wanneer het lipase is opgelost, is dit niet makkelijk uitvoerbaar. Daarom gebruikt men in het industriële proces lipase dat is gebonden aan zeer kleine vaste bolletjes, de zogenoemde vaste drager. Deze vaste bolletjes met lipase vormen geen oplossing met water, maar blijven daarin zweven: een suspensie dus. Met de emulgator vormen druppeltjes van deze suspensie eveneens micellen.
Het voordeel van het gebruik van lipase dat is gebonden aan een vaste drager is dat op deze wijze het lipase door middel van filtratie gemakkelijk is terug te winnen, waarna het kan worden hergebruikt.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

In de industriële uitvoering van het proces wordt na afloop van de om-estering water aan het reactiemengsel toegevoegd. Daardoor gaan de micellen kapot en ontstaan twee vloeistoflagen: een organische laag en een waterige laag. De emulgator blijkt volledig op te lossen in de organische laag. De waterige laag is de suspensie van het lipase, gebonden aan de vaste drager. De vloeistoflagen kunnen gemakkelijk van elkaar worden gescheiden.
Het stearinezuur dat voor de om-esteringsreactie nodig is, verkrijgt men door volledige hydrolyse van een dierlijk vet (S - S - S).
De gehele om-estering kan in een continuproces worden uitgevoerd. Hieronder is zo'n continuproces in een blokschema weergegeven. Dit blokschema is ook afgebeeld op de uitwerkbijlage die bij dit examen hoort.

blokschema



In reactor 1 vindt volledige hydrolyse van dierlijk vet (S - S - S) plaats.
In scheiding 1 worden de reactieproducten van deze hydrolyse volledig van elkaar gescheiden. Van scheiding 1 wordt dus uitsluitend stearinezuur naar reactor 2 getransporteerd.
In reactor 2 vindt de eigenlijke om-esteringsreactie plaats.
Scheiding 2 is de scheiding van de waterige laag en de organische laag.
In scheiding 3 wordt door filtratie de vaste drager met het lipase uit de waterige laag gehaald.
Het blokschema is niet volledig. De stofstromen waar water bij hoort te staan, ontbreken.

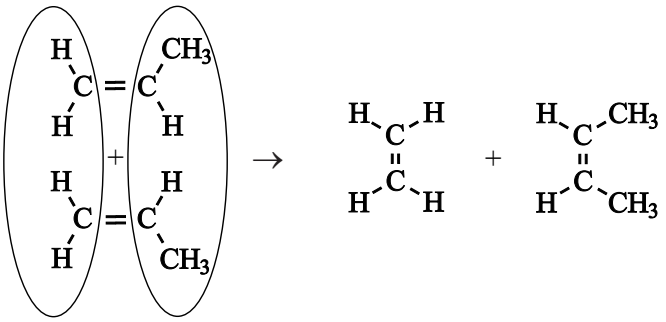
1p **14** Geef de naam van de stof X die uit scheiding 1 komt.

4p **15** Teken in het blokschema op de uitwerkbijlage alleen de ontbrekende stofstromen voor het water. Bedenk daarbij dat de fabriek ernaar streeft zo weinig mogelijk water te verbruiken. Zet geen bijschriften bij de stofstromen tussen reactor 2 en scheiding 2, tussen scheiding 2 en scheiding 3 en tussen scheiding 2 en scheiding 4.

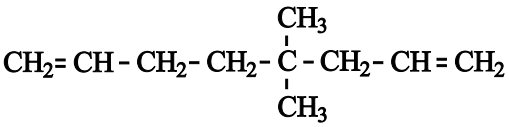
Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Metathese

De Nobelprijs voor scheikunde in 2005 is gewonnen door wetenschappers die zich bezig hebben gehouden met het onderzoek naar zogenoemde metathese-reacties.
Metathese is een reactie van onverzadigde verbindingen. Bij een metathese-reactie worden telkens twee dubbele bindingen verbroken en twee nieuwe dubbele bindingen gevormd. Een voorbeeld van een metathese-reactie is de omzetting van propeen tot etheen en 2-buteen:



In bovenstaande weergave is met ovalen aangegeven welke delen uit de moleculen van de beginstoffen zijn terug te vinden in de moleculen van de reactieproducten.
Metathese-reacties worden vaak in organische syntheses gebruikt.
Een toepassing is de zogenoemde ringsluitingmetathese. Bij metathese van een verbinding met twee dubbele bindingen per molecuul, zoals bijvoorbeeld stof P (zie hieronder), kan een cyclische verbinding ontstaan.



stof P

In veel van zulke gevallen treedt de metathese binnen het molecuul (intramoleculair) op.
Bij de intramoleculaire ringsluitingmetathese van stof P ontstaat behalve het cyclische reactieproduct, ook etheen. Beide stoffen ontstaan in de molverhouding 1 : 1.

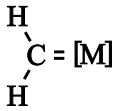
3p **16** Geef de structuurformule van de cyclische verbinding die ontstaat bij deze intramoleculaire metathese van stof P.

Bij metathese van stof P kan onder bepaalde omstandigheden ook een polymeer worden gevormd. Onder deze omstandigheden vindt geen ringsluiting plaats.

3p **17** Leg uit dat uit stof P via metathese een polymeer kan worden gevormd. Behalve het polymeer ontstaat hierbij uitsluitend etheen.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

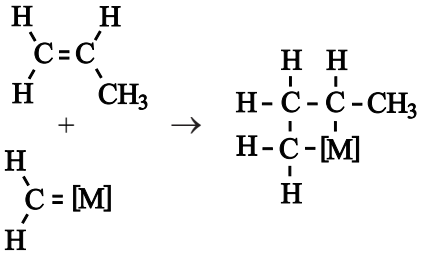
De katalysatoren die bij metathese-reacties worden gebruikt, zijn meestal organische verbindingen van bepaalde metalen, vaak molybdeen (Mo) of ruthenium (Ru). In zulke verbindingen is het metaalatoom via een dubbele binding gebonden aan een koolstofatoom.

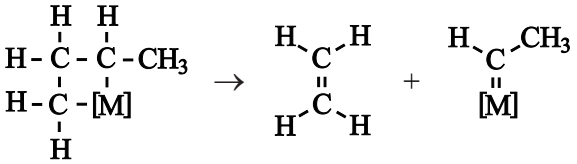
Zo'n katalysatormolecuul wordt vaak als volgt weergegeven: 

Men veronderstelt dat een metathese-reactie in vier stappen verloopt. De eerste twee stappen voor de metathese van propeen tot etheen en 2-buteen verlopen als volgt:

- In de eerste stap wordt een molecuul van de katalysator gebonden aan een molecuul van het propeen. Er ontstaat een cyclische structuur met vier atomen.
- In de tweede stap wordt uit de cyclische structuur een molecuul etheen afgesplitst.

Deze stappen kunnen als volgt in structuurformules worden weergegeven:

stap 1 

stap 2 

3p **18** Geef de stappen 3 en 4 van het reactiemechanisme in structuurformules weer.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Zink

Zink wordt onder andere toegepast als bescherming van ijzeren voorwerpen zoals hekken, vuilcontainers, vangrails en auto's. Op de website van een bedrijf dat zink produceert, staat beschreven hoe zink en diverse bijproducten worden gemaakt, uitgaande van zinkerts. De tekstfragmenten die in deze opgave voorkomen, zijn ontleend aan deze website.

tekstfragment 1

Concentraatontvangst, -opslag en roosting
De Zinifex Century Mine in Australië produceert een concentraat met een hoog zinkgehalte. Het concentraat bestaat voornamelijk uit zinksulfide en bevat 58% zink en daarnaast kleine hoeveelheden andere metaalverbindingen. Dit concentraat wordt naar Nederland vervoerd en opgeslagen. Uit de opslag wordt het materiaal naar de afdeling roosting getransporteerd. In deze afdeling wordt het concentraat met lucht verbrand (geroost). Hierbij ontstaan onzuiver zinkoxide (ZnO), ook wel roostgoed genoemd, en zwaveldioxidegas (SO_2):
$2\ ZnS + 3\ O_2 \rightarrow 2\ ZnO + 2\ SO_2$
Met de warmte die tijdens de reactie ontstaat, wordt stoom opgewekt. Met deze stoom worden diverse apparaten aangedreven en wordt voorzien in de warmtebehoefte van een deel van de fabriek.

3p **19** Bereken de verbrandingswarmte van zinksulfide in J mol^{-1}.
Neem aan dat de gegevens uit Binas die je voor deze berekening nodig hebt, mogen worden gebruikt bij de omstandigheden waarbij de roosting plaatsvindt.

3p **20** Bereken hoeveel energie, in J, kan worden opgewekt bij de roosting van 1,0 ton concentraat. Ga ervan uit dat bij de roosting alleen zinksulfide wordt verbrand en dat alle zink aanwezig is in de vorm van zinksulfide (1,0 ton = $1{,}0 \cdot 10^3$ kg).

tekstfragment 2

Loging en zuivering
Bij de loging wordt het zinkoxide uit het roostgoed opgelost in verdund zwavelzuur. Behalve zinkoxide gaan tijdens het logingsproces ook oxiden van cadmium en koper in oplossing.
Bij de zuivering wordt de ruwe zinksulfaatoplossing van de loging gezuiverd van cadmium en koper. Er wordt een vaste stof X aan de oplossing toegevoegd. Stof X gaat in oplossing terwijl koper en cadmium als metaal neerslaan.

Op de website wordt uiteraard de vaste stof niet met stof X aangeduid, maar met de naam van die stof.

Wanneer zinkoxide 'oplost' in verdund zwavelzuur, treedt een reactie op.

2p **21** Geef de vergelijking van de reactie van zinkoxide met verdund zwavelzuur.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

In de ruwe zinksulfaatoplossing komen cadmium en koper voor in de vorm van de metaalionen Cd^{2+} en Cu^{2+}.
De fabriek stelt de volgende eisen aan stof X:
1 Stof X moet Cd^{2+} en Cu^{2+} kunnen omzetten tot Cd respectievelijk Cu.
2 Stof X mag geen reactieproducten opleveren die later een extra scheiding noodzakelijk maken.

1p **22** Geef de naam van stof X.
2p **23** Leg uit waarom stof X aan beide gestelde eisen voldoet.

tekstfragment 3

Elektrolyse
Bij de elektrolyse wordt, onder invloed van elektrische stroom, metallisch zink uit de gezuiverde zinksulfaatoplossing gewonnen. Het proces vindt plaats in elektrolyse cellen die ieder 45 loden anoden en 44 aluminium kathoden bevatten. De gezuiverde oplossing wordt continu toegevoegd.
Op de kathode slaat het metallisch zink neer. Bij een stroomdichtheid van 450 A per m^2 heeft zich na 35 uur een laag zink op de kathoden afgezet die dik genoeg is. Met computergestuurde kranen worden de kathoden vervolgens uit de cellen gelicht, van het zink ontdaan en weer teruggeplaatst in de cellen.

Lood en aluminium fungeren bij deze elektrolyse als onaantastbare elektroden.

4p **24** Bereken hoeveel kg zink maximaal kan ontstaan per m^2 elektrode-oppervlak als gedurende 35 uur een stroomsterkte van 450 A per m^2 elektrode-oppervlak wordt gebruikt. Maak hierbij onder andere gebruik van het gegeven dat de lading van een mol elektronen gelijk is aan $9{,}65 \cdot 10^4$ C (A is ampère; 1 A komt overeen met een ladingstransport van 1 C per seconde).

Bij de zuivering (zie tekstfragment 2) ontstaat dus een mengsel van twee metalen: koper en cadmium. De fabriek wil beide metalen afzonderlijk verkopen. Het mengsel van koper en cadmium moet dus worden gescheiden. De scheiding van dit mengsel verloopt in een aantal stappen. Eerst wordt het mengsel behandeld met een overmaat verdund zwavelzuur. Daarna zijn nog enkele stappen nodig om beide metalen afzonderlijk te verkrijgen.

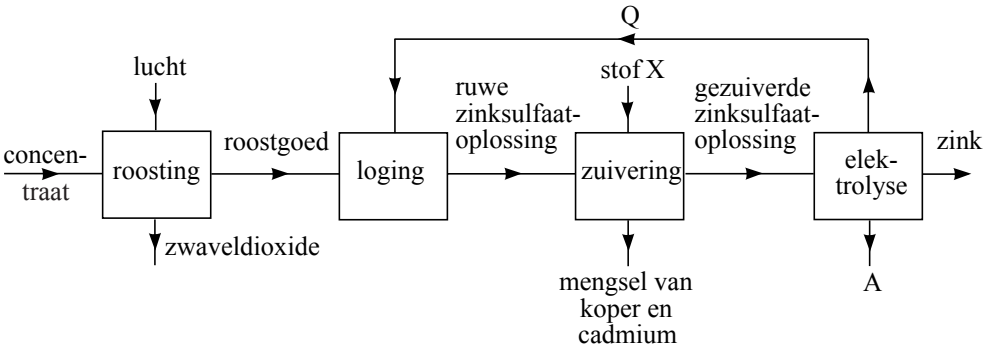
1p **25** Geef met behulp van Binas-tabel 48 een verklaring voor de keuze van verdund zwavelzuur.
2p **26** Welke stappen moeten na toevoeging van het verdunde zwavelzuur worden uitgevoerd om koper en cadmium afzonderlijk van elkaar te verkrijgen?

Let op: de laatste vraag van dit examen staat op de volgende pagina.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

In tekstfragment 3 worden de elektroden aangeduid met de termen ‘anode’ en ‘kathode’. Uit het tekstfragment is op te maken dat de anode de positieve elektrode is en de kathode de negatieve.
Hieronder staat een vereenvoudigd blokschema van de zinkfabriek.

blokschema



3p **27** Leg uit welke namen bij Q en A moeten worden ingevuld. Vermeld in je uitleg de vergelijking van de halfreactie die aan de anode optreedt.

Bronvermelding

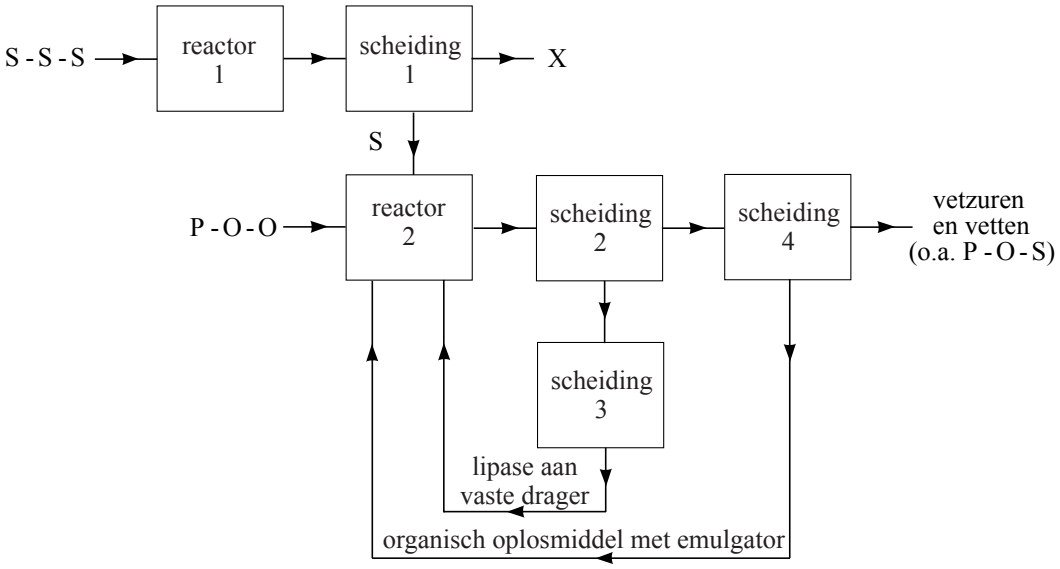
Een opsomming van de in dit examen gebruikte bronnen, zoals teksten en afbeeldingen, is te vinden in het bij dit examen behorende correctievoorschrift, dat na afloop van het examen wordt gepubliceerd.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

uitwerkbijlage

Naam kandidaat _____ Kandidaatnummer _____

15



VERGEET NIET DEZE UITWERKBIJLAGE IN TE LEVEREN

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Examen VWO

2008

tijdvak 1
vrijdag 23 mei
13.30 - 16.30 uur

scheikunde 1

Bij dit examen horen een bijlage en een uitwerkbijlage.

Dit examen bestaat uit 24 vragen.
Voor dit examen zijn maximaal 70 punten te behalen.
Voor elk vraagnummer staat hoeveel punten met een goed antwoord behaald kunnen worden.

Als bij een vraag een verklaring, uitleg, berekening of afleiding gevraagd wordt, worden aan het antwoord meestal geen punten toegekend als deze verklaring, uitleg, berekening of afleiding ontbreekt.

Geef niet meer antwoorden (redenen, voorbeelden e.d.) dan er worden gevraagd. Als er bijvoorbeeld twee redenen worden gevraagd en je geeft meer dan twee redenen, dan worden alleen de eerste twee in de beoordeling meegeteld.

800025-1-024o

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Vrije vetzuren in olijfolie

Olijfolie bestaat voornamelijk uit glyceryltri-esters. Dit zijn esters van glycerol en vetzuren. De oudste manier om olie uit olijven te winnen, is via mechanische weg. Het sap wordt door zware granieten maalstenen uit de vruchten geperst. Er wordt dan een mengsel verkregen dat voornamelijk uit olie en water bestaat. Het water wordt in een centrifuge vervolgens afgescheiden. De temperatuur tijdens deze zogenoemde “koude persing” wordt vaak niet hoger dan 40 ^{o}C.
Tegenwoordig wordt olijfolie industrieel vaak via een ander proces gemaakt. Ook dan worden de olijven geperst, maar nu in aanwezigheid van onder andere stoom om zoveel mogelijk olie uit de olijven te halen. Bij dit proces is de temperatuur veel hoger dan bij de koude persing. In het vervolg van deze opgave wordt dit proces “warme persing” genoemd.
De olie die na de warme persing overblijft, heeft een mindere kwaliteit dan die uit de koude persing, onder andere omdat het gehalte aan vrije vetzuren veel hoger is. Een te hoog gehalte aan vrije vetzuren beïnvloedt de smaak nadelig.

1p **1** Geef de naam van het type reactie dat optreedt wanneer vrije vetzuren uit glyceryltri-esters worden gevormd.

2p **2** Leg uit hoe het komt dat bij de warme persing relatief meer vrije vetzuren ontstaan dan bij de koude persing. Noem in je uitleg twee oorzaken.

Er is een methode ontwikkeld om met behulp van een titratie het gehalte aan vrije vetzuren in een vet of een olie te bepalen.
Bij deze methode wordt een bekende hoeveelheid olie gemengd met propanon en een klein beetje chloroform ($CHCl_3$). Het mengsel wordt vervolgens getitreerd met een oplossing van kaliumhydroxide in 2-propanol. Direct nadat de toegevoegde hydroxide-ionen hebben gereageerd met alle zure bestanddelen uit de olie, zal een reactie tussen propanon en chloroform optreden. Deze reactie is exotherm. De hierdoor veranderende temperatuur is te gebruiken als eindpuntbepaling van de titratie.
De reactie die na het eindpunt van de titratie optreedt, verloopt in twee stappen. Bij deze reactie treedt OH^- als katalysator op.
In de eerste stap reageert chloroform als volgt met hydroxide:

$$CHCl_3 + OH^- \rightarrow CCl_3^- + H_2O$$

In de tweede stap reageren de reactieproducten van stap 1 met propanon, waarbij 1,1,1-trichloor-2-methyl-2-propanol als enig organisch reactieproduct ontstaat.

4p **3** Geef de reactievergelijking van de tweede stap. Gebruik daarin structuurformules voor propanon en 1,1,1-trichloor-2-methyl-2-propanol.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Eerste kwaliteit olijfolie wordt aangeduid met de kwalificatie “extra vergine”. Eén van de eisen die aan olie worden gesteld om aan deze kwalificatie te voldoen, is dat het gehalte aan vrije vetzuren, berekend als oliezuur, maximaal 1,00 gram per 100 gram olie bedraagt.
Van een bepaalde soort olijfolie wordt op de hiervoor beschreven manier het gehalte aan vrije vetzuren bepaald. Daartoe wordt 5,542 g olijfolie gemengd met 25 mL propanon en 2 mL chloroform. Het ontstane mengsel wordt getitreerd met een 0,102 M oplossing van KOH in 2-propanol.
Omdat bij deze titratie olijfolie niet de enige vloeistof is waar stoffen in zitten die met OH^- reageren, moet eerst een zogenoemde blanco bepaling worden uitgevoerd.

2p **4** Beschrijf hoe deze blanco bepaling moet worden uitgevoerd.

Bij de uiteindelijke bepaling bleek dat 2,572 mL 0,102 M KOH oplossing nodig was om te reageren met de vrije vetzuren in de olijfolie.

3p **5** Ga na of het gehalte aan vrije vetzuren in de onderzochte olijfolie voldoet aan de genoemde kwaliteitseis voor “extra vergine”. De massa van een mol oliezuur is 282,5 gram.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

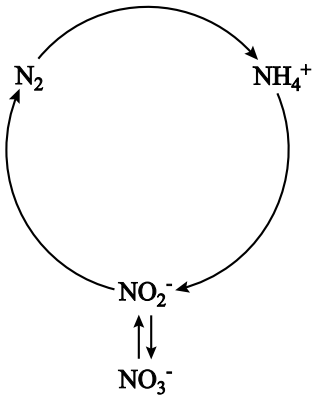
Anammox

In deze opgave staat een bacteriële omzetting van ammoniumionen met nitrietionen centraal, de zogenoemde anammox-reactie.
Bij deze opgave hoort tekstfragment 1 dat is afgedrukt in de bijlage die bij dit examen hoort. Lees dit tekstfragment.

De vergelijking van de anammox-reactie is:

$NH_4^+ + NO_2^- \rightarrow N_2 + 2\ H_2O$ (anammox-reactie)

In de regels 9 t/m 14 worden de hoofdlijnen van de stikstofkringloop, zoals die rond 1900 bekend was, beschreven. De beschrijving is een vereenvoudiging van de werkelijke stikstofkringloop. In veel artikelen over de anammox-reactie wordt de stikstofkringloop weergegeven met behulp van het schema dat hiernaast staat.
Ook deze weergave is een vereenvoudiging.
Bovendien is dit schema een onvolledige weergave van de beschrijving die in de regels 9 t/m 14 van tekstfragment 1 wordt gegeven.
Op de uitwerkbijlage die bij dit examen hoort, is dit schema nogmaals weergegeven, zonder de gebogen pijlen erin.



4p **6** Maak op de uitwerkbijlage de schematische stikstofkringloop zo af, dat die in overeenstemming is met de beschrijving in de regels 9 t/m 14 van tekstfragment 1. Zet in het schema de namen van de omzettingen die in het tekstfragment worden genoemd op de juiste plaats.

2p **7** Geef op de uitwerkbijlage ook aan waar de anammox-reactie, waarover dit artikel gaat, moet worden ingetekend. Gebruik daarvoor (een) onderbroken pijl(en): - - →

In de regels 20 t/m 24 wordt een methode beschreven om het optreden van de anammox-reactie aan te tonen; het nitriet dat daarbij wordt gebruikt, bevat stikstofatomen zoals die in de natuur voorkomen. De daar beschreven conclusie is gebaseerd op het feit dat het ontstane stikstofgas voornamelijk bestaat uit moleculen met massa 29 u. In het ontstane stikstofgas komen geen moleculen voor met massa 28 u; moleculen met massa 30 u komen er wel in voor, maar slechts heel weinig.

2p **8** Leg uit waarom stikstofmoleculen met massa 28 u niet in het ontstane stikstofgas zullen voorkomen en stikstofmoleculen met massa 30 u wel. Noteer je antwoord als volgt:
Er komen geen moleculen met massa 28 u voor, omdat …
Er komen wel moleculen met massa 30 u voor, omdat …

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl. Pagina: 620

Ammonium uit afvalwater

Bij methodes om met behulp van bacteriën ammonium uit afvalwater te verwijderen, spelen reacties uit de stikstofkringloop een belangrijke rol.
In de zogenoemde klassieke methode wordt ammonium eerst met behulp van zuurstof omgezet tot nitraat. Dit nitraat wordt vervolgens omgezet tot stikstof.
In een ander proces, het SHARON-proces, wordt het ammonium eerst omgezet tot nitriet, dat vervolgens wordt omgezet tot stikstof.
Bij de omzettingen van nitraat tot stikstof en van nitriet tot stikstof treden het nitraat en het nitriet als oxidator op. Voor deze reacties is een reductor (koolstofbron) nodig; vaak wordt daar methanol voor gebruikt.
Op de website van het Energie en Milieu Informatiesysteem voor het Vlaamse Gewest wordt de klassieke methode voor de verwijdering van ammonium uit afvalwater vergeleken met het SHARON-proces.
Een gedeelte van de tekst van deze website is als tekstfragment 2 in de bijlage bij dit examen opgenomen. Lees dit tekstfragment.

4p **9** Bereken hoeveel dm^3 zuurstof (298 K, $p = p_0$) per liter afvalwater in het SHARON-proces nodig is om de genoemde vermindering van het stikstofgehalte te bewerkstelligen. Ga ervan uit dat ammoniumionen de enige stikstofbevattende deeltjes in het afvalwater zijn.

Zowel de nitrificatiereacties als de denitrificatiereacties zijn redoxreacties. In de nitrificatiereacties treedt het NH_4^+ als reductor op.

4p **10** Geef de vergelijking van de halfreactie van NH_4^+ in de nitrificatie die bij het SHARON-proces optreedt. In deze vergelijking komen onder andere ook H_2O en H^+ voor.

De gegeven reactievergelijkingen voor de denitrificaties bevatten meerdere fouten. Zo staat er bijvoorbeeld ten onrechte dat er waterstof ontstaat. Dit moet water zijn. De andere formules in de reactievergelijkingen staan er wel terecht.
De genoemde besparing van 40% op de koolstofbron die met het SHARON-proces kan worden verkregen, is wel juist.
In tekstfragment 2 had voor de denitrificatie in het SHARON-proces het volgende moeten staan:

$$6\ NO_2^- + 3\ CH_3OH + 3\ H^+ \rightarrow 3\ N_2 + 3\ HCO_3^- + 6\ H_2O$$

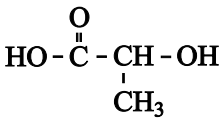
3p **11** Geef de reactievergelijking van de denitrificatie die in het klassieke proces plaatsvindt. In deze reactievergelijking komt ook H^+ voor.

3p **12** Ga na of in het SHARON-proces het verzurende effect van de nitrificatie volledig is gecorrigeerd na afloop van de denitrificatie. Gebruik daarbij onder andere de reactievergelijking voor de nitrificatie van het SHARON-proces en bovenstaande reactievergelijking voor de denitrificatie. Betrek in je uitleg ook de HCO_3^- die in de vergelijking van de denitrificatie staat.

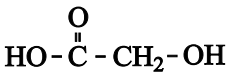
Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Bescherming

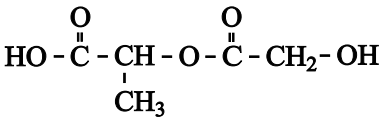
Wanneer men melkzuur en glycolzuur met elkaar laat reageren, wordt onder andere een ester (stof A) gevormd. Hieronder staan de structuurformules van melkzuur, glycolzuur en stof A.



melkzuur



glycolzuur

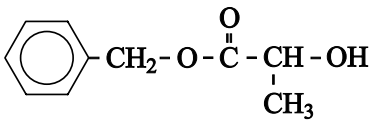


stof A

Stof A dient als beginstof bij de bereiding van een polyester waarvan de moleculen een bepaalde, gewenste opbouw hebben. Dit is van belang voor de eigenschappen en toepassingen van deze polyester.
Ook wanneer men in een mengsel van melkzuur en glycolzuur, waarin deze stoffen in de molverhouding 1 : 1 voorkomen, polymerisatiereacties laat optreden, treedt polyestervorming op. De polyestermoleculen die bij deze polymerisatie ontstaan, verschillen echter op een kenmerkende manier van de polyestermoleculen die ontstaan bij de polymerisatie van stof A.

2p **13** Geef een verschil tussen de polymeermoleculen die ontstaan bij de polymerisatie van stof A en de polymeermoleculen die ontstaan bij de polymerisatie van een mengsel van melkzuur en glycolzuur in de molverhouding 1 : 1.

Stof A wordt niet bereid door melkzuur met glycolzuur te laten reageren omdat bij zo'n reactie ook andere stoffen dan stof A ontstaan. Bij de bereiding van stof A vermijdt men de vorming van dit soort bijproducten. Dit realiseert men door in de reeks van reacties die tot de synthese van stof A leidt, onder andere gebruik te maken van de zogenoemde benzylester van melkzuur:



benzylester van melkzuur

Men gebruikt, in plaats van melkzuur, de benzylester van melkzuur om te voorkomen dat de OH groep van de carbonzuurgroep van het melkzuurmolecuul aan een ongewenste reactie deelneemt. In de organische chemie zegt men dat de desbetreffende OH groep is beschermd tegen een ongewenste reactie. De groep die daarvoor zorgt, duidt men aan met de term beschermende groep. In een latere reactie wordt de beschermende groep verwijderd.
De andere OH groep van het melkzuurmolecuul is niet beschermd.
De gehele syntheseroute die, uitgaande van glycolzuur, leidt tot de vorming van stof A is schematisch weergegeven in de bijlage die bij dit examen hoort. De benzylester van melkzuur reageert in reactie 3. In deze reactie vindt de feitelijke koppeling plaats zodat uiteindelijk een molecuul van stof A kan worden gevormd.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

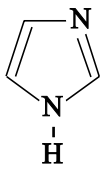
Deze syntheseroute staat in het teken van de bescherming van functionele groepen en van het verwijderen van de beschermende groepen later in de syntheseroute.

3p **14** In welke van de reacties 1, 2, 4 en 5 is sprake van het aanbrengen van een beschermende groep en in welke van de reacties 1, 2, 4 en 5 is sprake van het verwijderen van een beschermende groep? Noteer je antwoord als volgt:
aanbrengen van beschermende groep: ...
verwijderen van beschermende groep: …

In deze syntheseroute komen verschillende reacties voor die selectief verlopen. Een reactie verloopt selectief wanneer een bepaald structuuronderdeel in de beginstof is betrokken bij een reactie en een ander, vergelijkbaar structuuronderdeel niet.

3p **15** Leg voor de reacties 1 en 5 uit of ze selectief zijn of niet. Noem in je uitleg het structuuronderdeel waar het in de desbetreffende reactie om gaat. Noteer je antwoord als volgt:
Reactie 1 is *wel/niet* selectief, want …
Reactie 5 is *wel/niet* selectief, want …

De stof die in reactie 1 met glycolzuur reageert, wordt aangeduid met de afkorting TBSCl. Dit TBSCl wordt in overmaat toegevoegd.
Bij reactie 1 ontstaat behalve het weergegeven product uitsluitend waterstofchloride. Om dit waterstofchloride te binden, wordt de reactie uitgevoerd in aanwezigheid van imidazol. Imidazol is een base met de volgende structuurformule:



In een experiment werd reactie 1 als volgt uitgevoerd.
Glycolzuur (5,0 g) werd opgelost in het oplosmiddel DMF. Daaraan werden achtereenvolgens imidazol (13,5 g) en TBSCl (21,5 g) toegevoegd. Het mengsel liet men enige tijd reageren bij kamertemperatuur. Na een aantal bewerkingen verkreeg men uiteindelijk 20,0 gram van een witte stof, het product van reactie 1.

3p **16** Bereken het rendement, in procenten, van reactie 1 in dit experiment. De massa van een mol glycolzuur is 76,05 g, de massa van een mol TBSCl is 150,7 g en de massa van een mol van het reactieproduct is 304,6 g.

4p **17** Laat met een berekening zien dat de hoeveelheid imidazol voldoende is om de hoeveelheid waterstofchloride te binden die bij reactie 1 ontstaat.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Mossellijm

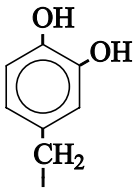
Aan de TU Delft wordt onderzoek gedaan naar het ontwikkelen van een synthetische lijm die kan worden gebruikt wanneer mensen na een operatie of een ongeluk inwendig moeten worden gehecht. Bij dit onderzoek richt men zich op een lijm die vergelijkbaar is met de lijm, waarmee de blauwe zeemossel zich aan bijvoorbeeld een meerpaal hecht. De lijm die de mossel produceert, bestaat uit draden van eiwit.
Het onderzoek aan de TU Delft heeft zich toegespitst op het zogenoemde Mefp-1 eiwit. Dit eiwit is voornamelijk opgebouwd uit zich herhalende reeksen van tien aminozuureenheden. Zo'n reeks kan in lettersymbolen als volgt worden weergegeven:

~ Ala – Lys – Pro – Ser – Tyr – Hyp – diHyp – Thr – Dopa – Lys ~

Bij de natuurlijke eiwitsynthese worden twintig aminozuren gebruikt. In de hierboven weergegeven reeks komen drie aminozuureenheden voor die niet tot die twintig behoren: Hyp, diHyp en Dopa. Deze aminozuureenheden zijn ontstaan doordat na de synthese van het eiwit de zijketens van enkele aminozuureenheden worden voorzien van extra OH groepen. Dit proces heet hydroxylering.
Hyp en diHyp zijn ontstaan door de zijketen van het aminozuur proline te voorzien van één respectievelijk twee OH groepen. In Hyp is de OH groep gebonden aan het vierde C atoom (waarbij het C atoom van de carbonzuurgroep nummer 1 heeft) en in diHyp zijn de OH groepen gebonden aan het vierde en het vijfde C atoom.

4p **18** Geef van het fragment ~ Hyp – diHyp – Thr ~ de structuurformule. Gebruik daarbij informatie uit deze opgave en Binas-tabel 67C1.

De zijketen van het aminozuur Dopa heeft de volgende structuurformule.



Van twee aminozuren die bij de natuurlijke eiwitsynthese zijn betrokken, kan de zijketen door hydroxylering worden omgezet tot de zijketen van Dopa. Eén van die aminozuren is tyrosine, het tweede aminozuur wordt in deze opgave verder aangeduid als Az-2.

1p **19** Geef het 3-lettersymbool van Az-2.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Uit het DNA van de mossel kan worden afgeleid welk van de twee aminozuren, tyrosine of Az-2, in eerste instantie is ingebouwd in het eiwit waaruit het Mefp-1 eiwit ontstaat. In het gen dat codeert voor de vorming van dat eiwit zit een andere code wanneer tyrosine wordt ingebouwd dan wanneer Az-2 wordt ingebouwd.
Een DNA molecuul is opgebouwd uit twee ketens (strengen): de coderende streng en de matrijsstreng. Aan de matrijsstreng wordt bij de eiwitsynthese het messenger-RNA (mRNA) gevormd.

3p **20** Geef de basenparen in het DNA van een code voor tyrosine. Noteer je antwoord als volgt:
basen op de coderende streng: ...
basen op de matrijsstreng: ...
Maak hierbij gebruik van Binas-tabel 70.

Wanneer een mossel zich hecht aan een meerpaal worden verschillende soorten bindingen gevormd. Eén van die soorten bindingen hangt samen met de aanwezigheid van lysine-eenheden in moleculen van het eiwit Mefp-1. De zijgroep van een lysine-eenheid bevat een aminogroep die als base kan reageren. In zeewater met een pH van 8,15 is 98,0% van de NH_2 groepen in de zijgroepen van lysine omgezet tot NH_3^+ groepen. Deze positief geladen zijgroepen spelen een rol in de hechting van het eiwit aan de meerpaal.
Met behulp van bovengenoemde gegevens is de baseconstante K_b van de aminogroep in de zijgroep van lysine te berekenen.

4p **21** Geef die berekening en noteer de lysine-eenheid met de NH_2 groep als $Lys\text{-}NH_2$. Neem bij de berekening aan dat de temperatuur 298 K is.

Andere soorten bindingen die bij de hechting aan een meerpaal een rol spelen, hangen samen met de hoge molecuulmassa van de lijm en met de aard van de zijketens van andere aminozuureenheden dan lysine. Het feit dat een meerpaal van hout is, speelt ook een rol; hout bestaat hoofdzakelijk uit cellulose.

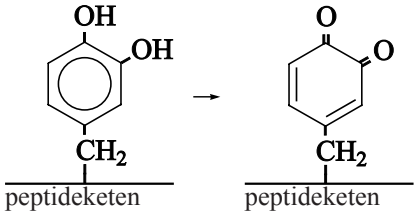
3p **22** Leg uit welke soorten bindingen een rol spelen bij de hechting van een mossel aan een meerpaal. Geef in je uitleg aan welke soort binding samenhangt met de hoge molecuulmassa en welke soort binding samenhangt met de aard van de zijketens van andere aminozuureenheden dan lysine.

Let op: de laatste vragen van dit examen staan op de volgende pagina.

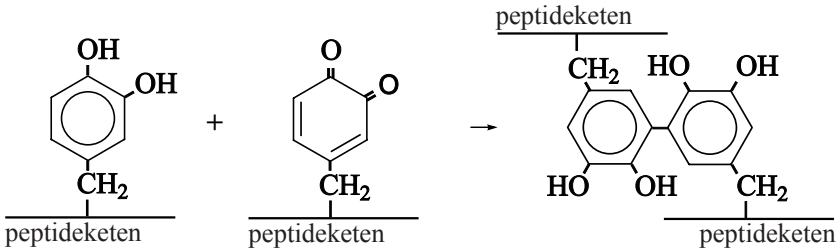
Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Wanneer de eerste eiwitlaag aan het oppervlak van de meerpaal is gebonden, worden bindingen gevormd tussen de moleculen uit die laag en eiwitmoleculen die daar bovenop komen. Men vermoedt dat dwarsverbindingen tussen verschillende eiwitketens worden gevormd of dat een keten door dwarsverbinding aan een deel van zichzelf wordt gekoppeld.
Het reactiemechanisme voor het ontstaan van de dwarsverbindingen bestaat uit twee stappen.

Stap 1: Een Dopa-zijgroep wordt omgezet tot een zogenoemd chinon. Hiervoor is een oxidator nodig. De niet volledige vergelijking van de halfreactie voor de omzetting van de Dopa-zijgroep, kan als volgt worden weergegeven:



Stap 2: Een chinon-zijgroep vormt een koppeling met een Dopa-zijgroep. De reactievergelijking van deze stap kan als volgt worden weergegeven:



3p **23** Geef de volledige vergelijking van de halfreactie voor de Dopa-zijgroep volgens stap 1. In deze vergelijking komen ook waterstofionen en elektronen voor. Gebruik structuurformules zoals hierboven in de beschrijving van stap 1 zijn gebruikt.

3p **24** Bereken hoeveel mol dwarsverbindingen maximaal kan ontstaan wanneer overmaat Mefp-1, waarin nog geen dwarsverbindingen zijn gevormd, wordt gemengd met 5,0 dm^3 zuurstof, bij $T = 298$ K en $p = p_0$. Maak onder andere gebruik van Binas-tabel 7.

Bronvermelding

Een opsomming van de in dit examen gebruikte bronnen, zoals teksten en afbeeldingen, is te vinden in het bij dit examen behorende correctievoorschrift, dat na afloop van het examen wordt gepubliceerd.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Bijlage VWO
2008

tijdvak 1

scheikunde 1

Informatieboekje

800025-1-024b

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Anammox

tekstfragment 1

In Delft loopt sinds 1985 een onderzoek om een meer economische en milieuvriendelijke verwerkingsmethode te vinden voor het industrieel afvalwater van Gist-Brocades.
Brocades-onderzoeker Arnold Mulder onderzocht de stikstofhuishouding van de bacteriën die – in een bioreactor binnen het laboratorium – in het Brocades afvalwater tot groei kwamen en ontdekte een eigenaardige reactie: de vorming van vrije stikstof (N_2) uit een oxidatie van ammonium zonder dat er zuurstof voorhanden was. Een anaërobe ammoniumoxidatie dus: ‘anammox’.
Rond 1900 waren de hoofdlijnen van de stikstofkringloop in kaart gebracht: er is de N_2 fixatie door planten waarbij stikstofverbindingen ontstaan. Er is de omzetting van stikstofverbindingen uit plantenresten tot ammonium (ammonificatie), er is de vorming van nitriet en nitraat uit dat ammonium (nitrificatie) en een soort omgekeerd proces: de vorming van vrij stikstof (N_2) uit nitraat en nitriet: denitrificatie. Maar op theoretische grond is met enige regelmaat aangevoerd dat er nog schakels ontbraken.
Het Kluyver Laboratorium kwam op zo’n schakel terecht. In de anammox-reactie van Brocades bleek het ammonium te worden geoxideerd in een reactie met nitriet (dat de rol van zuurstof in de gewone ademhaling overneemt). Met andere woorden: twee verschillende stikstofverbindingen reageren onder zuurstofloze omstandigheden met elkaar tot vrij stikstof (N_2). In de onderzoekspraktijk wordt het optreden van de anammox-reactie aangetoond door ammonium aan te bieden waarin de stikstofisotoop ^{14}N is vervangen door de zwaardere isotoop ^{15}N. Als in de proef vrij stikstof wordt opgevangen waarvan de moleculen ^{14}N en ^{15}N ruwweg in 50/50 verhouding bevatten dan is het bewijs rond.

naar: NRC Handelsblad

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

tekstfragment 2

Het SHARON-proces is bedoeld voor de behandeling van stikstofrijke afvalwaters. Het is bedoeld om stikstof te verminderen van bijvoorbeeld 1000 naar 100 mg L^{-1}, niet om volledige stikstofverwijdering te bekomen.
Het SHARON-proces stimuleert nitrificatie tot nitriet in plaats van tot nitraat. Dit betekent een besparing op de zuurstofbehoefte van 25%. Daarnaast vereist de denitrificatie van nitriet 40% minder koolstofbron dan de denitrificatie van nitraat.
De reacties die optreden zijn:

Klassieke nitrificatie: $NH_4^+ + 2\ O_2 \rightarrow NO_3^- + H_2O + 2\ H^+$

SHARON nitrificatie: $NH_4^+ + 1{,}5\ O_2 \rightarrow NO_2^- + H_2O + 2\ H^+$

(25% O_2 bespaard)

Klassieke denitrificatie: $6\ NO_3^- + 5\ CH_3OH \rightarrow 3\ N_2 + 6\ HCO_3^- + 7\ H_2$

SHARON denitrificatie: $6\ NO_2^- + 3\ CH_3OH \rightarrow 3\ N_2 + 6\ HCO_3^- + 3\ H_2$

(40% koolstofbron bespaard)

Het SHARON-systeem bestaat uit één reactor, waarin een beluchte en een anoxische[1)] fase (met toevoeging van BZV[2)]) voorzien worden. In de aërobe[3)] fase is een hoge zuurstofconcentratie vereist voor nitrificatieactiviteit. Nitrificatie is een verzurend proces en zodra een kritische pH-waarde wordt bereikt, dient de denitrificatie gestart te worden om de pH te corrigeren. Dit gebeurt door in de anoxische fase methanol toe te voegen. De pH kan eventueel ook nog gecorrigeerd worden door toevoeging van loog.

naar: http://www.emis.vito.be/wass/techniekbladen/techniekblad_W6.asp

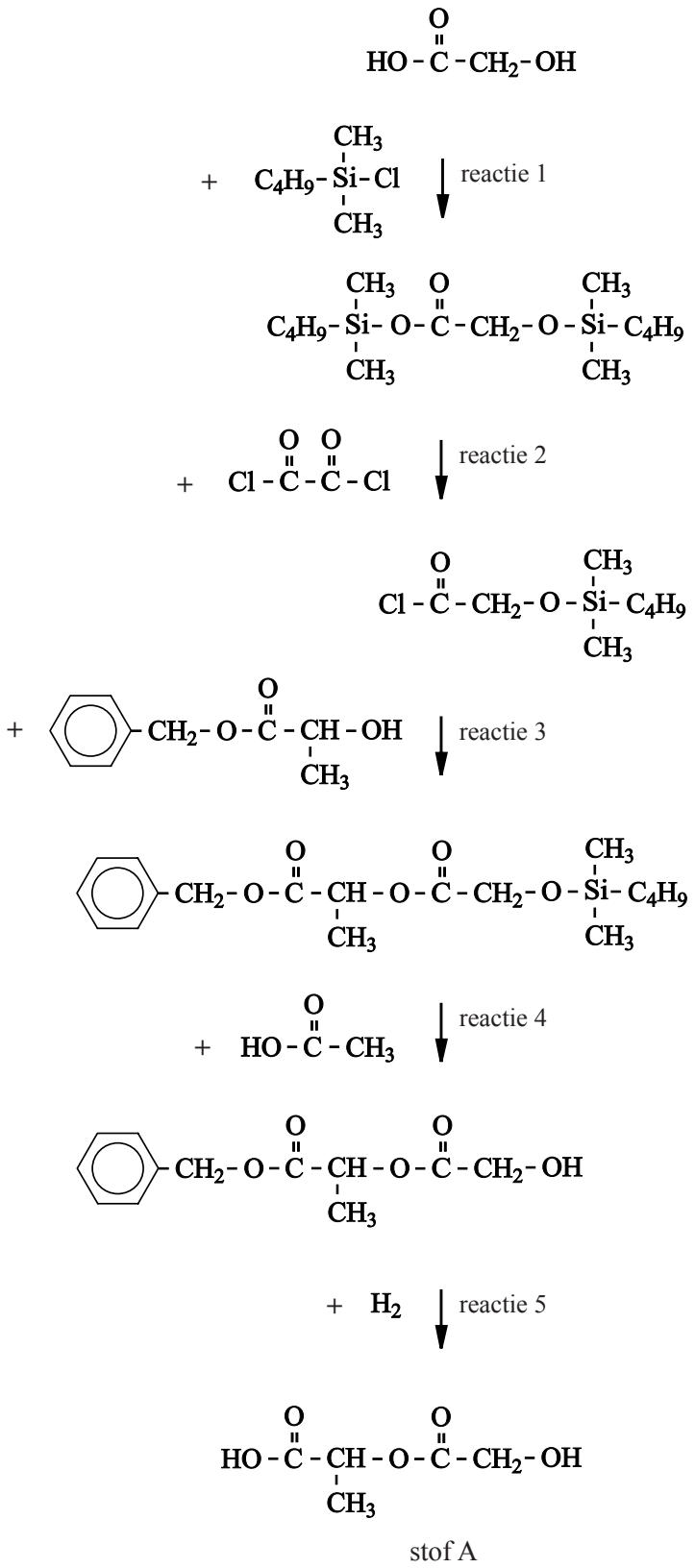
noot 1 Met anoxisch wordt bedoeld: zonder zuurstof (O_2).

noot 2 BZV is de afkorting van Biologisch Zuurstof Verbruik; in dit geval wordt de toevoeging van methanol bedoeld.

noot 3 De aërobe fase is de beluchte fase.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

syntheseroute van stof A



Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

uitwerkbijlage

Naam kandidaat _____ Kandidaatnummer _____

6 en 7

N_2 NH_4^+

NO_2^-

$\uparrow\downarrow$

NO_3^-

VERGEET NIET DEZE UITWERKBIJLAGE IN TE LEVEREN

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Examen VWO

2008

tijdvak 1
vrijdag 23 mei
13.30 - 16.30 uur

scheikunde 1,2

Bij dit examen horen een bijlage en een uitwerkbijlage.

Dit examen bestaat uit 25 vragen.
Voor dit examen zijn maximaal 69 punten te behalen.
Voor elk vraagnummer staat hoeveel punten met een goed antwoord behaald kunnen worden.

Als bij een vraag een verklaring, uitleg, berekening of afleiding gevraagd wordt, worden aan het antwoord meestal geen punten toegekend als deze verklaring, uitleg, berekening of afleiding ontbreekt.

Geef niet meer antwoorden (redenen, voorbeelden e.d.) dan er worden gevraagd. Als er bijvoorbeeld twee redenen worden gevraagd en je geeft meer dan twee redenen, dan worden alleen de eerste twee in de beoordeling meegeteld.

800025-1-025o

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Broom

Het water van de Dode Zee bevat vele opgeloste zouten waaronder bromiden. Door dit water onder invloed van de zon gedeeltelijk te laten verdampen wordt de bromide-concentratie groter en uiteindelijk hoog genoeg om broom te gaan produceren. Dit gebeurt door chloor toe te voegen aan de oplossing die is overgebleven nadat een deel van het water is verdampt.

2p **1** Geef de vergelijking van de omzetting van bromide tot broom door reactie met chloor.

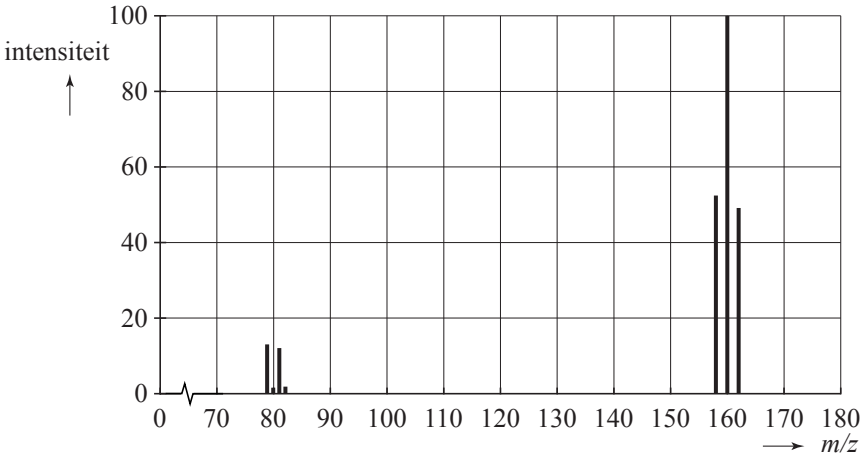
Het gevormde broom bestaat uit de isotopen Br-79 en Br-81. Het wordt wel 'natuurlijk' broom genoemd. Enkele gegevens van deze isotopen staan in tabel 1.

tabel 1

	Br-79	Br-81
atoommassa	78,9 u	80,9 u
percentage voorkomen in de natuur	50,5	49,5

Het massaspectrum van natuurlijk broom is hieronder afgebeeld.

Massaspectrum



Natuurlijk broom dat op bovenstaande wijze is bereid, is altijd verontreinigd met wat waterstofbromide.

2p **2** Leg uit hoe uit het massaspectrum blijkt dat natuurlijk broom is verontreinigd met waterstofbromide.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

In laboratoria bereidt men vaak kleine hoeveelheden broom door een oplossing van kaliumbromide te laten reageren met een aangezuurde oplossing van kaliumdichromaat ($K_2Cr_2O_7$). Er treedt dan een redoxreactie op.

3p **3** Leid de vergelijking van deze redoxreactie af met behulp van de vergelijkingen van de beide halfreacties.

In een laboratorium wil men 50 mg $^{81}Br_2$ bereiden. $^{81}Br_2$ is broom waarvan de moleculen uitsluitend de isotoop Br-81 bevatten. Men gaat daarbij uit van $K^{81}Br$, kaliumbromide met uitsluitend de isotoop Br-81.

4p **4** Bereken hoeveel mg $K^{81}Br$ minimaal nodig is om 50 mg $^{81}Br_2$ te verkrijgen.

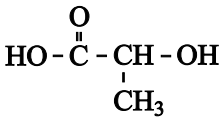
De leverancier van het $K^{81}Br$ beweert dat van al het bromide dat in het kaliumbromide aanwezig is, minstens 99,0% Br-81 is en dus dat Br-79 voor 1,0% of minder aanwezig is. Om dit te controleren wordt met een zeer kleine hoeveelheid van het gevormde broom een massaspectrum opgenomen. De hoogte van de piek bij *m/z* = 162 wordt vergeleken met de hoogte van de piek bij *m/z* = 160. De verhouding tussen deze piekhoogten blijkt 100,0 : 4,1 te zijn. De hoogte van de piek die bij *m/z* = 158 ligt, is zo gering dat hij door de massaspectrometer niet meer wordt gemeten.
Bij massaspectrometrie is de piekhoogte recht evenredig met de hoeveelheid van het betreffende deeltje.

4p **5** Ga na of de bewering van de leverancier klopt dat het gehalte Br-81 in het geleverde kaliumbromide minstens 99,0% is.

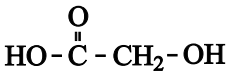
Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Bescherming

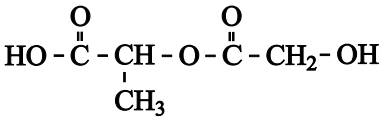
Wanneer men melkzuur en glycolzuur met elkaar laat reageren, wordt onder andere een ester (stof A) gevormd. Hieronder staan de structuurformules van melkzuur, glycolzuur en stof A.



melkzuur



glycolzuur

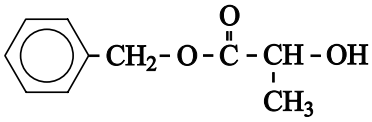


stofA

Stof A dient als beginstof bij de bereiding van een polyester waarvan de moleculen een bepaalde, gewenste opbouw hebben. Dit is van belang voor de eigenschappen en toepassingen van deze polyester.
Ook wanneer men in een mengsel van melkzuur en glycolzuur, waarin deze stoffen in de molverhouding 1 : 1 voorkomen, polymerisatiereacties laat optreden, treedt polyestervorming op. De polyestermoleculen die bij deze polymerisatie ontstaan, verschillen echter op een kenmerkende manier van de polyestermoleculen die ontstaan bij de polymerisatie van stof A.

2p **6** Geef een verschil tussen de polymeermoleculen die ontstaan bij de polymerisatie van stof A en de polymeermoleculen die ontstaan bij de polymerisatie van een mengsel van melkzuur en glycolzuur in de molverhouding 1 : 1.

Stof A wordt niet bereid door melkzuur met glycolzuur te laten reageren omdat bij zo'n reactie ook andere stoffen dan stof A ontstaan. Bij de bereiding van stof A vermijdt men de vorming van dit soort bijproducten. Dit realiseert men door in de reeks van reacties die tot de synthese van stof A leidt, onder andere gebruik te maken van de zogenoemde benzylester van melkzuur:



benzylester van melkzuur

Men gebruikt, in plaats van melkzuur, de benzylester van melkzuur om te voorkomen dat de OH groep van de carbonzuurgroep van het melkzuurmolecuul aan een ongewenste reactie deelneemt. In de organische chemie zegt men dat de desbetreffende OH groep is beschermd tegen een ongewenste reactie. De groep die daarvoor zorgt, duidt men aan met de term beschermende groep. In een latere reactie wordt de beschermende groep verwijderd.
De andere OH groep van het melkzuurmolecuul is niet beschermd.
De gehele syntheseroute die, uitgaande van glycolzuur, leidt tot de vorming van stof A is schematisch weergegeven in de bijlage die bij dit examen hoort. De benzylester van melkzuur reageert in reactie 3. In deze reactie vindt de feitelijke koppeling plaats zodat uiteindelijk een molecuul van stof A kan worden gevormd.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

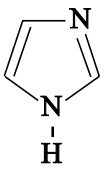
Deze syntheseroute staat in het teken van de bescherming van functionele groepen en van het verwijderen van de beschermende groepen later in de syntheseroute.

3p **7** In welke van de reacties 1, 2, 4 en 5 is sprake van het aanbrengen van een beschermende groep en in welke van de reacties 1, 2, 4 en 5 is sprake van het verwijderen van een beschermende groep? Noteer je antwoord als volgt:
aanbrengen van beschermende groep: ...
verwijderen van beschermende groep: …

In deze syntheseroute komen verschillende reacties voor die selectief verlopen. Een reactie verloopt selectief wanneer een bepaald structuuronderdeel in de beginstof is betrokken bij een reactie en een ander, vergelijkbaar structuuronderdeel niet.

3p **8** Leg voor de reacties 1 en 5 uit of ze selectief zijn of niet. Noem in je uitleg het structuuronderdeel waar het in de desbetreffende reactie om gaat. Noteer je antwoord als volgt:
Reactie 1 is *wel/niet* selectief, want …
Reactie 5 is *wel/niet* selectief, want …

De stof die in reactie 1 met glycolzuur reageert, wordt aangeduid met de afkorting TBSCl. Dit TBSCl wordt in overmaat toegevoegd.
Bij reactie 1 ontstaat behalve het weergegeven product uitsluitend waterstofchloride. Om dit waterstofchloride te binden, wordt de reactie uitgevoerd in aanwezigheid van imidazol. Imidazol is een base met de volgende structuurformule:



In een experiment werd reactie 1 als volgt uitgevoerd.
Glycolzuur (5,0 g) werd opgelost in het oplosmiddel DMF. Daaraan werden achtereenvolgens imidazol (13,5 g) en TBSCl (21,5 g) toegevoegd. Het mengsel liet men enige tijd reageren bij kamertemperatuur. Na een aantal bewerkingen verkreeg men uiteindelijk 20,0 gram van een witte stof, het product van reactie 1.

3p **9** Bereken het rendement, in procenten, van reactie 1 in dit experiment. De massa van een mol glycolzuur is 76,05 g, de massa van een mol TBSCl is 150,7 g en de massa van een mol van het reactieproduct is 304,6 g.

4p **10** Laat met een berekening zien dat de hoeveelheid imidazol voldoende is om de hoeveelheid waterstofchloride te binden die bij reactie 1 ontstaat.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

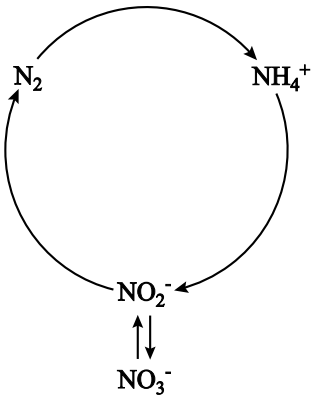
Anammox

In deze opgave staat een bacteriële omzetting van ammoniumionen met nitrietionen centraal, de zogenoemde anammox-reactie.
Bij deze opgave horen twee tekstfragmenten die zijn afgedrukt in de bijlage die bij dit examen hoort. Lees het eerste tekstfragment.

De vergelijking van de anammox-reactie is:

$NH_4^+ + NO_2^- \rightarrow N_2 + 2\ H_2O$ (anammox-reactie)

In de regels 9 t/m 14 worden de hoofdlijnen van de stikstofkringloop, zoals die rond 1900 bekend was, beschreven. De beschrijving is een vereenvoudiging van de werkelijke stikstofkringloop. In veel artikelen over de anammox-reactie wordt de stikstofkringloop weergegeven met behulp van het schema dat hiernaast staat.
Ook deze weergave is een vereenvoudiging. Bovendien is dit schema een onvolledige weergave van de beschrijving die in de regels 9 t/m 14 van tekstfragment 1 wordt gegeven.
Op de uitwerkbijlage die bij dit examen hoort, is dit schema nogmaals weergegeven, zonder de gebogen pijlen erin.



4p **11** Maak op de uitwerkbijlage de schematische stikstofkringloop zo af, dat die in overeenstemming is met de beschrijving in de regels 9 t/m 14 van tekstfragment 1. Zet in het schema de namen van de omzettingen die in het tekstfragment worden genoemd op de juiste plaats.

2p **12** Geef op de uitwerkbijlage ook aan waar de anammox-reactie, waarover dit artikel gaat, moet worden ingetekend. Gebruik daarvoor (een) onderbroken pijl(en): - - →

In de regels 20 t/m 24 wordt een methode beschreven om het optreden van de anammox-reactie aan te tonen; het nitriet dat daarbij wordt gebruikt, bevat stikstofatomen zoals die in de natuur voorkomen. De daar beschreven conclusie is gebaseerd op het feit dat het ontstane stikstofgas voornamelijk bestaat uit moleculen met massa 29 u. In het ontstane stikstofgas komen geen moleculen voor met massa 28 u; moleculen met massa 30 u komen er wel in voor, maar slechts heel weinig.

2p **13** Leg uit waarom stikstofmoleculen met massa 28 u niet in het ontstane stikstofgas zullen voorkomen en stikstofmoleculen met massa 30 u wel. Noteer je antwoord als volgt:
Er komen geen moleculen met massa 28 u voor, omdat …
Er komen wel moleculen met massa 30 u voor, omdat …

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Bij methodes om met behulp van bacteriën ammonium uit afvalwater te verwijderen, spelen reacties uit de stikstofkringloop een belangrijke rol.
In de zogenoemde klassieke methode wordt ammonium eerst met behulp van zuurstof omgezet tot nitraat. Dit nitraat wordt vervolgens omgezet tot stikstof.
In een ander proces, het SHARON-proces, wordt het ammonium eerst omgezet tot nitriet, dat vervolgens wordt omgezet tot stikstof.
Bij de omzettingen van nitraat tot stikstof en van nitriet tot stikstof treden het nitraat en het nitriet als oxidator op. Voor deze reacties is een reductor (koolstofbron) nodig; vaak wordt daar methanol voor gebruikt.
Op de website van het Energie en Milieu Informatiesysteem voor het Vlaamse Gewest wordt de klassieke methode voor de verwijdering van ammonium uit afvalwater vergeleken met het SHARON-proces. Een gedeelte van de tekst van deze website is als tekstfragment 2 in de bijlage bij dit examen opgenomen.
Lees dit tekstfragment.
De gegeven reactievergelijkingen voor de denitrificaties bevatten meerdere fouten. Zo staat er bijvoorbeeld ten onrechte dat er waterstof ontstaat. Dit moet water zijn. De andere formules in de reactievergelijkingen staan er wel terecht.
De genoemde besparing van 40% op de koolstofbron die met het SHARON-proces kan worden verkregen, is wel juist.
In tekstfragment 2 had voor de denitrificatie in het SHARON-proces het volgende moeten staan:

$$6\ NO_2^- + 3\ CH_3OH + 3\ H^+ \rightarrow 3\ N_2 + 3\ HCO_3^- + 6\ H_2O$$

3p **14** Geef de reactievergelijking van de denitrificatie die in het klassieke proces plaatsvindt. In deze reactievergelijking komt ook H^+ voor.

3p **15** Ga na of in het SHARON-proces het verzurende effect van de nitrificatie volledig is gecorrigeerd na afloop van de denitrificatie. Gebruik daarbij onder andere de reactievergelijking voor de nitrificatie van het SHARON-proces en bovenstaande reactievergelijking voor de denitrificatie. Betrek in je uitleg ook de HCO_3^- die in de vergelijking van de denitrificatie staat.

Door combinatie van de nitrificatie-reactie uit het SHARON-proces met de anammox-reactie kan een proces worden ontwikkeld waarin helemaal geen methanol meer nodig is. In principe kan bij zo'n proces alle ammonium die in het afvalwater voorkomt, uiteindelijk worden omgezet tot stikstof. Op de uitwerkbijlage bij dit examen is van zo'n proces het blokschema al gedeeltelijk weergegeven.

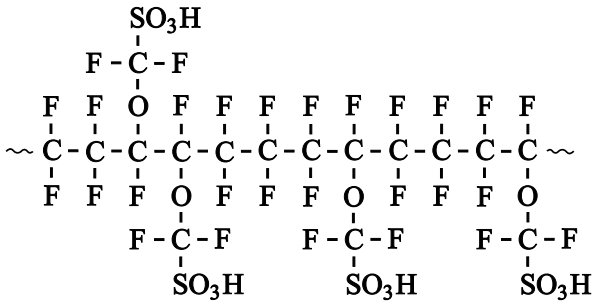
3p **16** Maak op de uitwerkbijlage het blokschema van het bedoelde proces af door:
- het vermelden van de na(a)m(en) van de stof(fen) bij de pijl (stofstroom) tussen reactor 1 en reactor 2;
- het plaatsen van extra pijlen (stofstromen);
- het vermelden van de na(a)m(en) van de stof(fen) bij de zelfgetekende pijlen (stofstromen).

2p **17** Leg uit welk deel van alle ammonium die in het afvalwater voorkomt, in reactor 1 moet worden omgezet tot nitriet om te bewerkstelligen dat alle ammonium uit het afvalwater uiteindelijk wordt omgezet tot stikstof.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Nafion®

Nafion® is een polymeer dat wordt toegepast als membraan in elektrochemische cellen. Nafion® kan worden beschouwd als een additiepolymeer, ontstaan uit twee soorten monomeren. Een gedeelte uit het midden van een molecuul Nafion® kan als volgt in structuurformule worden weergegeven:



In dit gedeelte wisselen beide monomeereenheden elkaar niet regelmatig af. De groepen die in bovenstaande structuurformule met $-SO_3H$ zijn aangeduid, worden sulfonzuurgroepen genoemd.

3p **18** Geef de structuurformules van de twee soorten monomeren waaruit het polymeer is gevormd. Geef de sulfonzuurgroepen met $-SO_3H$ weer.

Nafion® is een sterk hygroscopische stof. Dat wil zeggen dat het veel water kan opnemen. Deze eigenschap wordt veroorzaakt door de aanwezigheid van sulfonzuurgroepen in de moleculen.
Het zwavelatoom in de sulfonzuurgroep heeft covalentie 6. Dit betekent dat het zwavelatoom zes atoombindingen heeft met de omringende atomen. Eén van die bindingen is de binding met een koolstofatoom. De covalentie van de zuurstofatomen is 2 en de covalentie van het waterstofatoom is 1.

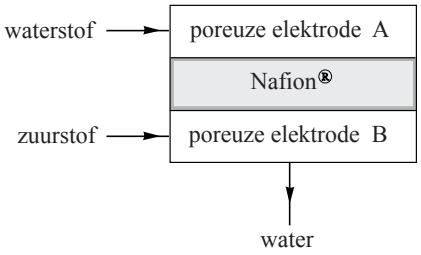
2p **19** Geef de sulfonzuurgroep in structuurformule weer.

2p **20** Leg uit hoe het komt dat sulfonzuurgroepen watermoleculen kunnen binden.

Het hygroscopische karakter van Nafion® is belangrijk bij de toepassing als membraan in een elektrochemische cel. Het membraan kan namelijk alleen elektrische stroom geleiden wanneer het voldoende water heeft opgenomen. Het Nafion® lost daarbij niet op in het water.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Onderstaande tekening is een schematische weergave van een brandstofcel met een membraan van Nafion®.



De brandstofcel bestaat uit twee poreuze elektroden A en B, beide gemaakt van grafiet. De elektroden zijn van elkaar gescheiden door een membraan van Nafion®. Door elektrode A stroomt waterstof en door elektrode B stroomt zuurstof. Wanneer beide elektroden door middel van een geleidende verbindingsdraad met elkaar worden verbonden, gaat er een elektrische stroom lopen. Bij de reacties die daarbij optreden, ontstaat alleen in elektrode B water. De stroomgeleiding via de verbindingsdraad geschiedt door middel van transport van elektronen. In het membraan geschiedt de stroomgeleiding door verplaatsing van een ander soort deeltjes.

2p **21** Leg uit in welke richting (van elektrode A naar elektrode B of omgekeerd) de elektronen zich bij stroomlevering door de verbindingsdraad bewegen.

3p **22** Leg uit welk soort deeltjes zich bij stroomlevering door het membraan verplaatst en in welke richting (van elektrode A naar elektrode B of omgekeerd) die deeltjes zich door het membraan bewegen.

In een brandstofcel wordt chemische energie omgezet in elektrische energie.

3p **23** Bereken hoeveel dm^3 waterstof (298 K, $p = p_0$) minstens nodig is om de brandstofcel $2{,}16 \cdot 10^5$ J elektrische energie te laten leveren.

Een belangrijke eigenschap van Nafion® is de zuurcapaciteit. Dit is het aantal millimol sulfonzuurgroepen in 1,00 g Nafion®. De zuurcapaciteit van Nafion® wordt in de fabriek door middel van een titratie bepaald en als een van de eigenschappen in de productspecificaties vermeld. Deze bepaling is nodig omdat niet precies bekend is in welke verhouding beide monomeereenheden in het polymeer voorkomen. Bij de bepaling van de zuurcapaciteit gaat men niet uit van Nafion® zelf, maar van het natriumzout van Nafion®. De reden hiervoor is dat dit natriumzout minder water bevat en beter te drogen is dan Nafion® zelf. In het natriumzout van Nafion® zijn alle $-SO_3H$ groepen vervangen door groepen die kunnen worden weergegeven met $-SO_3^-Na^+$. Het natriumzout van Nafion® is evenals Nafion® zelf onoplosbaar in water.

Let op: de laatste vragen van dit examen staan op de volgende pagina.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

De bepaling kan als volgt worden uitgevoerd.

1 Droog een hoeveelheid van het natriumzout van Nafion®.
2 Weeg een hoeveelheid van dit gedroogde natriumzout nauwkeurig af.
3 Breng het zout over in een erlenmeyer en voeg overmaat zoutzuur toe.
4 Filtreer en spoel het residu na met gedestilleerd water om de overmaat zoutzuur te verwijderen.
5 Breng het residu over in een erlenmeyer en voeg overmaat $NaCl$ oplossing toe.
6 Filtreer opnieuw en spoel het residu na.
7 Titreer het filtraat met natronloog.

In stap 3 van dit voorschrift worden alle $-SO_3^-Na^+$ groepen omgezet tot $-SO_3H$ groepen.
In stap 5 worden alle $-SO_3H$ groepen weer omgezet tot $-SO_3^-Na^+$ groepen. De H^+ ionen van de sulfonzuurgroepen komen in de oplossing terecht.
Bij een dergelijke bepaling werd 1,73 gram van het gedroogde natriumzout van Nafion® afgewogen. Voor de titratie was 14,4 mL 0,104 M natronloog nodig.
Met behulp van dit titratieresultaat kan het aantal mmol $-SO_3^-Na^+$ groepen in de onderzochte hoeveelheid van het natriumzout van Nafion® worden berekend en daarmee de zuurcapaciteit van het Nafion®. Bij deze berekening speelt ook het verschil in massa tussen de groep $-SO_3^-Na^+$ en de groep $-SO_3H$ een rol.

1p **24** Bereken met behulp van het titratieresultaat het aantal mmol $-SO_3^-Na^+$ groepen in 1,73 gram van het gedroogde natriumzout van Nafion®.

4p **25** Bereken de zuurcapaciteit van het Nafion® in mmol $-SO_3H$ groepen per 1,00 g Nafion®.

Bronvermelding

Een opsomming van de in dit examen gebruikte bronnen, zoals teksten en afbeeldingen, is te vinden in het bij dit examen behorende correctievoorschrift, dat na afloop van het examen wordt gepubliceerd.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Bijlage VWO
2008

tijdvak 1

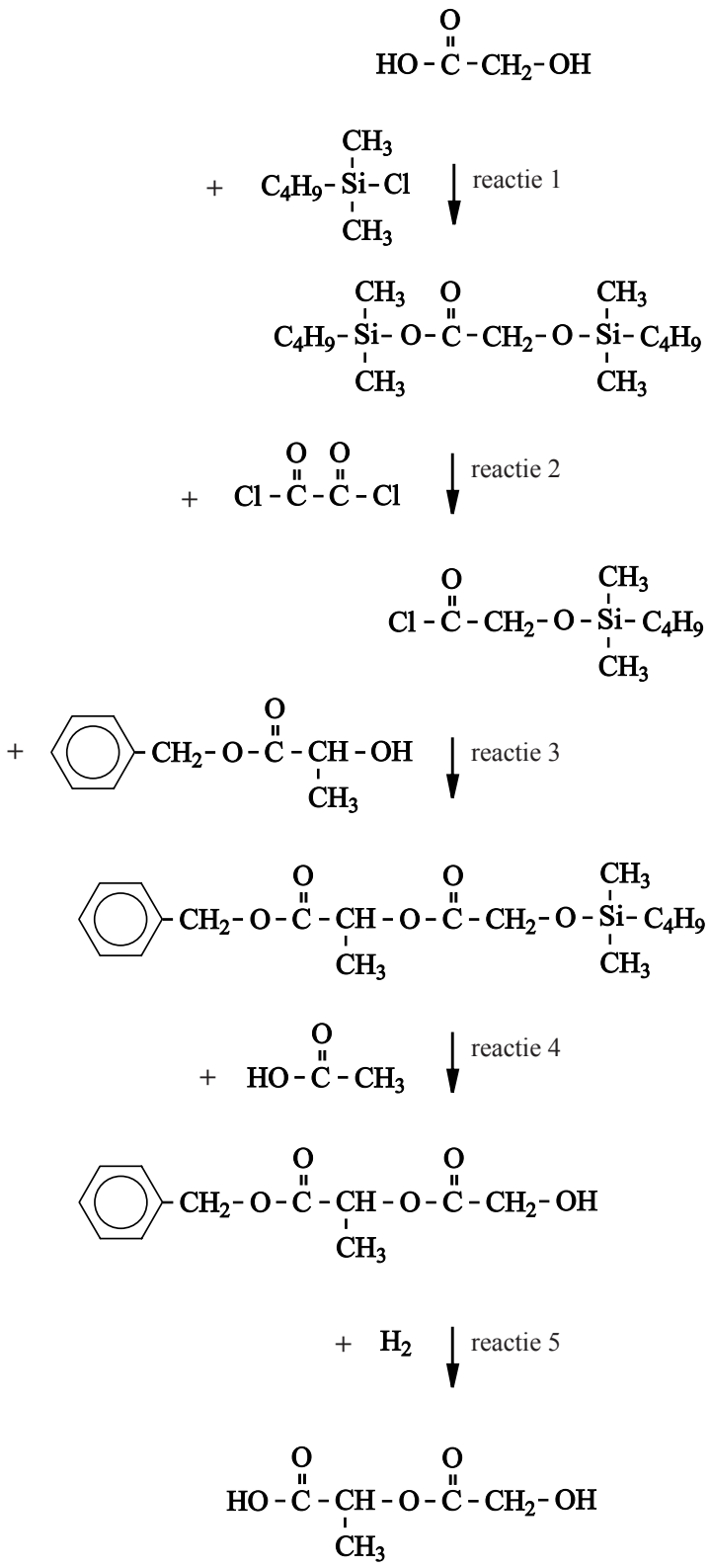
scheikunde 1,2

Informatieboekje

800025-1-025b

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

syntheseroute van stof A



Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Anammox

tekstfragment 1

In Delft loopt sinds 1985 een onderzoek om een meer economische en milieuvriendelijke verwerkingsmethode te vinden voor het industrieel afvalwater van Gist-Brocades.
Brocades-onderzoeker Arnold Mulder onderzocht de stikstofhuishouding van de bacteriën die – in een bioreactor binnen het laboratorium – in het Brocades afvalwater tot groei kwamen en ontdekte een eigenaardige reactie: de vorming van vrije stikstof (N_2) uit een oxidatie van ammonium zonder dat er zuurstof voorhanden was. Een anaërobe ammoniumoxidatie dus: ‘anammox’.
Rond 1900 waren de hoofdlijnen van de stikstofkringloop in kaart gebracht: er is de N_2 fixatie door planten waarbij stikstofverbindingen ontstaan. Er is de omzetting van stikstofverbindingen uit plantenresten tot ammonium (ammonificatie), er is de vorming van nitriet en nitraat uit dat ammonium (nitrificatie) en een soort omgekeerd proces: de vorming van vrij stikstof (N_2) uit nitraat en nitriet: denitrificatie. Maar op theoretische grond is met enige regelmaat aangevoerd dat er nog schakels ontbraken.
Het Kluyver Laboratorium kwam op zo’n schakel terecht. In de anammox-reactie van Brocades bleek het ammonium te worden geoxideerd in een reactie met nitriet (dat de rol van zuurstof in de gewone ademhaling overneemt). Met andere woorden: twee verschillende stikstofverbindingen reageren onder zuurstofloze omstandigheden met elkaar tot vrij stikstof (N_2). In de onderzoekspraktijk wordt het optreden van de anammox-reactie aangetoond door ammonium aan te bieden waarin de stikstofisotoop ^{14}N is vervangen door de zwaardere isotoop ^{15}N. Als in de proef vrij stikstof wordt opgevangen waarvan de moleculen ^{14}N en ^{15}N ruwweg in 50/50 verhouding bevatten dan is het bewijs rond.

naar: NRC Handelsblad

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

tekstfragment 2

Het SHARON-proces is bedoeld voor de behandeling van stikstofrijke afvalwaters. Het is bedoeld om stikstof te verminderen van bijvoorbeeld 1000 naar 100 mg L^{-1}, niet om volledige stikstofverwijdering te bekomen.
Het SHARON-proces stimuleert nitrificatie tot nitriet in plaats van tot nitraat. Dit betekent een besparing op de zuurstofbehoefte van 25%. Daarnaast vereist de denitrificatie van nitriet 40% minder koolstofbron dan de denitrificatie van nitraat.
De reacties die optreden zijn:

Klassieke nitrificatie: $NH_4^+ + 2\ O_2 \rightarrow NO_3^- + H_2O + 2\ H^+$

SHARON nitrificatie: $NH_4^+ + 1{,}5\ O_2 \rightarrow NO_2^- + H_2O + 2\ H^+$

(25% O_2 bespaard)

Klassieke denitrificatie: $6\ NO_3^- + 5\ CH_3OH \rightarrow 3\ N_2 + 6\ HCO_3^- + 7\ H_2$

SHARON denitrificatie: $6\ NO_2^- + 3\ CH_3OH \rightarrow 3\ N_2 + 6\ HCO_3^- + 3\ H_2$

(40% koolstofbron bespaard)

Het SHARON-systeem bestaat uit één reactor, waarin een beluchte en een anoxische[1)] fase (met toevoeging van BZV[2)]) voorzien worden. In de aërobe[3)] fase is een hoge zuurstofconcentratie vereist voor nitrificatieactiviteit. Nitrificatie is een verzurend proces en zodra een kritische pH-waarde wordt bereikt, dient de denitrificatie gestart te worden om de pH te corrigeren. Dit gebeurt door in de anoxische fase methanol toe te voegen. De pH kan eventueel ook nog gecorrigeerd worden door toevoeging van loog.

naar: http://www.emis.vito.be/wass/techniekbladen/techniekblad_W6.asp

noot 1 Met anoxisch wordt bedoeld: zonder zuurstof (O_2).

noot 2 BZV is de afkorting van Biologisch Zuurstof Verbruik; in dit geval wordt de toevoeging van methanol bedoeld.

noot 3 De aërobe fase is de beluchte fase.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

uitwerkbijlage

Naam kandidaat _____ Kandidaatnummer _____

11 en 12

N_2

NH_4^+

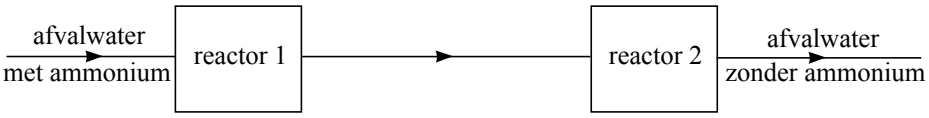
NO_2^-

$\uparrow\downarrow$

NO_3^-

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

16



VERGEET NIET DEZE UITWERKBIJLAGE IN TE LEVEREN

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Examen VWO

2008

tijdvak 2
woensdag 18 juni
13.30 - 16.30 uur

scheikunde 1

Bij dit examen hoort een uitwerkbijlage.

Dit examen bestaat uit 26 vragen.
Voor dit examen zijn maximaal 73 punten te behalen.
Voor elk vraagnummer staat hoeveel punten met een goed antwoord behaald kunnen worden.

Als bij een vraag een verklaring, uitleg, berekening of afleiding gevraagd wordt, worden aan het antwoord meestal geen punten toegekend als deze verklaring, uitleg, berekening of afleiding ontbreekt.

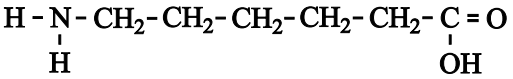
Geef niet meer antwoorden (redenen, voorbeelden e.d.) dan er worden gevraagd. Als er bijvoorbeeld twee redenen worden gevraagd en je geeft meer dan twee redenen, dan worden alleen de eerste twee in de beoordeling meegeteld.

800049-2-024o

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

De nylonbacterie

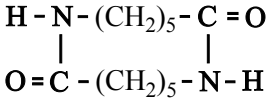
Nylon-6 is een condensatiepolymeer van 6-aminohexaanzuur. De structuurformule van 6-aminohexaanzuur is:



Het aantal monomeereenheden in een polymeermolecuul noemt men de ketenlengte. Een bepaalde soort nylon-6 heeft een gemiddelde molecuulmassa van $2{,}3 \cdot 10^4$ u.

3p **1** Bereken de gemiddelde ketenlengte van deze soort nylon-6.

Bij de productie van nylon-6 ontstaat een bijproduct dat met de volgende verkorte structuurformule kan worden weergegeven:



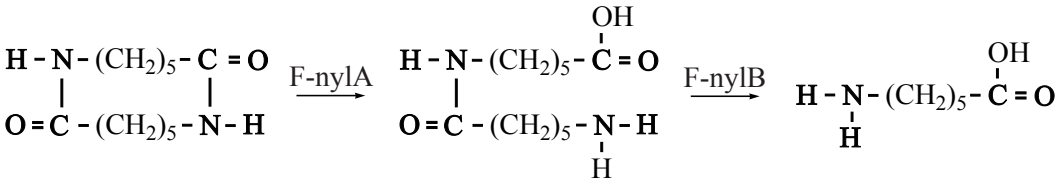
Tijdens de productie lost dit bijproduct op en komt in het afvalwater van de fabriek terecht. De oplosbaarheid in water van dit bijproduct moet worden verklaard uit het feit dat waterstofbruggen worden gevormd tussen watermoleculen en de moleculen van het bijproduct.
Op de uitwerkbijlage die bij dit examen hoort, is de niet-verkorte structuurformule van het bijproduct weergegeven.

2p **2** Teken op de uitwerkbijlage hoe twee watermoleculen aan het molecuul van het bijproduct zijn gebonden. Teken daarbij:
- de watermoleculen in structuurformule;
- de waterstofbruggen tussen de watermoleculen en het molecuul van het bijproduct met stippellijntjes.

In een nylon-6 fabriek in Japan werd het afvalwater dat tijdens de productie van nylon ontstond, verzameld in een bassin. Op een gegeven moment werd in dit afvalwater een bacterie ontdekt met een tot dan toe onbekende eigenschap. De bacterie kon zich in leven houden, en zich zelfs vermenigvuldigen, door de afbraak van het hierboven getekende bijproduct. Onderzoek toonde aan dat de bacterie beschikt over twee nieuwe enzymen die de afbraak van het bijproduct mogelijk maken. De twee enzymen hebben de namen F-nylA en F-nylB gekregen. De afbraak vindt plaats in twee stappen, waarbij uiteindelijk 6-aminohexaanzuur ontstaat.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Hieronder staat een schematisch overzicht van het afbraakproces dat door de twee enzymen wordt gekatalyseerd:



2p **3** Geef de reactievergelijking van de omzetting die door F-nylB wordt gekatalyseerd. Geef hierin de organische moleculen met de hierboven gebruikte verkorte schrijfwijze weer.

Het enzym F-nylB is 392 aminozuren lang. Het COOH uiteinde kan worden weergegeven als:

nummer aminozuur	390	391	392
3-lettercode aminozuur	~ Asp -	Ala -	Val

3p **4** Geef dit stukje van het enzym F-nylB in structuurformule weer.

Het enzym F-nylB is ontstaan door een mutatie in het DNA van de bacterie. De mutatie is een zogenoemde insertie: in een stukje DNA is een nieuwe base ingevoegd. Hierdoor is een triplet ontstaan dat codeert voor het aminozuur methionine en tevens fungeert als startcodon. Bij dit triplet begint daardoor de code voor het enzym van 392 aminozuren. Methionine is het eerste aminozuur van het enzym F-nylB.
Hieronder staat de basenvolgorde van een stukje van tien basen dat zich bevindt op de coderende streng van het DNA van de nog niet gemuteerde bacterie:

· · · C G A G A A C G C A · · ·

In dit stukje vindt de mutatie plaats.

3p **5** Leg mede met behulp van Binas-tabel 70E uit wat de volgorde is van de elf basen in het stukje DNA van de wél gemuteerde bacterie.

2p **6** Leg mede met behulp van Binas-tabel 70E uit wat het tweede aminozuur is in het enzym F-nylB.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Brons

Brons is een legering van koper en tin. Speelklokken in carillons worden van brons gegoten. De klank van zo'n klok hangt onder andere af van de samenstelling van het brons. Nadat de klok is gegoten, wordt hij gestemd. Dit gebeurt door aan de binnenkant van de klok wat brons weg te slijpen tot hij de juiste toonhoogte heeft. Het slijpsel dat daarbij ontstaat, wordt gebruikt om achteraf nog eens de samenstelling van het brons te bepalen.
Bij zo'n bepaling laat men het slijpsel reageren met warm geconcentreerd salpeterzuur. Het koper wordt dan omgezet tot Cu^{2+}; het tin wordt omgezet tot het zeer slecht oplosbare tinsteen (SnO_2). Deze reacties zijn redoxreacties.

3p **7** Geef de vergelijking van de halfreactie voor de omzetting van het tin. In deze vergelijking komen onder andere ook H^+ en H_2O voor.

2p **8** Geef de vergelijking van de halfreactie voor het salpeterzuur en leid met behulp van de vergelijkingen van beide halfreacties de totale reactievergelijking af van de reactie tussen tin en warm geconcentreerd salpeterzuur. Er ontstaat onder andere NO_2.

Na de reactie van het brons met het salpeterzuur, wordt het ontstane tinsteen door filtratie verwijderd en met koud water gespoeld. Het totale filtraat wordt kwantitatief overgebracht in een erlenmeyer. Vervolgens wordt de hoeveelheid Cu^{2+} bepaald. Daartoe wordt een overmaat van een oplossing van kaliumjodide toegevoegd. De volgende reactie treedt op:

$$2\ Cu^{2+} + 4\ I^- \rightarrow 2\ CuI + I_2$$

De hoeveelheid jood wordt nu bepaald door een titratie met een oplossing van natriumthiosulfaat ($Na_2S_2O_3$). Als indicator wordt zetmeel toegevoegd. De vergelijking van de reactie die tijdens de titratie plaatsvindt, is:

$$I_2 + 2\ S_2O_3^{2-} \rightarrow S_4O_6^{2-} + 2\ I^-$$

Bij een bepaling werd 150 mg slijpsel van een bronzen klok afgewogen.
Om alle gevormde jood te laten reageren, was 18,3 mL 0,101 M natriumthiosulfaatoplossing nodig.

4p **9** Bereken het massapercentage koper in het brons van de klok.

De klank van oude klokken is vaak heel mooi. Men vermoedt dat deze mooie klank wordt veroorzaakt doordat in het brons van de klok, behalve koper en tin, ook nog lood aanwezig is.
In een klas wordt besproken of de hiervoor beschreven werkwijze om het massapercentage koper in brons te bepalen, ook toegepast kan worden als het brons lood bevat. Een leerling denkt dat de aanwezigheid van lood in het brons geen probleem is. Hij neemt aan dat lood bij de reactie met salpeterzuur wordt omgezet tot PbO_2. Om zijn veronderstelling te verduidelijken, wijst hij op Binas-tabel 99.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

2p **10** Geef een argument dat de leerling kan hebben gebruikt om, met behulp van Binas-tabel 99, uit te leggen dat lood wordt omgezet tot PbO_2.

De leraar zegt dat de leerling een redelijke veronderstelling heeft gedaan, maar dat lood in salpeterzuur wordt omgezet tot Pb^{2+}. Een verdere omzetting van Pb^{2+} tot PbO_2 vindt niet plaats.
Een andere leerling merkt op dat bij de bepaling nu ook Pb^{2+} met I^- zal gaan reageren en dat daardoor de bepaling een onjuiste uitkomst krijgt.

2p **11** Geef de vergelijking van de reactie tussen Pb^{2+} en I^-.

2p **12** Leg uit of de leerling gelijk heeft met zijn uitspraak dat de uitkomst van de bepaling onjuist wordt.

Tenslotte moeten de leerlingen een werkwijze bedenken om aan te tonen dat het brons van een oude kerkklok lood bevat.

3p **13** Beschrijf een werkwijze waarmee wordt aangetoond dat het brons van een oude kerkklok lood bevat. Geef in je beschrijving
- een globale aanduiding van de werkwijze;
- de naam (namen) van de te gebruiken stof(fen) of oplossing(en);
- de waarneming waaruit blijkt dat inderdaad lood in het brons aanwezig is.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Waterstof op aanvraag

Waterstof wordt voor de toekomst gezien als een belangrijke energieleverancier. Vaak wordt die energie met behulp van een brandstofcel geleverd.

4p **14** Maak een schets van zo'n brandstofcel. Benoem de onderdelen van de cel. Geef in je tekening ook aan van welk(e) materia(a)l(en) de elektroden zijn gemaakt en wat tijdens de stroomlevering de positieve en de negatieve elektrode is.

Sinds 1998 wordt in auto's geëxperimenteerd met een brandstofcel, waarin de waterstof wordt geleverd door een oplossing van natriumboorhydride ($NaBH_4$): het 'waterstof op aanvraag' systeem. Het natriumboorhydride kan worden gemaakt uit borax ($Na_2B_4O_7.10H_2O$), een mineraal dat op vrij grote schaal in de natuur voorkomt. In de eerste stap van deze bereiding wordt $Na_2B_4O_7$ omgezet tot H_3BO_3. Via een aantal hierop volgende stappen wordt H_3BO_3 omgezet tot $NaBH_4$.
Om de omzetting van $Na_2B_4O_7$ tot H_3BO_3 te laten verlopen, wordt aan borax een oplossing van een sterk zuur toegevoegd, bijvoorbeeld verdund zwavelzuur met pH = – 0,15. Hierbij lost de $Na_2B_4O_7$ op. De $B_4O_7^{2-}$ ionen reageren vervolgens met de zure oplossing. Bij deze reactie wordt uitsluitend H_3BO_3 gevormd.

3p **15** Geef de vergelijking van de reactie waarin $B_4O_7^{2-}$ met de zure oplossing wordt omgezet tot H_3BO_3.

4p **16** Bereken, mede met behulp van de K_z van HSO_4^-, de molariteit van het zwavelzuur in verdund zwavelzuur met pH = – 0,15.

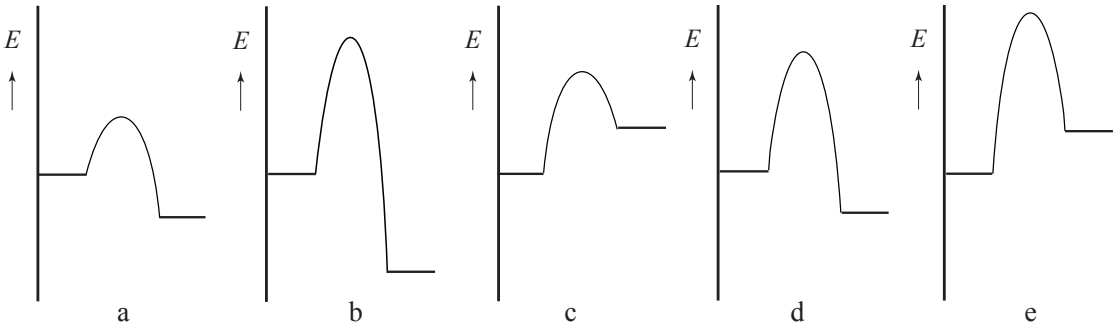
Een oplossing van natriumboorhydride is stabiel. Wanneer een oplossing van natriumboorhydride met een bepaalde vaste katalysator in contact wordt gebracht, verloopt de volgende reactie:

$$BH_4^-(aq) + 2\ H_2O(l) \rightarrow BO_2^-(aq) + 4\ H_2(g) \qquad \text{(reactie 1)}$$

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Reactie 1 is exotherm. Hieronder staan vijf energiediagrammen (a, b, c, d en e). In deze diagrammen behoort het linker niveau tot de deeltjes die reageren en het rechter niveau tot de deeltjes die ontstaan. Eén van de diagrammen geeft het verloop van reactie 1 zonder katalysator weer en één van de andere diagrammen geeft het verloop van reactie 1 met katalysator weer. In alle diagrammen heeft de verticale as dezelfde schaal.

Energiediagrammen



3p **17** Welk van bovenstaande diagrammen geeft het verloop van reactie 1 zonder katalysator weer en welk van de diagrammen geeft het verloop van reactie 1 met katalysator weer? Licht je antwoord toe.

Een auto die rijdt op het ‘waterstof op aanvraag’ systeem tankt dus geen benzine, maar een oplossing van $NaBH_4$. Van een bepaald type auto die wordt aangedreven door een waterstof brandstofcel, is gegeven dat hij op 1,0 kg waterstof 70 km kan rijden. Wanneer de waterstof wordt geproduceerd via reactie 1 uit een $NaBH_4$ oplossing, is uit te rekenen hoeveel km zo’n auto per 1,0 liter $NaBH_4$ oplossing kan rijden.

5p **18** Geef deze berekening. Gebruik daarbij de volgende gegevens:
- de $NaBH_4$ oplossing bevat 20,0 massaprocent $NaBH_4$;
- de dichtheid van de oplossing bedraagt $1{,}03 \cdot 10^3$ kg m^{-3};
- alle $NaBH_4$ wordt omgezet.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Weekmaker

Sommige plastics zoals PVC (polychlooretheen) zijn stijve en stugge materialen. Om ze soepel te maken, wordt vaak gebruik gemaakt van zogenoemde weekmakers.
In een tijdschrift stond een artikel over weekmakers. In het volgende tekstfragment staat een deel van dit artikel. Weekmakers zijn bij kamertemperatuur vloeistoffen.

tekstfragment

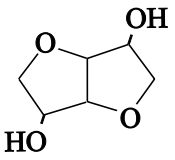
Weekmakers worden aan polymeren toegevoegd om een meer flexibel eindproduct te krijgen of om een specifieke verwerkingsmethode mogelijk te maken. Weekmakers ontlenen hun werking aan het feit dat ze de interacties tussen de polymeerketens verzwakken, waardoor een materiaal minder stijf wordt. Hoe meer een weekmaker in staat is om zich tussen de polymeerketens door te bewegen, hoe efficiënter de weekmaker is. Een hoge mate van beweeglijkheid leidt echter ook tot een grotere kans dat de weekmaker uit het polymeer migreert naar de omgeving. De migratie van weekmakers naar het milieu kan aanleiding geven tot allerhande ongewenste (eco)toxicologische effecten.

naar: "Kunststof en Rubber", K. Molenveld, WUR, Wageningen

Met "interacties tussen de polymeerketens" wordt een bepaald type binding bedoeld.
Plastics worden vaak ingedeeld in thermoplasten en thermoharders.

3p **19** Leg uit dat het gebruik van een weekmaker zinvol is bij een thermoplast en niet bij een thermoharder. Betrek in je uitleg de soort(en) binding die in thermoplasten en thermoharders voorkomt (voorkomen).

Vanwege de mogelijke bezwaren van het gebruikelijke type weekmakers wordt op een instituut in Wageningen onderzocht of weekmakers zijn te ontwikkelen die vriendelijker zijn voor mens en milieu. Daarbij heeft men gevonden dat de stof isosorbide een geschikte stof is om weekmakers te synthetiseren die aan de gestelde voorwaarden voldoen.
De structuurformule van isosorbide kan als volgt worden weergegeven:

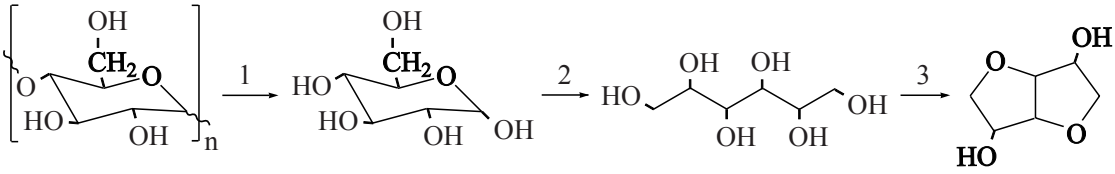


Een voorbeeld van zo'n nieuw type weekmaker is de di-ester van isosorbide en 2-ethylhexaanzuur.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

5p **20** Geef de reactievergelijking voor het ontstaan van deze weekmaker. Gebruik daarin structuurformules voor de organische verbindingen. Voor isosorbide mag de structuurformule worden gebruikt die op de vorige pagina is weergegeven.

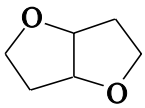
Als grondstof voor de bereiding van isosorbide wordt zetmeel gebruikt. Bij deze bereiding spelen drie omzettingen een rol. Hieronder zijn deze omzettingen schematisch weergegeven.

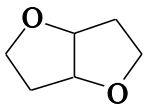


Voor omzetting 1 is behalve zetmeel nog een stof X nodig. Voor omzetting 2 is behalve glucose nog een stof Y nodig.

2p **21** Geef de namen van de stoffen X en Y. Noteer je antwoord als volgt:
stof X is: …
stof Y is: …

De omzetting van sorbitol tot isosorbide verloopt in een aantal stappen.
Bij het onderzoek in Wageningen bleek dat het handig is om het isosorbide niet eerst te isoleren tijdens de bereiding van de weekmaker. Eén van de onderzoekers heeft een reactieschema en aanvullende gegevens verstrekt over de wijze waarop de productie van de weekmaker vanuit sorbitol verloopt. Deze informatie is te vinden op pagina 11.

In het reactieschema zijn sommige structuurformules ruimtelijk getekend. In deze structuren komen de bindingen die zijn getekend met ► uit het vlak van tekening naar voren en de bindingen die zijn getekend met ··· liggen achter het vlak van tekening. Door de formules op deze manier weer te geven, wordt onder andere duidelijk dat 1,4-sorbitan en 3,6-sorbitan stereo-isomeren zijn. Maar de gegeven schematische weergave van het molecuul isosorbide kan een misverstand oproepen. Door het molecuul zo weer te geven, lijkt het alsof het gedeelte  vlak is. Dat geldt wel bij benadering voor elk van beide vijfringen afzonderlijk, maar de hoek tussen de vlakken van beide vijfringen is niet gelijk aan 180°. Beide vijfringen liggen dus niet in één plat vlak.

2p **22** Leg uit dat de hoek tussen de vlakken van beide vijfringen in het gedeelte  van het isosorbidemolecuul niet gelijk is aan 180°.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl. Pagina: 656

Bij de vorming van 1,4-, 2,5-, en 3,6-sorbitan vindt dehydratatie plaats. De getallen in de voorvoegsels van de namen van deze stoffen geven de nummers aan van de C atomen van het sorbitolmolecuul waarvan de OH groepen met elkaar hebben gereageerd.
Met behulp van deze gegevens en de informatie uit de voetnoot op pagina 11 kan de structuurformule van 2,5-sorbitan worden afgeleid.

3p **23** Geef de structuurformule van 2,5-sorbitan. Teken hierin alle C, H en O atomen.

2p **24** Leg uit waarom de genoemde verschillen in reactiesnelheid (zie regels 4 tot en met 8) maken dat een goede selectiviteit wordt bereikt bij de beschreven bereiding van de weekmaker. Betrek in je uitleg één of meer gegevens uit het reactieschema.

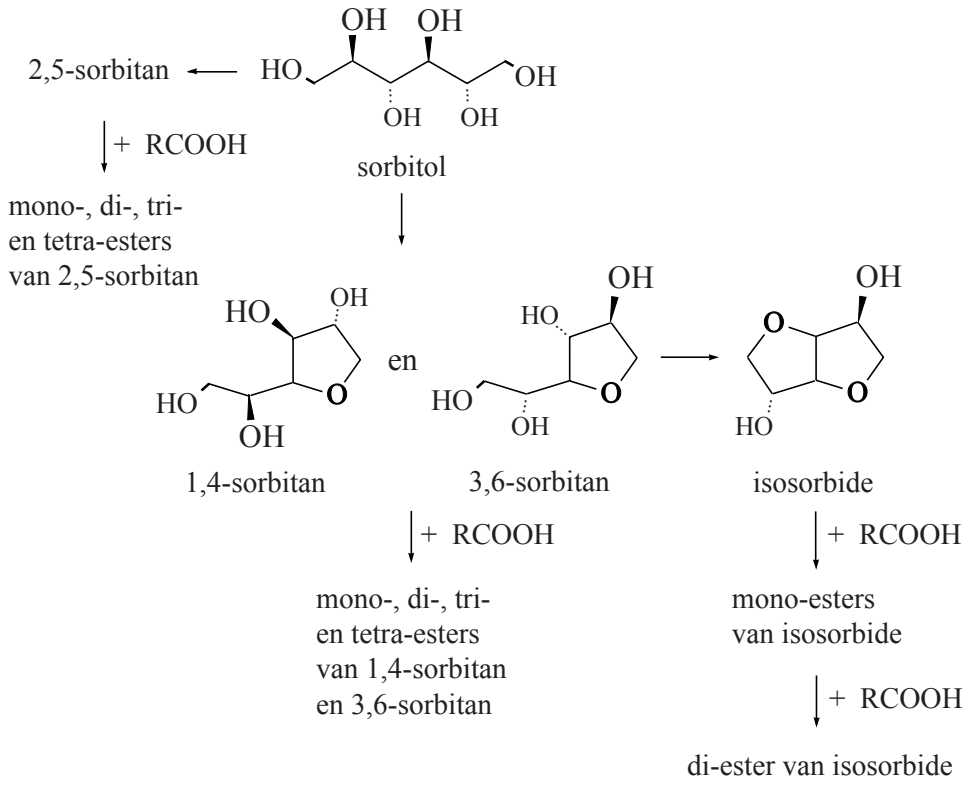
1p **25** Leg uit waarom starten met relatief weinig alkaanzuur bij de beschreven bereiding van de weekmaker de selectiviteit verhoogt (zie regel 15).

Weekmakers zoals de di-esters van isosorbide hebben een molaire massa van ongeveer 400 g mol^{-1}. PVC moleculen kunnen soms wel uit 1500 monomeereenheden bestaan (de zogenoemde ketenlengte). Zacht PVC kan wel 50 massaprocent weekmaker bevatten. In dit materiaal is dan per molecuul PVC een groot aantal moleculen weekmaker aanwezig.

3p **26** Bereken hoeveel moleculen weekmaker gemiddeld aanwezig zijn per molecuul PVC met een gemiddelde ketenlengte van 1000. Ga uit van de volgende gegevens:
- het materiaal bevat 50 massaprocent weekmaker;
- de molaire massa van de weekmaker is 400 g mol^{-1}.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

reactieschema en toelichting



Bij de omzetting van sorbitol naar isosorbide wordt 5% 2,5-sorbitan gevormd (een ongewenst bijproduct).
In onze productie van weekmaker mengen we sorbitol en het alkaanzuur waarmee we veresteren en we gebruiken een vaste katalysator. De omzetting van sorbitol verloopt zeer snel (binnen 15 minuten geen sorbitol meer aan te tonen) en ook de omzetting naar isosorbide is snel (binnen 30-45 minuten geen sorbitanen meer aanwezig).
De verestering is veel trager en daarom kunnen we een goede selectiviteit halen: meer dan 90% isosorbide di-ester.
Ook het type alkaanzuur speelt een rol. Een belangrijk zuur voor ons is 2-ethylhexaanzuur. Dit vertakte zuur reageert relatief traag en dat is gunstig voor de selectiviteit.
Maatregelen die we (kunnen) nemen om de selectiviteit te verhogen zijn:

1 In eerste instantie een hoge temperatuur (minimaal 140 °C). Bij lagere begintemperaturen wordt de dehydratatie[1] reactie langzamer.
2 De reactie starten met relatief weinig alkaanzuur (heel logisch).

Persoonlijke informatie door K. Molenveld, WUR, Wageningen

noot 1 Onder dehydratatie wordt een reactie verstaan waarbij water wordt afgesplitst. In dit geval reageren twee OH groepen in hetzelfde molecuul met elkaar. Hierbij wordt tevens een cyclische ether gevormd.

Bronvermelding

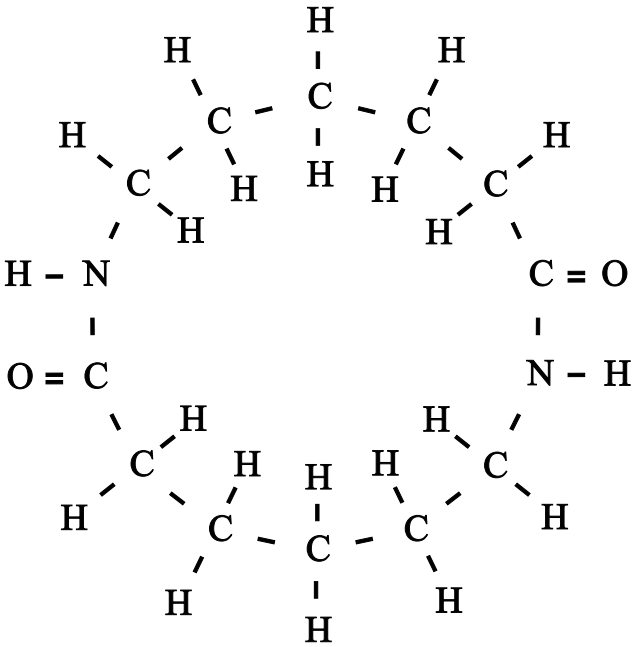
Een opsomming van de in dit examen gebruikte bronnen, zoals teksten en afbeeldingen, is te vinden in het bij dit examen behorende correctievoorschrift, dat na afloop van het examen wordt gepubliceerd.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

uitwerkbijlage

Naam kandidaat _____ Kandidaatnummer _____

2



VERGEET NIET DEZE UITWERKBIJLAGE IN TE LEVEREN

800049-2-024u*

einde ■

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Examen VWO

2008

tijdvak 2
woensdag 18 juni
13.30 - 16.30 uur

scheikunde 1,2

Bij dit examen hoort een uitwerkbijlage.

Dit examen bestaat uit 25 vragen.
Voor dit examen zijn maximaal 72 punten te behalen.
Voor elk vraagnummer staat hoeveel punten met een goed antwoord behaald kunnen worden.

Als bij een vraag een verklaring, uitleg, berekening of afleiding gevraagd wordt, worden aan het antwoord meestal geen punten toegekend als deze verklaring, uitleg, berekening of afleiding ontbreekt.

Geef niet meer antwoorden (redenen, voorbeelden e.d.) dan er worden gevraagd. Als er bijvoorbeeld twee redenen worden gevraagd en je geeft meer dan twee redenen, dan worden alleen de eerste twee in de beoordeling meegeteld.

800049-2-025o

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Brons

Brons is een legering van koper en tin. Speelklokken in carillons worden van brons gegoten. De klank van zo'n klok hangt onder andere af van de samenstelling van het brons. Nadat de klok is gegoten, wordt hij gestemd. Dit gebeurt door aan de binnenkant van de klok wat brons weg te slijpen tot hij de juiste toonhoogte heeft. Het slijpsel dat daarbij ontstaat, wordt gebruikt om achteraf nog eens de samenstelling van het brons te bepalen.
Bij zo'n bepaling laat men het slijpsel reageren met warm geconcentreerd salpeterzuur. Het koper wordt dan omgezet tot Cu^{2+}; het tin wordt omgezet tot het zeer slecht oplosbare tinsteen (SnO_2). Het tinsteen wordt door filtratie verwijderd en met koud water gespoeld. Het totale filtraat wordt kwantitatief overgebracht in een erlenmeyer. Vervolgens wordt de hoeveelheid Cu^{2+} bepaald. Daartoe wordt een overmaat van een oplossing van kaliumjodide toegevoegd. De volgende reactie treedt op:

$$2\ Cu^{2+} + 4\ I^- \rightarrow 2\ CuI + I_2$$

De hoeveelheid jood wordt nu bepaald door een titratie met een oplossing van natriumthiosulfaat ($Na_2S_2O_3$). Als indicator wordt zetmeel toegevoegd. De vergelijking van de reactie die tijdens de titratie plaatsvindt, is:

$$I_2 + 2\ S_2O_3^{2-} \rightarrow S_4O_6^{2-} + 2\ I^-$$

Bij een bepaling werd 150 mg slijpsel van een bronzen klok afgewogen.
Om alle gevormde jood te laten reageren, was 18,3 mL 0,101 M natriumthiosulfaatoplossing nodig.

4p **1** Bereken het massapercentage koper in het brons van de klok.

De klank van oude klokken is vaak heel mooi. Men vermoedt dat deze mooie klank wordt veroorzaakt doordat in het brons van de klok, behalve koper en tin, ook nog lood aanwezig is.
In een klas wordt besproken of de hiervoor beschreven werkwijze om het massapercentage koper in brons te bepalen, ook kan worden toegepast als het brons lood bevat. Een leerling denkt dat de aanwezigheid van lood in het brons geen probleem is. Hij neemt aan dat lood bij de reactie met salpeterzuur wordt omgezet tot PbO_2. Om zijn veronderstelling te verduidelijken, wijst hij op Binas-tabel 99.

2p **2** Geef een argument dat de leerling kan hebben gebruikt om, met behulp van Binas-tabel 99, uit te leggen dat lood wordt omgezet tot PbO_2.

De leraar zegt dat de leerling een redelijke veronderstelling heeft gedaan, maar dat lood in salpeterzuur wordt omgezet tot Pb^{2+}. Een verdere omzetting van Pb^{2+} tot PbO_2 vindt niet plaats. In Binas-tabel 48 zijn daarover gegevens te vinden.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

2p **3** Leg met behulp van gegevens uit Binas-tabel 48 uit dat lood in salpeterzuur wordt omgezet tot Pb^{2+} en dat het gevormde Pb^{2+} daarna niet verder wordt omgezet tot PbO_2. Neem aan dat bij de omstandigheden waarbij de bepaling wordt uitgevoerd Binas-tabel 48 gebruikt mag worden.

Een andere leerling merkt op dat bij de bepaling nu ook Pb^{2+} met I^- zal gaan reageren en dat daardoor de bepaling een onjuiste uitkomst krijgt.

2p **4** Geef de vergelijking van de reactie tussen Pb^{2+} en I^-.

2p **5** Leg uit of de leerling gelijk heeft met zijn uitspraak dat de uitkomst van de bepaling onjuist wordt.

Tenslotte moeten de leerlingen een werkwijze bedenken om aan te tonen dat het brons van een oude kerkklok lood bevat.

3p **6** Beschrijf een werkwijze waarmee wordt aangetoond dat het brons van een oude kerkklok lood bevat. Geef in je beschrijving
- een globale aanduiding van de werkwijze;
- de naam (namen) van de te gebruiken stof(fen) of oplossing(en);
- de waarneming waaruit blijkt dat inderdaad lood in het brons aanwezig is.

Ammoniak

Ammoniak wordt bereid uit een mengsel van stikstof en waterstof in de molverhouding $N_2 : H_2$ = 1 : 3. Dit gasmengsel, ook wel synthesegas genoemd, wordt in de ammoniakfabriek gemaakt uit aardgas, water en lucht. Op de volgende pagina's staat een beschrijving met bijbehorend blokschema van een productieproces van ammoniak. De beschrijving en het blokschema zijn ontleend aan een brochure van DSM.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

brochure

In de nieuwe ammoniakfabriek 3 - kortweg AFA 3 genaamd - wordt uit de grondstoffen aardgas, water en lucht ammoniak gemaakt. Uit deze grondstoffen wordt een gasmengsel gesynthetiseerd dat bestaat uit stikstof en waterstof in de verhouding 1 : 3. Uit dit gasmengsel, synthesegas genaamd, wordt ammoniak gemaakt.
Het productieproces van ammoniak kan in de volgende zeven stappen worden onderverdeeld:

- **Stap 1** Kraken van aardgas met stoom
- **Stap 2** Verwijdering van koolstofmonooxide
- **Stap 3** Verwijdering van koolstofdioxide
- **Stap 4** Nareiniging van het synthesegas
- **Stap 5** Drukverhoging van het synthesegas
- **Stap 6** Vorming van ammoniak
- **Stap 7** Winning van ammoniak

Stap 1
Aardgas (dat voor ongeveer 88% uit methaan bestaat) en stoom worden in een kraakoven omgezet in waterstof, koolstofmonooxide en koolstofdioxide. Vervolgens wordt lucht aan het gasmengsel toegevoerd in de zogenoemde naverbrander om de benodigde stikstof in te brengen en de resterende methaan te kraken. Het ruwe gasmengsel dat de naverbrander verlaat, bestaat uit waterstof, stikstof, koolstofmonooxide, koolstofdioxide en stoom.

Stap 2
De koolstofmonooxide in het ruwe gasmengsel wordt met stoom en onder invloed van een katalysator omgezet in koolstofdioxide.

Stap 3
In een waskolom worden koolstofdioxide en water uit het gasmengsel verwijderd met behulp van een wasvloeistof. De wasvloeistof wordt vervolgens in druk verlaagd, waarbij de opgenomen koolstofdioxide weer vrijkomt. De wasvloeistof wordt daarna door een zogeheten stripper gevoerd, waar de laatste resten koolstofdioxide eruit worden verwijderd. De vloeistof wordt vervolgens teruggepompt naar de waskolom.

Stap 4
Na stap 3 noemt men het verkregen gas synthesegas. Dit gas bevat nog resten koolstofmonooxide en koolstofdioxide. Om die resten te verwijderen, wordt het gasmengsel over een zogenoemde methaniseringsinstallatie geleid, waarbij de gassen samen met een klein gedeelte van de aanwezige waterstof reageren tot methaan en waterdamp.

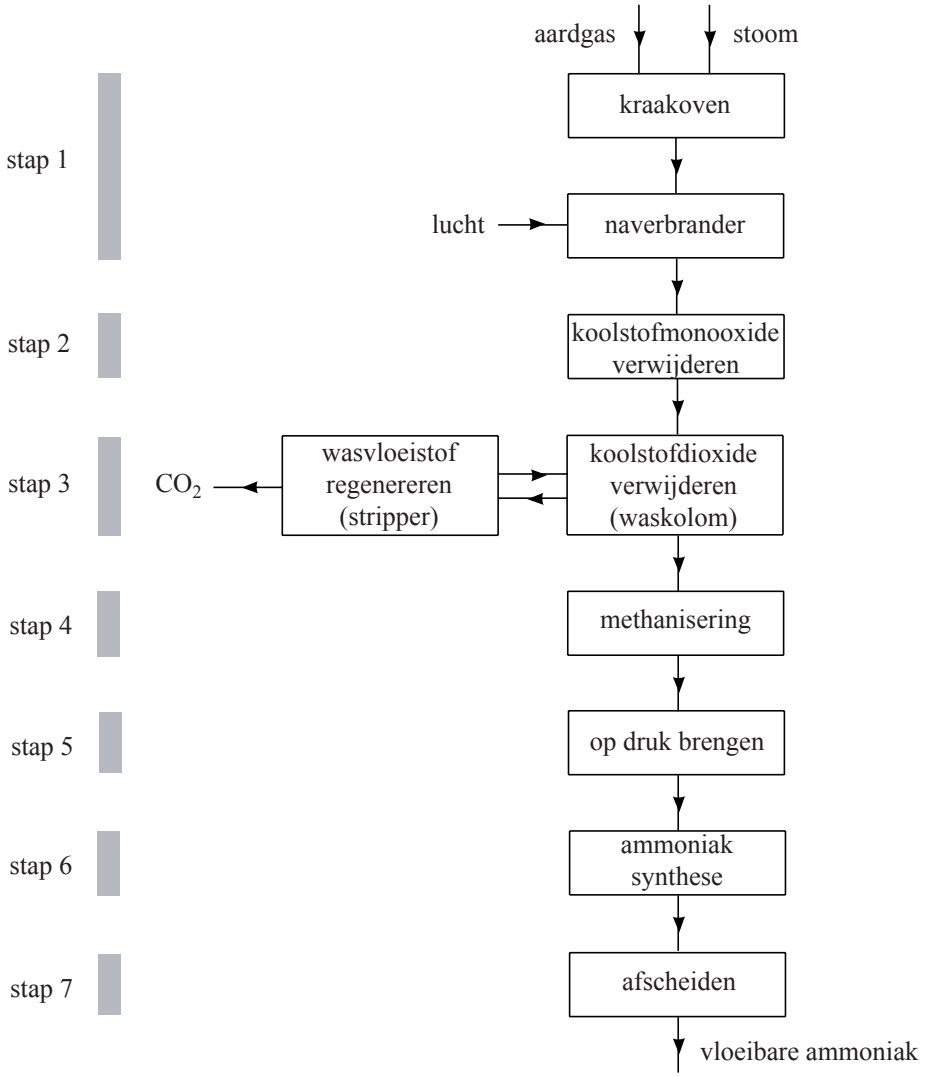
Stap 5
Het synthesegas afkomstig uit stap 4 wordt op de gewenste druk van 210 bar gebracht.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Stap 6
Het hogedruk mengsel van waterstof en stikstof wordt toegevoerd aan de synthesereactor waarin het reageert tot gasvormige ammoniak. Ook deze reactie vindt plaats onder invloed van een katalysator.

Stap 7
Het is onmogelijk alle waterstof en stikstof in één keer om te zetten in ammoniak. Daarom bevat de gasstroom uit de reactor behalve ammoniak ook nog waterstof en stikstof. Door het afkoelen van de gasstroom tot – 23 graden Celsius wordt de gevormde ammoniak vloeibaar en kan uit de gasstroom worden afgescheiden. Het resterende waterstof/stikstof-mengsel wordt teruggevoerd naar de synthesereactor.

blokschema



Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

In de kraakoven vinden twee reacties plaats:

$CH_4 + H_2O \rightarrow CO + 3\ H_2$ (reactie 1)
$CO + H_2O \rightarrow CO_2 + H_2$ (reactie 2)

Beide reacties treden niet volledig op.
De temperatuur in de kraakoven is ongeveer 800 °C.
Het warmte-effect van reactie 1 is tegengesteld aan het warmte-effect van reactie 2. Daarom is het op voorhand niet te voorspellen of de kraakoven moet worden verhit of gekoeld om deze op een constante temperatuur te houden.

3p **7** Bereken de reactiewarmte van reactie 1 en de reactiewarmte van reactie 2 in J per mol H_2O.

2p **8** Ga aan de hand van de berekende reactiewarmtes van reactie 1 en reactie 2 na of de kraakoven moet worden verhit of gekoeld om deze op een constante temperatuur te houden.

Als wasvloeistof voor het verwijderen van koolstofdioxide in stap 3 wordt vaak een oplossing van kaliumcarbonaat gebruikt. Het koolstofdioxide reageert in deze oplossing.

3p **9** Geef de vergelijking van de reactie waarmee koolstofdioxide uit het gasmengsel wordt verwijderd.

De beschrijving van stap 3 is niet volledig. Na verwijdering van de koolstofdioxide kan de overgebleven vloeistof niet zonder meer worden teruggepompt naar de waskolom.

2p **10** Leg uit dat na verwijdering van de koolstofdioxide de overgebleven vloeistof niet zonder meer kan worden teruggepompt naar de waskolom.

Het blokschema is niet helemaal in overeenstemming met de tekst van de brochure.
Na stap 4 moet bijvoorbeeld nog wat gebeuren voordat stap 5 kan plaatsvinden.
Ook is bij stap 7 het schema niet volledig.
Op de uitwerkbijlage is het schema nogmaals opgenomen. De uitgaande pijl uit het blok methanisering is hierin naar rechts getekend.

4p **11** Completeer het blokschema op de uitwerkbijlage zo, dat het in overeenstemming is met de tekst van de brochure.
- Teken daartoe extra stofstromen en één of meer extra blokken.
- Zet de formules van de stoffen bij de stofstroom uit het blok methanisering en bij de zelfgetekende stofstromen.
- Geef aan wat in het (de) zelfgetekende blok(ken) gebeurt.
- Houd rekening met hergebruik van stoffen.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Het is voor de fabriek van belang te weten hoeveel aardgas, stoom en lucht voor het proces nodig zijn. Om dit te berekenen, kan de vorming van het synthesegas uit methaan, stoom en lucht in een totaalvergelijking worden weergegeven. Zo'n vergelijking ziet er als volgt uit:

$$a \text{ mol lucht} + b \text{ mol } H_2O + c \text{ mol } CH_4 \rightarrow c \text{ mol } CO_2 + 1 \text{ mol } N_2 + 3 \text{ mol } H_2$$

5p **12** Bereken a, b en c. Ga ervan uit dat een mol lucht bestaat uit 0,79 mol N_2 en 0,21 mol O_2. Geef de uitkomsten in twee decimalen.

Waterstof op aanvraag

Sinds 1998 wordt in auto's geëxperimenteerd met een brandstofcel, waarin de brandstof (waterstof) wordt geleverd door een oplossing van natriumboorhydride ($NaBH_4$): het 'waterstof op aanvraag' systeem. Het natriumboorhydride kan worden gemaakt uit borax ($Na_2B_4O_7.10H_2O$), een mineraal dat op vrij grote schaal in de natuur voorkomt. In de eerste stap van deze bereiding wordt $Na_2B_4O_7$ omgezet tot H_3BO_3. Via een aantal hierop volgende stappen wordt H_3BO_3 omgezet tot $NaBH_4$.
Om de omzetting van $Na_2B_4O_7$ tot H_3BO_3 te laten verlopen, wordt aan borax een oplossing van een sterk zuur toegevoegd, bijvoorbeeld verdund zwavelzuur met pH = – 0,15. Hierbij lost de $Na_2B_4O_7$ op. De $B_4O_7^{2-}$ ionen reageren vervolgens met de zure oplossing. Bij deze reactie wordt uitsluitend H_3BO_3 gevormd.

3p **13** Geef de vergelijking van de reactie waarin $B_4O_7^{2-}$ met de zure oplossing wordt omgezet tot H_3BO_3.

In verdund zwavelzuur met pH = – 0,15 mag het H_2SO_4 worden beschouwd als een eenwaardig zuur (een zuur dat per molecuul één H^+ ion afstaat). Van het aantal HSO_4^- ionen is in deze oplossing namelijk een heel klein percentage omgezet tot SO_4^{2-} ionen.

3p **14** Bereken hoeveel procent van de HSO_4^- ionen in deze oplossing is omgezet tot SO_4^{2-} ionen.

Een oplossing van natriumboorhydride is stabiel. Wanneer een oplossing van natriumboorhydride met een bepaalde vaste katalysator in contact wordt gebracht, verloopt de volgende reactie:

$$BH_4^-(aq) + 2\ H_2O(l) \rightarrow BO_2^-(aq) + 4\ H_2(g) \qquad \text{(reactie 1)}$$

Reactie 1 is een redoxreactie.

3p **15** Geef de vergelijking van de halfreactie van BH_4^-. Hierin komen uitsluitend BH_4^-, BO_2^-, H_2O, OH^- en e^- voor.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

In een artikel over dit ‘waterstof op aanvraag’ systeem komt het volgende tekstfragment voor:

tekstfragment

> Opgelost in water kan de brandstof gemakkelijk en vooral veilig worden meegenomen in een auto; de tank hoeft niet onder druk te staan en uitgebreide veiligheidsmaatregelen zijn niet nodig. De waterstof komt pas vrij als men de oplossing met behulp van een pomp langs een platina-katalysator laat stromen, op het moment dat men het nodig heeft. Er bevindt zich nooit meer dan 2,5 gram waterstof in de brandstofleidingen, equivalent aan één glaasje benzine. Dit minimaliseert het brandgevaar.
>
> *naar: Chemisch2Weekblad*

3p **16** Ga door middel van een berekening na hoeveel mL benzine het bedoelde glaasje bevat, waarover in het tekstfragment wordt geschreven.
- Met equivalent wordt hier bedoeld: evenveel energie leverend.
- Ga ervan uit dat in de brandstofleidingen de temperatuur 273 K is en dat $p = p_0$.
- Gebruik bij de berekening onder andere gegevens uit Binas-tabel 28A en neem aan dat de gegevens uit deze tabel met betrekking tot benzine ook gelden bij 273 K.

Tijdens de ontwikkeling van het ‘waterstof op aanvraag’ systeem heeft men een aantal factoren onderzocht die van invloed zijn op de hoeveelheid waterstof die per seconde kan worden geproduceerd. Eén van die factoren is de snelheid waarmee de $NaBH_4$ oplossing langs de platina-katalysator wordt gepompt.

3p **17** Welke drie factoren, die van invloed zijn op de waterstofproductie, zal men ook hebben onderzocht?

Een auto die rijdt op het ‘waterstof op aanvraag’ systeem tankt dus geen benzine, maar een oplossing van $NaBH_4$. Van een bepaald type auto die wordt aangedreven door een waterstof brandstofcel, is gegeven dat hij op 1,0 kg waterstof 70 km kan rijden. Wanneer de waterstof wordt geproduceerd via reactie 1 uit een $NaBH_4$ oplossing, is uit te rekenen hoeveel km zo’n auto per 1,0 liter $NaBH_4$ oplossing kan rijden.

5p **18** Geef deze berekening. Gebruik daarbij de volgende gegevens:
- de $NaBH_4$ oplossing bevat 20,0 massaprocent $NaBH_4$;
- de dichtheid van de oplossing bedraagt $1{,}03 \cdot 10^3$ kg m^{-3};
- alle $NaBH_4$ wordt omgezet.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Weekmaker

Sommige plastics zoals PVC (polychlooretheen) zijn stijve en stugge materialen. Om ze soepel te maken, wordt vaak gebruik gemaakt van zogenoemde weekmakers.
In een tijdschrift stond een artikel over weekmakers. In het volgende tekstfragment staat een deel van dit artikel. Weekmakers zijn bij kamertemperatuur vloeistoffen.

tekstfragment

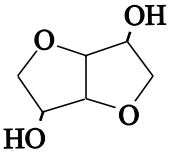
Weekmakers worden aan polymeren toegevoegd om een meer flexibel eindproduct te krijgen of om een specifieke verwerkingsmethode mogelijk te maken. Weekmakers ontlenen hun werking aan het feit dat ze de interacties tussen de polymeerketens verzwakken, waardoor een materiaal minder stijf wordt. Hoe meer een weekmaker in staat is om zich tussen de polymeerketens door te bewegen, hoe efficiënter de weekmaker is. Een hoge mate van beweeglijkheid leidt echter ook tot een grotere kans dat de weekmaker uit het polymeer migreert naar de omgeving. De migratie van weekmakers naar het milieu kan aanleiding geven tot allerhande ongewenste (eco)toxicologische effecten.

naar: “Kunststof en Rubber”, K. Molenveld, WUR, Wageningen

Met “interacties tussen de polymeerketens” wordt een bepaald type binding bedoeld.
Plastics worden vaak ingedeeld in thermoplasten en thermoharders.

3p **19** Leg uit dat het gebruik van een weekmaker zinvol is bij een thermoplast en niet bij een thermoharder. Betrek in je uitleg de soort(en) binding die in thermoplasten en thermoharders voorkomt (voorkomen).

Vanwege de mogelijke bezwaren van het gebruikelijke type weekmakers wordt op een instituut in Wageningen onderzocht of weekmakers zijn te ontwikkelen die vriendelijker zijn voor mens en milieu. Daarbij heeft men gevonden dat de stof isosorbide een geschikte stof is om weekmakers te synthetiseren die aan de gestelde voorwaarden voldoen.
De structuurformule van isosorbide kan als volgt worden weergegeven:

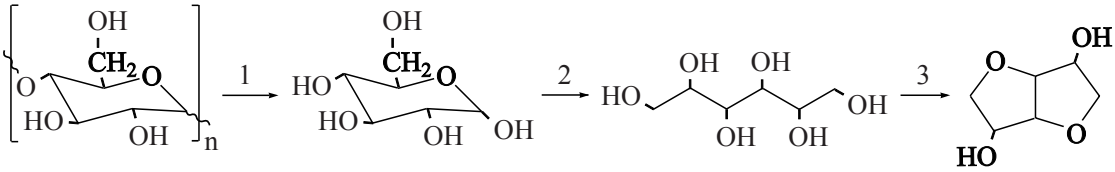


Een voorbeeld van zo’n nieuw type weekmaker is de di-ester van isosorbide en 2-ethylhexaanzuur.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

5p **20** Geef de reactievergelijking voor het ontstaan van deze weekmaker. Gebruik daarin structuurformules voor de organische verbindingen. Voor isosorbide mag de structuurformule worden gebruikt die op de vorige pagina is weergegeven.

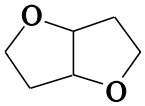
Als grondstof voor de bereiding van isosorbide wordt zetmeel gebruikt. Bij deze bereiding spelen drie omzettingen een rol. Hieronder zijn deze omzettingen schematisch weergegeven.

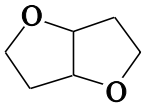


Voor omzetting 1 is behalve zetmeel nog een stof X nodig. Voor omzetting 2 is behalve glucose nog een stof Y nodig.

2p **21** Geef de namen van de stoffen X en Y. Noteer je antwoord als volgt:
stof X is: …
stof Y is: …

De omzetting van sorbitol tot isosorbide verloopt in een aantal stappen.
Bij het onderzoek in Wageningen bleek dat het handig is om het isosorbide niet eerst te isoleren tijdens de bereiding van de weekmaker. Eén van de onderzoekers heeft een reactieschema en aanvullende gegevens verstrekt over de wijze waarop de productie van de weekmaker vanuit sorbitol verloopt. Deze informatie is te vinden op pagina 12.

In het reactieschema zijn sommige structuurformules ruimtelijk getekend. In deze structuren komen de bindingen die zijn getekend met ► uit het vlak van tekening naar voren en de bindingen die zijn getekend met ··· liggen achter het vlak van tekening. Door de formules op deze manier weer te geven, wordt onder andere duidelijk dat 1,4-sorbitan en 3,6-sorbitan stereo-isomeren zijn. Maar de gegeven schematische weergave van het molecuul isosorbide kan een misverstand oproepen. Door het molecuul zo weer te geven, lijkt het alsof het gedeelte  vlak is. Dat geldt wel bij benadering voor elk van beide vijfringen afzonderlijk, maar de hoek tussen de vlakken van beide vijfringen is niet gelijk aan 180°. Beide vijfringen liggen dus niet in één plat vlak.

2p **22** Leg uit dat de hoek tussen de vlakken van beide vijfringen in het gedeelte  van het isosorbidemolecuul niet gelijk is aan 180°.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Bij de vorming van 1,4-, 2,5-, en 3,6-sorbitan vindt dehydratatie plaats. De getallen in de voorvoegsels van de namen van deze stoffen geven de nummers aan van de C atomen van het sorbitolmolecuul waarvan de OH groepen met elkaar hebben gereageerd.
Met behulp van deze gegevens en de informatie uit de voetnoot op pagina 12 kan de structuurformule van 2,5-sorbitan worden afgeleid.

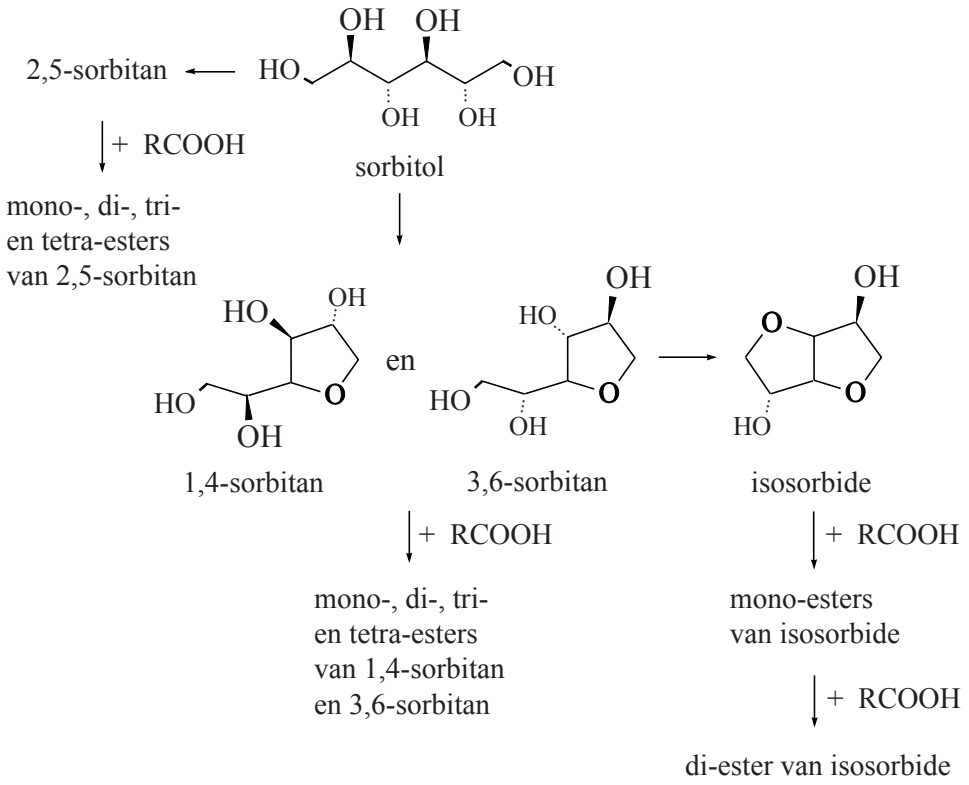
3p **23** Geef de structuurformule van 2,5-sorbitan. Teken hierin alle C, H en O atomen.

2p **24** Leg uit waarom de genoemde verschillen in reactiesnelheid (zie regels 4 tot en met 8) maken dat een goede selectiviteit wordt bereikt bij de beschreven bereiding van de weekmaker. Betrek in je uitleg één of meer gegevens uit het reactieschema.

1p **25** Leg uit waarom starten met relatief weinig alkaanzuur bij de beschreven bereiding van de weekmaker de selectiviteit verhoogt (zie regel 15).

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

reactieschema en toelichting



Bij de omzetting van sorbitol naar isosorbide wordt 5% 2,5-sorbitan gevormd (een ongewenst bijproduct).
In onze productie van weekmaker mengen we sorbitol en het alkaanzuur waarmee we veresteren en we gebruiken een vaste katalysator. De omzetting van sorbitol verloopt zeer snel (binnen 15 minuten geen sorbitol meer aan te tonen) en ook de omzetting naar isosorbide is snel (binnen 30-45 minuten geen sorbitanen meer aanwezig).
De verestering is veel trager en daarom kunnen we een goede selectiviteit halen: meer dan 90% isosorbide di-ester.
Ook het type alkaanzuur speelt een rol. Een belangrijk zuur voor ons is 2-ethylhexaanzuur. Dit vertakte zuur reageert relatief traag en dat is gunstig voor de selectiviteit.
Maatregelen die we (kunnen) nemen om de selectiviteit te verhogen zijn:

1 In eerste instantie een hoge temperatuur (minimaal 140 °C). Bij lagere begintemperaturen wordt de dehydratatie[1] reactie langzamer.
2 De reactie starten met relatief weinig alkaanzuur (heel logisch).

Persoonlijke informatie door K. Molenveld, WUR, Wageningen

noot 1 Onder dehydratatie wordt een reactie verstaan waarbij water wordt afgesplitst. In dit geval reageren twee OH groepen in hetzelfde molecuul met elkaar. Hierbij wordt tevens een cyclische ether gevormd.

Bronvermelding

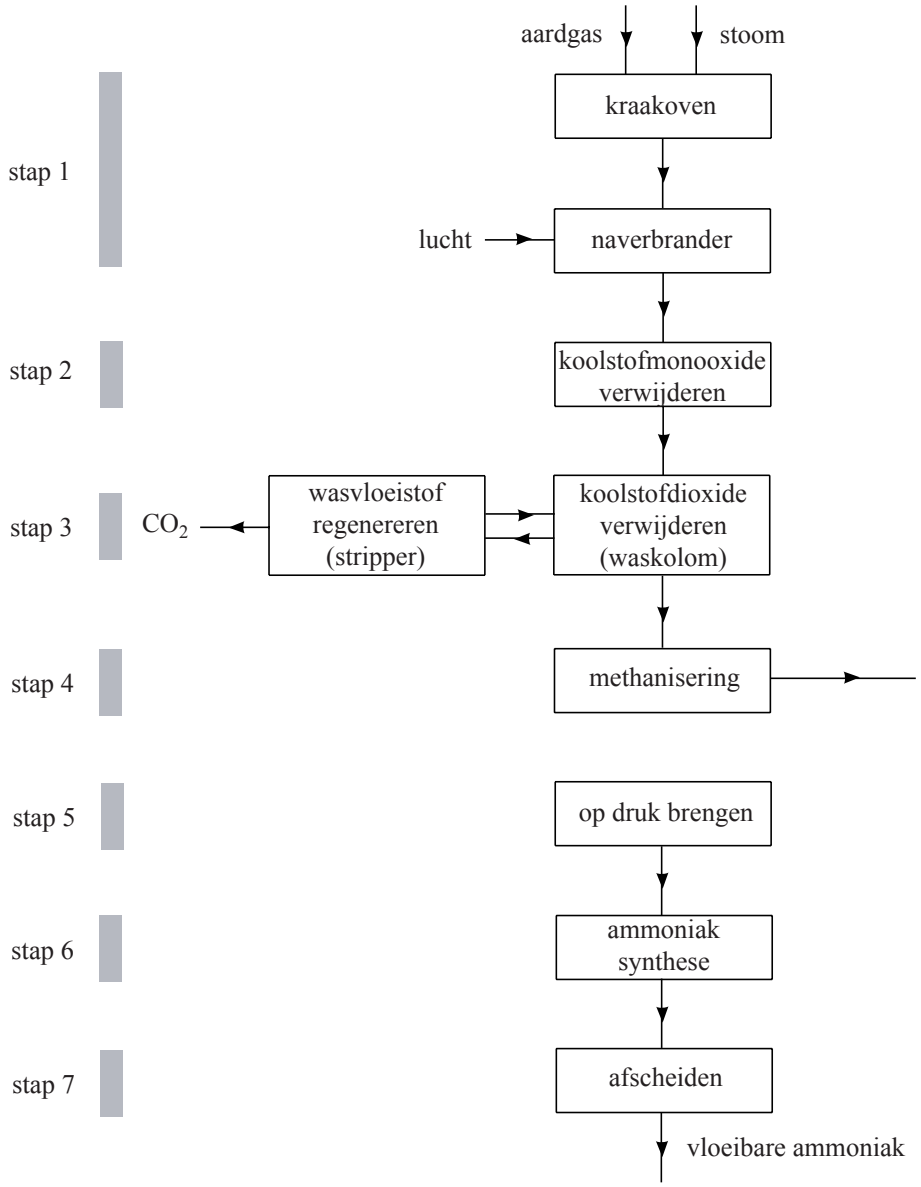
Een opsomming van de in dit examen gebruikte bronnen, zoals teksten en afbeeldingen, is te vinden in het bij dit examen behorende correctievoorschrift, dat na afloop van het examen wordt gepubliceerd.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

uitwerkbijlage

Naam kandidaat _____ Kandidaatnummer _____

11



VERGEET NIET DEZE UITWERKBIJLAGE IN TE LEVEREN

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Examen VWO

2007

tijdvak 1
dinsdag 29 mei
13.30 - 16.30 uur

scheikunde 1

Bij dit examen hoort een bijlage.

Dit examen bestaat uit 24 vragen.
Voor dit examen zijn maximaal 67 punten te behalen.
Voor elk vraagnummer staat hoeveel punten met een goed antwoord behaald kunnen worden.

Als bij een vraag een verklaring, uitleg, berekening of afleiding gevraagd wordt, worden aan het antwoord meestal geen punten toegekend als deze verklaring, uitleg, berekening of afleiding ontbreekt.

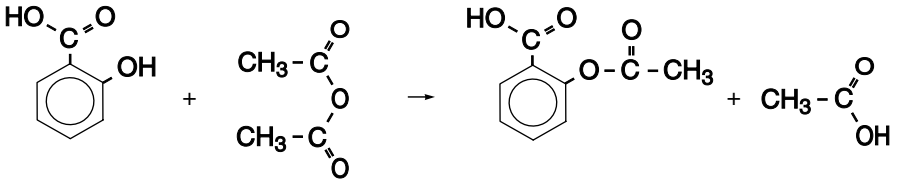
Geef niet meer antwoorden (redenen, voorbeelden e.d.) dan er worden gevraagd. Als er bijvoorbeeld twee redenen worden gevraagd en je geeft meer dan twee redenen, dan worden alleen de eerste twee in de beoordeling meegeteld.

700025-1-024o

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Aspirinebereiding

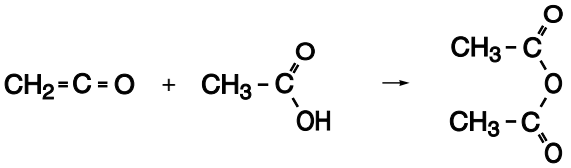
Een van de industriële bereidingen van aspirine (acetylsalicylzuur) berust op de reactie van salicylzuur met ethaanzuuranhydride:



reactie 1

salicylzuur ethaanzuuranhydride aspirine ethaanzuur

Het ethaanzuuranhydride dat voor deze reactie nodig is, wordt gevormd door ethaanzuur met de stof keteen te laten reageren:



reactie 2

keteen ethaanzuur ethaanzuuranhydride

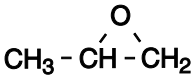
2p **1** Leg uit of reactie 2 een additiereactie is.

Met behulp van de reacties 1 en 2 kan worden berekend hoeveel g keteen minimaal nodig is om 1,00 kg aspirine te produceren.

4p **2** Geef deze berekening.

Epoxypropaan

1,2-Epoxypropaan is een cyclische koolstofverbinding met de volgende structuurformule:



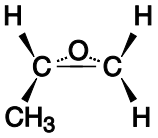
Er bestaat een aantal isomeren van 1,2-epoxypropaan.
Hieronder is de structuurformule van een structuurisomeer weergegeven.

3p **3** Geef de systematische naam van deze structuurisomeer.

3p **4** Geef de structuurformules van drie andere structuurisomeren van 1,2-epoxypropaan.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl. Pagina: 674

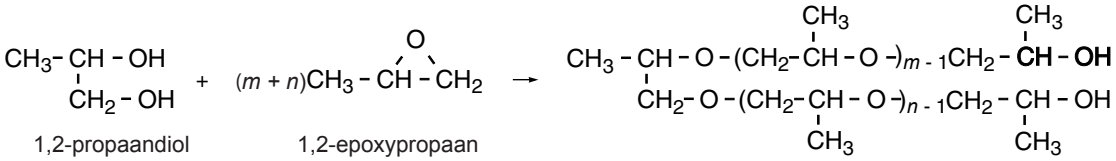
Hieronder is een molecuul 1,2-epoxypropaan ruimtelijk weergegeven.



Hierin stelt – een binding voor in het vlak van de tekening, ··· en ► stellen bindingen voor die naar achteren respectievelijk naar voren wijzen.

2p **5** Leg aan de hand van de ruimtelijke weergave van een molecuul 1,2-epoxypropaan uit of er stereo-isomeren van 1,2-epoxypropaan mogelijk zijn.

1,2-Epoxypropaan is een belangrijke grondstof voor verschillende soorten polymeren.
Wanneer 1,2-epoxypropaan polymeriseert, ontstaat een zogenoemde polyether.
De polymerisatie van 1,2-epoxypropaan start doordat een molecuul 1,2-epoxypropaan reageert met een molecuul van een zogenoemde initiator, vaak een alcohol. Daarna reageren moleculen 1,2-epoxypropaan met moleculen van de ontstane tussenproducten tot de uiteindelijke polymeerketens.
De polymerisatie van 1,2-epoxypropaan met 1,2-propaandiol als initiator is hieronder in een reactievergelijking weergegeven.



Door de molverhouding initiator : 1,2-epoxypropaan te variëren en/of door van verschillende initiatoren uit te gaan, kunnen bij de polymerisatie van 1,2-epoxypropaan verschillende soorten polymeermoleculen worden gevormd.
Omdat de sterkte van de bindingen tussen deze verschillende soorten moleculen varieert, kan men op deze manier de eigenschappen van de stof die ontstaat, beïnvloeden.
Zo zullen de polymeermoleculen die ontstaan bij de polymerisatie van 1,2-epoxypropaan met sacharose als initiator verschillen van de polymeermoleculen die ontstaan met 1,2-propaandiol als initiator.
Eén van die verschillen is dat de gemiddelde lengte van de ketens in de polymeermoleculen die ontstaan met sacharose als initiator anders is dan in de polymeermoleculen die ontstaan met 1,2-propaandiol als initiator.

2p **6** Leg uit of de gemiddelde lengte van de ketens in de polymeermoleculen die ontstaan met sacharose als initiator groter of kleiner is dan de gemiddelde lengte van de ketens in de polymeermoleculen die ontstaan met 1,2-propaandiol als initiator. Neem aan dat:
- de molverhouding 1,2-propaandiol : 1,2-epoxypropaan gelijk is aan de molverhouding sacharose : 1,2-epoxypropaan;
- bij beide polymerisaties het 1,2-epoxypropaan volledig reageert.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

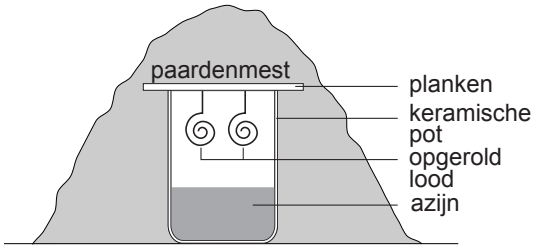
Loodwit en de Oude Meesters

Veel schilderijen van bekende Oude Meesters als Rembrandt, Hals en Vermeer, vertonen beschadigingen die zijn terug te voeren op het gebruik van vervuild loodwit. In de Volkskrant verscheen daarover het artikel “De tijdbom van de Oude Meesters”. Op de bijlage bij dit examen is een fragment uit dit artikel weergegeven (tekstfragment 1). Lees dit fragment en beantwoord daarna de vragen.

Loodwit is een zogenoemd dubbelzout. Het bestaat uit lood(II)ionen, hydroxide-ionen en carbonaationen. De hydroxide- en carbonaationen komen in loodwit in de molverhouding 1 : 1 voor.

2p **7** Geef de formule van loodwit.

De bereiding van loodwit wordt niet zo nauwkeurig beschreven. De keramische potten waren niet volledig afgesloten: het lood stond via kieren in de planken in contact met de buitenlucht en met gasvormige stoffen die uit de broeiende paardenmest kwamen. Andere stoffen konden vanuit de paardenmest niet door of langs de planken in de pot terechtkomen. Zie de figuur hiernaast.



Bij het proces ontstaat eerst loodhydroxide. Een deel van dit loodhydroxide wordt in een zuur-base reactie met de damp van ethaanzuur omgezet tot loodethanoaat:

$$Pb(OH)_2 + 2\ CH_3COOH \rightarrow Pb(CH_3COO)_2 + 2\ H_2O$$

Vervolgens reageert loodethanoaat door tot loodcarbonaat. Ook dit is een zuur-base reactie. Voor deze omzetting van loodethanoaat tot loodcarbonaat zijn twee stoffen nodig, die weliswaar in de lucht voorkomen, maar waarvan de concentraties te klein zijn voor de beschreven vorming van relatief grote hoeveelheden loodwit. Extra hoeveelheden van deze twee stoffen komen uit de azijn en uit de damp van de broeiende paardenmest. Uiteindelijk wordt bij deze bereiding van loodwit geen ethaanzuur verbruikt.

2p **8** Geef de formules van de twee stoffen uit de azijn en uit de damp van de broeiende paardenmest die nodig zijn voor de hiervoor beschreven omzetting van loodethanoaat tot loodcarbonaat.

2p **9** Geef een verklaring voor het feit dat bij deze productie van loodwit geen ethaanzuur wordt verbruikt.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Het broeien van paardenmest is een exotherm proces. Dit feit bevordert op twee manieren de vorming van loodwit.

3p **10** Op welke twee manieren bevordert het feit dat het broeien van paardenmest een exotherm proces is de vorming van loodwit? Geef een verklaring voor je antwoord.

Ook de vorming van loodzeep wordt in het artikel niet zo nauwkeurig beschreven (zie regels 26 en 27). De journalist wil de lezer waarschijnlijk niet lastig vallen met chemische termen. Uit onderzoek is gebleken dat die loodzeep voornamelijk uit loodpalmitaat en loodstearaat bestaat. Loodpalmitaat en loodstearaat zijn de loodzouten van de vetzuren palmitinezuur respectievelijk stearinezuur. De stoffen uit de 'organische fracties in de grondlaag' die bij de vorming van loodzeep zijn betrokken, zijn de triglyceriden uit de olie (zie regel 10). Die olie was bij de Oude Meesters meestal lijnolie.
Een leerling probeert een nauwkeurigere beschrijving voor de vorming van loodzeep te geven. Hij veronderstelt dat de omzetting van loodwit tot loodzeep begint met de hydrolyse van triglyceriden uit de lijnolie. Dit is mogelijk doordat de onderlaag van het schilderij in de loop van de tijd een geringe hoeveelheid water heeft opgenomen.

3p **11** Geef de reactievergelijking van de volledige hydrolyse van een triglyceride. Gebruik voor de organische stoffen structuurformules met daarin de notatie C_xH_y voor de koolwaterstofresten in het triglyceride.

3p **12** Geef een nauwkeurigere beschrijving voor de vorming van loodzeep uit loodwit, gebruik makend van chemische vaktermen. Gebruik in je beschrijving ook gegevens uit deze opgave met betrekking tot de samenstelling van loodwit.
Begin je beschrijving met:
Door hydrolyse van triglyceriden uit de lijnolie ontstaan …

Een leerling wil onderzoeken of de bewering van Boon klopt over de herkomst van het chloride in het loodwit van slechte kwaliteit (zie regels 17 t/m 19). Hij stelt zich de volgende onderzoeksvraag: „Bevat de damp die uit broeiende paardenmest komt stoffen die chloride-ionen bevatten?"

2p **13** Geef een globaal werkplan dat bij deze onderzoeksvraag hoort.

Wayne

In een molecuul hemoglobine zijn vier peptideketens aanwezig, de zogenoemde globineketens. Deze globineketens zijn twee aan twee aan elkaar gelijk. Een molecuul hemoglobine bevat twee α-globineketens en twee β-globineketens. Een α-globineketen heeft een lengte van 141 aminozuureenheden.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Op de bovenste regel in figuur 1 (zie hieronder) is een deel van de matrijsstreng van het DNA weergegeven. Dit stukje DNA bevat informatie voor de vorming van één van de uiteinden van een α-globineketen. Op de middelste regel staat het deel van de messenger-RNA (m-RNA) keten dat van het stukje DNA wordt afgelezen. Op de onderste regel in de figuur zijn met nummers de laatste vijf aminozuureenheden van de α-globineketen weergegeven. De aminozuureenheid die is weergegeven met nummer 141 heeft een vrije COOH groep.

figuur 1

```
                    414
                     ↓
DNA       . . . TGC AGA TTT  ATG  GCA ATT  CGA CCT CGG AGC CAT  CGT CAA  GGA GGA . . .
m-RNA     . . . ACG UCU AAA  UAC  CGU UAA  GCU GGA GCC UCG GUA  GCA GUU  CCU CCU . . .
nummer          137  138   139   140   141
```

In een peptideketen worden de aminozuureenheden vaak met behulp van 3-lettersymbolen weergegeven. Zo is bijvoorbeeld Gly het 3-lettersymbool van glycine.

2p **14** Geef de aminozuureenheden met de nummers 137, 138 en 139 van de α-globineketen weer met behulp van 3-lettersymbolen. Noteer je antwoord als volgt:
nummer 137: …
nummer 138: …
nummer 139: …
Maak gebruik van Binas-tabel 70E.

3p **15** Geef de structuurformule van het fragment van een α-globineketen dat bestaat uit de aminozuureenheden met de nummers 137, 138 en 139.

Van hemoglobine zijn ruim 1000 afwijkingen bekend die een genetische oorzaak hebben. Eén van die genetische afwijkingen is de zogenoemde mutatie van Wayne. Deze afwijking uit zich door een verminderde zuurstofafgifte aan de weefsels. Op het gen dat codeert voor de α-globineketen is bij mensen met de mutatie van Wayne een basenpaar verdwenen. Hierdoor zijn alle basenparen vanaf die positie één plaats naar voren opgeschoven. Bij de mutatie van Wayne is het basenpaar verdwenen waarvan in figuur 1 de base op de matrijsstreng met nummer 414 is aangegeven.
Het 142ste codon op het m-RNA voor normaal α-globine is een stopcodon. Daarom heeft een normale α-globineketen een lengte van 141 aminozuureenheden. De α-globineketens van mensen met de mutatie van Wayne zijn langer dan 141 aminozuureenheden.

3p **16** Leid af hoeveel aminozuureenheden een α-globineketen bevat die in het geval van de mutatie van Wayne wordt gevormd. Gebruik in je uitleg gegevens uit deze opgave en een gegeven uit Binas-tabel 70E.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Goudwinning

Goud komt in de natuur samen met zilver voor in gesteenten, het zogenoemde gouderts. Uit dit erts wordt goud gewonnen. Aan een artikel over de winning van goud zijn de tekstfragmenten 2 en 3 op de bijlage bij dit examen ontleend.
Lees tekstfragment 2. De reactievergelijking in tekstfragment 2 is fout. De correcte vergelijking kan worden afgeleid onder andere met behulp van het gegeven dat deze reactie een redoxreactie is. De vergelijking van de halfreactie van het goud is hieronder gedeeltelijk weergegeven:

$$Au + CN^- \rightarrow Au(CN)_2^-$$

De andere halfreactie is die van zuurstof in niet-zuur milieu.

2p **17** Maak de hierboven gegeven onvolledige vergelijking van de halfreactie van het goud af.

2p **18** Leid met behulp van de vergelijkingen van de halfreacties de correcte vergelijking af van de reactie die wordt bedoeld in tekstfragment 2.

Lees tekstfragment 3.
De grondstof voor de raffinaderij is ruw goud met 90,0 massaprocent goud en 10,0 massaprocent zilver.

6p **19** Bereken hoeveel dm^3 chloorgas (T = 298 K, $p = p_0$) nodig is voor de productie van een staaf goud van 12,50 kg met 99,6 massaprocent goud, uit de grondstof met 90,0 massaprocent goud en 10,0 massaprocent zilver.

Voor sommige toepassingen is goud met een nog grotere zuiverheid nodig. Verderop in het artikel staat dat een geconcentreerde goud(I)chloride oplossing wordt gebruikt om het goud met een zuiverheid van 99,6 massaprocent nog verder te zuiveren. Wanneer men goud(I)chloride met water mengt, ontstaat echter een oplossing waarin de concentratie Au^+ heel klein is. In zo'n oplossing stelt zich namelijk een heterogeen evenwicht in waarbij opgeloste goud(III)ionen, $Au^{3+}(aq)$, en vast goud, $Au(s)$, worden gevormd:

$$3\ Au^+(aq) \rightleftarrows Au^{3+}(aq) + 2\ Au(s)$$

Het evenwicht is onderzocht. In een oplossing die is bereid door 0,0010 mol Au^+ in 1,0 liter water te brengen, is de hoeveelheid Au^+ ionen in de evenwichtstoestand nog maar 4% van de oorspronkelijke hoeveelheid van 0,0010 mol.

4p **20** Bereken met behulp van de bovenstaande gegevens de waarde van de evenwichtsconstante van dit evenwicht.

Let op: de laatste vragen van dit examen staan op de volgende pagina.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Cyanide in afvalwater

Het afvalwater van goudwinningsbedrijven bevat vaak veel cyanide, CN^-. Het cyanidegehalte van afvalwater kan als volgt worden bepaald.
Aan een afgemeten hoeveelheid afvalwater wordt een overmaat zwavelzuur toegevoegd. Hierdoor reageert alle CN^- tot HCN. De ontstane oplossing wordt vervolgens verwarmd. Het HCN ontwijkt dan als gas en wordt in een overmaat natronloog geleid. Alle HCN wordt dan weer omgezet tot CN^-. Tenslotte wordt getitreerd met een zilvernitraatoplossing. Bij deze titratie treedt de volgende reactie op:

$$Ag^+ + 2\ CN^- \rightarrow Ag(CN)_2^-$$

Wanneer alle cyanide heeft gereageerd, is het eindpunt van de titratie bereikt. Dit wordt zichtbaar omdat bij toevoeging van nog een druppel van de zilvernitraatoplossing het mengsel troebel wordt doordat het slecht oplosbare zilvercyanide ontstaat.

2p **21** Geef de reactievergelijking van de vorming van het slecht oplosbare zilvercyanide wanneer het eindpunt van de titratie is bereikt.

Bij zo'n bepaling werd 200 mL afvalwater gebruikt. Voor de titratie was 7,82 mL van een 0,0192 M zilvernitraatoplossing nodig.

4p **22** Bereken hoeveel mg CN^- het onderzochte afvalwater per liter bevatte.

Afvalwater met een te hoog cyanidegehalte mag niet worden geloosd. Er zijn verschillende manieren om cyanide uit afvalwater te verwijderen. Eén van die methoden is het cyanide in licht basisch milieu te laten reageren met waterstofperoxide. Bij deze reactie wordt het cyanide omgezet tot cyanaat, NCO^-. Behalve cyanaat ontstaat één andere stof.

2p **23** Geef de vergelijking van de reactie tussen waterstofperoxide en cyanide.

Bij de reactie van cyanide met waterstofperoxide moet de pH op circa 9,5 worden gehouden, om te voorkomen dat in het afvalwater teveel HCN ontstaat, dat als gas zou kunnen ontwijken.

4p **24** Bereken hoeveel procent van het CN^- is omgezet tot HCN in een oplossing waarvan de pH op 9,5 (298 K) wordt gehouden.

Bronvermelding

Een opsomming van de in dit examen gebruikte bronnen, zoals teksten en afbeeldingen, is te vinden in het bij dit examen behorende correctievoorschrift, dat na afloop van het examen wordt gepubliceerd.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Bijlage VWO
2007

tijdvak 1

scheikunde 1

Tekstboekje

700025-1-024b

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

tekstfragment 1

De tijdbom van de Oude Meesters

Een deel van de verouderingsproblemen is terug te voeren op het gebruik van loodwit als basis van olieverven. Er werden pigmenten doorheen geroerd om lichte kleuren te maken. Bovendien werd loodwit vaak gebruikt voor de grondering, de absorberende onderlaag van de schildering.
Loodwit werd verkregen door in keramische potten een laagje azijn[1)] te doen, waarboven opgerold lood werd gehangen. De potten werden afgesloten met planken. Daar overheen ging een berg paardenmest, opdat het binnenin zou gaan broeien. De vaste stof die zich onder die omstandigheden afzet op het metaal, loodwit, werd in de schilderswerkplaats met olie[2)] als bindmiddel gemengd tot verfpasta.
Het onderzoeksteam van het Haagse Mauritshuis heeft samen met Boon, de onderzoeksleider van MOLART[3)], inmiddels geconstateerd dat loodwit een van de boosdoeners is wanneer het oppervlak van schilderijen schade gaat vertonen.
Het problematische loodwit, is inmiddels duidelijk, zit vaak niet in de afbeelding zelf maar in de grondlaag. Voor die grondlaag werd zeer waarschijnlijk goedkoop, inferieur loodwit gebruikt, aldus Boon. In de slechte varianten zitten vervuilingen, waaronder chloride, denkt hij, die uit die broeiende berg paardenmest kunnen komen.
Vervuild loodwit in de grondering lost dus op. 'Ervoor in de plaats komt transparant materiaal. Dat voegt zich samen tot klonters. Die hebben de neiging te gaan groeien. Daarbij barsten sommige door de bovenste verflaag heen. Het resultaat is dat je op de oppervlakte van het schilderij allemaal kleine rondjes ziet.' Protrusie, noemt Boon dat effect: vorming van uitstulpingen. In het transparante materiaal van die klonters blijken zepen te zitten: bijvoorbeeld loodzeep die ontstaat wanneer oplossend loodwit zich verbindt met organische fracties in de grondlaag. 'Die zepen zijn vochtgevoelig, waardoor de aangedane plekken makkelijk kunnen zwellen', constateert Boon.

naar: de Volkskrant

noot 1 Azijn is een oplossing van ethaanzuur (azijnzuur) in water.
noot 2 Deze olie is, net als vet, een mengsel van triglyceriden; dit zijn tri-esters van glycerol en vetzuren.
noot 3 MOLART is een onderzoeksprogramma naar de veroudering van schilderijen.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

tekstfragment 2

Bij het cyanideproces vermengt men fijngemalen gouderts met een natriumcyanide-oplossing. Het goud, evenals zilver, reageert met deze oplossing en met zuurstof, volgens de reactievergelijking:

$$2\ Au + O_2 + 4\ CN^- \rightarrow 2\ Au(CN)_2^- + 2\ OH^-$$

De reactie verloopt volledig en snel naar rechts. In de praktijk roert men het ertsconcentraat in een natriumcyanide-oplossing waar lucht door borrelt. Als de edelmetalen zijn opgelost, filtreert men het gesteente af.

naar: Het Digitale Archief III (cd-rom Natuur & Techniek, 1999)

tekstfragment 3

Het goud in oplossing wordt teruggewonnen door reductie met zinkpoeder:

$$2\ Au(CN)_2^- + Zn \rightarrow Zn(CN)_4^{2-} + 2\ Au$$

Het goud slaat neer en bevat meestal nog aanzienlijke hoeveelheden zilver. De legering wordt gesmolten, in staven gegoten en naar de raffinaderij getransporteerd. In deze raffinaderij wordt de legering gesmolten waarna men er chloorgas doorheen blaast. Zilver vormt daarbij zilverchloride dat op het gesmolten metaal komt drijven. Als het zilvergehalte tot beneden 0,4% is gedaald, beëindigt men het chloreren, schept het zilverchloride van de vloeistof af, en giet daarna het goud in staven van 12,50 kg. Ze zijn voor de verkoop gereed, de zuiverheid is 99,6 massaprocent.

naar: Het Digitale Archief III (cd-rom Natuur & Techniek, 1999)

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Examen VWO

2007

tijdvak 1
dinsdag 29 mei
13.30 - 16.30 uur

scheikunde 1,2

Bij dit examen hoort een uitwerkbijlage.

Dit examen bestaat uit 25 vragen.
Voor dit examen zijn maximaal 71 punten te behalen.
Voor elk vraagnummer staat hoeveel punten met een goed antwoord behaald kunnen worden.

Als bij een vraag een verklaring, uitleg, berekening of afleiding gevraagd wordt, worden aan het antwoord meestal geen punten toegekend als deze verklaring, uitleg, berekening of afleiding ontbreekt.

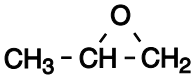
Geef niet meer antwoorden (redenen, voorbeelden e.d.) dan er worden gevraagd. Als er bijvoorbeeld twee redenen worden gevraagd en je geeft meer dan twee redenen, dan worden alleen de eerste twee in de beoordeling meegeteld.

700025-1-025o

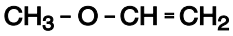
Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Epoxypropaan

1,2-Epoxypropaan is een cyclische koolstofverbinding met de volgende structuurformule:



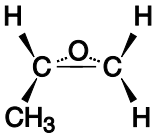
Er bestaat een aantal isomeren van 1,2-epoxypropaan.
Hieronder is de structuurformule van een structuurisomeer weergegeven.



3p **1** Geef de systematische naam van deze structuurisomeer.

3p **2** Geef de structuurformules van drie andere structuurisomeren van 1,2-epoxypropaan.

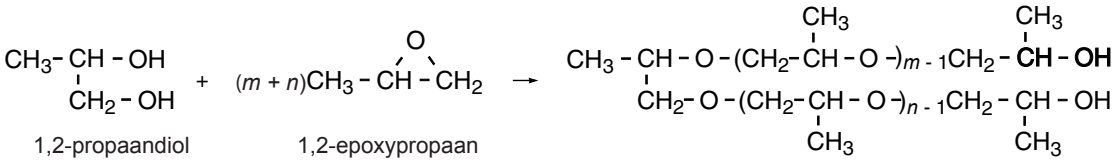
Hieronder is een molecuul 1,2-epoxypropaan ruimtelijk weergegeven.



Hierin stelt – een binding voor in het vlak van de tekening, ··· en ► stellen bindingen voor die naar achteren respectievelijk naar voren wijzen.

2p **3** Leg aan de hand van de ruimtelijke weergave van een molecuul 1,2-epoxypropaan uit of er stereo-isomeren van 1,2-epoxypropaan mogelijk zijn.

1,2-Epoxypropaan is een belangrijke grondstof voor verschillende soorten polymeren.
Wanneer 1,2-epoxypropaan polymeriseert, ontstaat een zogenoemde polyether.
De polymerisatie van 1,2-epoxypropaan start doordat een molecuul 1,2-epoxypropaan reageert met een molecuul van een zogenoemde initiator, vaak een alcohol. Daarna reageren moleculen 1,2-epoxypropaan met moleculen van de ontstane tussenproducten tot de uiteindelijke polymeerketens.
De polymerisatie van 1,2-epoxypropaan met 1,2-propaandiol als initiator is hieronder in een reactievergelijking weergegeven.



Door de molverhouding initiator : 1,2-epoxypropaan te variëren en/of door van verschillende initiatoren uit te gaan, kunnen bij de polymerisatie van 1,2-epoxypropaan verschillende soorten polymeermoleculen worden gevormd.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

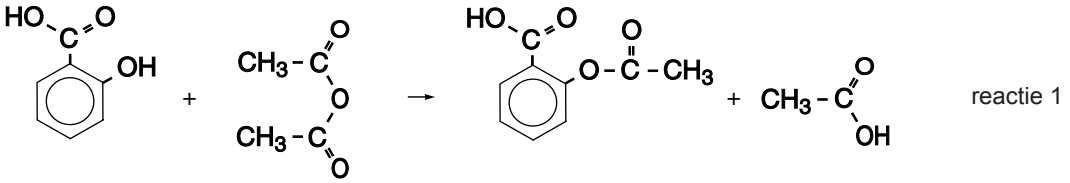
Omdat de sterkte van de bindingen tussen deze verschillende soorten moleculen varieert, kan men op deze manier de eigenschappen van de stof die ontstaat, beïnvloeden.
Zo zullen de polymeermoleculen die ontstaan bij de polymerisatie van 1,2-epoxypropaan met sacharose als initiator verschillen van de polymeermoleculen die ontstaan met 1,2-propaandiol als initiator.
Eén van die verschillen is dat de gemiddelde lengte van de ketens in de polymeermoleculen die ontstaan met sacharose als initiator anders is dan in de polymeermoleculen die ontstaan met 1,2-propaandiol als initiator.

2p **4** Leg uit of de gemiddelde lengte van de ketens in de polymeermoleculen die ontstaan met sacharose als initiator groter of kleiner is dan de gemiddelde lengte van de ketens in de polymeermoleculen die ontstaan met 1,2-propaandiol als initiator. Neem aan dat:
- de molverhouding 1,2-propaandiol : 1,2-epoxypropaan gelijk is aan de molverhouding sacharose : 1,2-epoxypropaan;
- bij beide polymerisaties het 1,2-epoxypropaan volledig reageert.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Aspirinebereiding

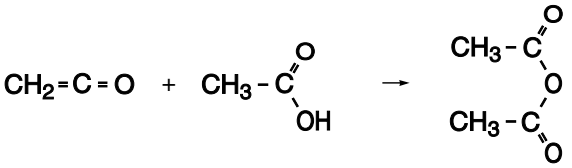
Een van de industriële bereidingen van aspirine (acetylsalicylzuur) berust op de reactie van salicylzuur met ethaanzuuranhydride:



reactie 1

salicylzuur ethaanzuuranhydride aspirine ethaanzuur

Het ethaanzuuranhydride dat voor deze reactie nodig is, wordt gevormd door ethaanzuur met de stof keteen te laten reageren:



reactie 2

keteen ethaanzuur ethaanzuuranhydride

Met behulp van de reacties 1 en 2 kan worden berekend hoeveel g keteen minimaal nodig is om 1,00 kg aspirine te produceren.

4p **5** Geef deze berekening.

Deze bereiding van aspirine kan vereenvoudigd worden weergegeven in de volgende vier stappen.

Stap 1 Ethaanzuuranhydride en salicylzuur laat men in een oplosmiddel in de molverhouding 1 : 1 gedurende 20 uur in een reactor (reactor 1) bij circa 90 °C met elkaar reageren.

Stap 2 Het reactiemengsel wordt overgebracht naar een zogenoemde kristallisatietank. Daar kristalliseert de ontstane aspirine. Dit proces duurt ongeveer 80 uur en vindt plaats bij circa 20 °C.

Stap 3 De vaste aspirine wordt vervolgens in een scheidingsruimte door middel van filtratie gescheiden van de rest van het vloeibare reactiemengsel.

Stap 4 Het filtraat wordt overgebracht naar een tweede reactor (reactor 2). Daarin wordt het bij reactie 1 ontstane ethaanzuur met keteen omgezet tot ethaanzuuranhydride. De oplossing die hierbij ontstaat, wordt in reactor 1 geleid.

Aangenomen mag worden dat reactie 1 en reactie 2 aflopende reacties zijn en dat in de kristallisatietank alle aspirine kristalliseert.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Een ontwerp van deze industriële bereiding, na de opstartfase, is op de uitwerkbijlage bij dit examen in een (onvolledig) blokschema weergegeven. In dit blokschema ontbreken de namen van de stoffen bij de stofstromen.

4p **6** Zet in het blokschema op de uitwerkbijlage de namen van alle stoffen bij de stofstromen en geef aan in welke vorm de desbetreffende stof voorkomt. Kies daarbij uit onderstaande lijst.

aspirine	*opgelost* of *vast* of *zuiver*
ethaanzuur	*opgelost* of *zuiver*
ethaanzuuranhydride	*opgelost* of *zuiver*
keteen	*opgelost* of *zuiver*
salicylzuur	*opgelost* of *zuiver*

Houd rekening met het feit dat sommige combinaties meerdere malen moeten worden gebruikt.

Het ontwerp dat in het blokschema is weergegeven, heeft als nadeel dat reactor 1 telkens een aantal uren moet worden stilgelegd nadat het reactiemengsel de reactor heeft verlaten.

2p **7** Hoeveel uur nadat een reactiemengsel reactor 1 heeft verlaten, kan reactor 1 weer in bedrijf worden genomen? Geef een verklaring voor je antwoord; ga er vanuit dat de periode waarin reactor 1 stil ligt zo kort mogelijk moet zijn.

2p **8** Hoe kan het in deze opgave geschetste ontwerp zo worden aangepast dat het stilleggen van reactor 1 niet nodig is?

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Loodwit en de Oude Meesters

Veel schilderijen van bekende Oude Meesters als Rembrandt, Hals en Vermeer, vertonen beschadigingen die terug zijn te voeren op het gebruik van vervuild loodwit. In de Volkskrant verscheen daarover het artikel “De tijdbom van de Oude Meesters”. Hieronder is een fragment uit dit artikel weergegeven. Lees dit fragment en beantwoord daarna de vragen.

tekstfragment 1

De tijdbom van de Oude Meesters

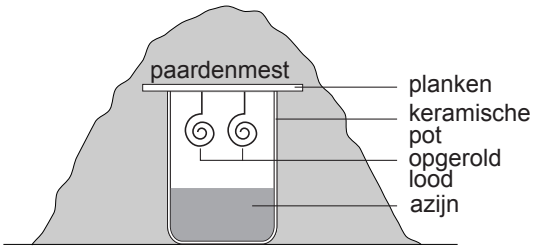
Een deel van de verouderingsproblemen is terug te voeren op het gebruik van loodwit als basis van olieverven. Er werden pigmenten doorheen geroerd om lichte kleuren te maken. Bovendien werd loodwit vaak gebruikt voor de grondering, de absorberende onderlaag van de schildering.
Loodwit werd verkregen door in keramische potten een laagje azijn[1)] te doen, waarboven opgerold lood werd gehangen. De potten werden afgesloten met planken. Daar overheen ging een berg paardenmest, opdat het binnenin zou gaan broeien. De vaste stof die zich onder die omstandigheden afzet op het metaal, loodwit, werd in de schilderswerkplaats met olie[2)] als bindmiddel gemengd tot verfpasta.
Het onderzoeksteam van het Haagse Mauritshuis heeft samen met Boon, de onderzoeksleider van MOLART[3)], inmiddels geconstateerd dat loodwit een van de boosdoeners is wanneer het oppervlak van schilderijen schade gaat vertonen.
Het problematische loodwit, is inmiddels duidelijk, zit vaak niet in de afbeelding zelf maar in de grondlaag. Voor die grondlaag werd zeer waarschijnlijk goedkoop, inferieur loodwit gebruikt, aldus Boon. In de slechte varianten zitten vervuilingen, waaronder chloride, denkt hij, die uit die broeiende berg paardenmest kunnen komen.
Vervuild loodwit in de grondering lost dus op. 'Ervoor in de plaats komt transparant materiaal. Dat voegt zich samen tot klonters. Die hebben de neiging te gaan groeien. Daarbij barsten sommige door de bovenste verflaag heen. Het resultaat is dat je op de oppervlakte van het schilderij allemaal kleine rondjes ziet.' Protrusie, noemt Boon dat effect: vorming van uitstulpingen. In het transparante materiaal van die klonters blijken zepen te zitten: bijvoorbeeld loodzeep die ontstaat wanneer oplossend loodwit zich verbindt met organische fracties in de grondlaag. 'Die zepen zijn vochtgevoelig, waardoor de aangedane plekken makkelijk kunnen zwellen', constateert Boon.

naar: de Volkskrant

noot 1 Azijn is een oplossing van ethaanzuur (azijnzuur) in water.
noot 2 Deze olie is, net als vet, een mengsel van triglyceriden; dit zijn tri-esters van glycerol en vetzuren.
noot 3 MOLART is een onderzoeksprogramma naar de veroudering van schilderijen.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Loodwit is een zogenoemd dubbelzout dat kan worden weergegeven met de formule $Pb_3(OH)_2(CO_3)_2$. De bereiding van loodwit wordt niet zo nauwkeurig beschreven. De keramische potten waren niet volledig afgesloten: het lood stond via kieren in de planken in contact met de buitenlucht en met gasvormige stoffen die uit de broeiende paardenmest kwamen. Andere stoffen konden vanuit de paardenmest niet door of langs de planken in de pot terechtkomen. Zie de figuur hiernaast.



Bij het proces ontstaat eerst loodhydroxide. Een deel van dit loodhydroxide wordt met de damp van ethaanzuur omgezet tot loodethanoaat:

$$Pb(OH)_2 + 2\ CH_3COOH \rightarrow Pb(CH_3COO)_2 + 2\ H_2O$$

Vervolgens reageert loodethanoaat door tot loodcarbonaat. Dit is een zuur-base reactie. Voor deze omzetting van loodethanoaat tot loodcarbonaat zijn twee stoffen nodig, die weliswaar in de lucht voorkomen, maar waarvan de concentraties te klein zijn voor de beschreven vorming van relatief grote hoeveelheden loodwit. Extra hoeveelheden van deze twee stoffen komen uit de azijn en uit de damp van de broeiende paardenmest. Uiteindelijk wordt bij deze bereiding van loodwit geen ethaanzuur verbruikt.

3p **9** Geef de reactievergelijking voor de omzetting van loodethanoaat tot loodcarbonaat.

2p **10** Laat zien dat geen ethaanzuur wordt verbruikt.

Het broeien van paardenmest is een exotherm proces. Dit feit bevordert op twee manieren de vorming van loodwit.

3p **11** Op welke twee manieren bevordert het feit dat het broeien van paardenmest een exotherm proces is de vorming van loodwit? Geef een verklaring voor je antwoord.

Uit onderzoek is gebleken dat de zepen die in regel 25 en verder worden genoemd, voornamelijk loodpalmitaat en loodstearaat zijn. Loodpalmitaat en loodstearaat zijn de loodzouten van de vetzuren palmitinezuur respectievelijk stearinezuur. De vorming van deze loodzepen wordt in het artikel eveneens niet zo nauwkeurig beschreven (zie regels 26 en 27). De journalist wil de lezer waarschijnlijk niet lastig vallen met chemische termen. Bij de vorming van loodzeep, die in principe ook uit onvervuild loodwit kan ontstaan, zijn stoffen uit ‘organische fracties in de grondlaag’ betrokken. Door gebruik te maken van gegevens uit het artikel met de daarbij verstrekte voetnoten, en gegevens met betrekking tot de samenstelling van loodwit, kan worden afgeleid welke stoffen uit de ‘organische fracties in de grondlaag’ betrokken zijn bij de vorming van loodzeep. Dan is het mogelijk een nauwkeurigere beschrijving voor de vorming van de loodzepen te geven.

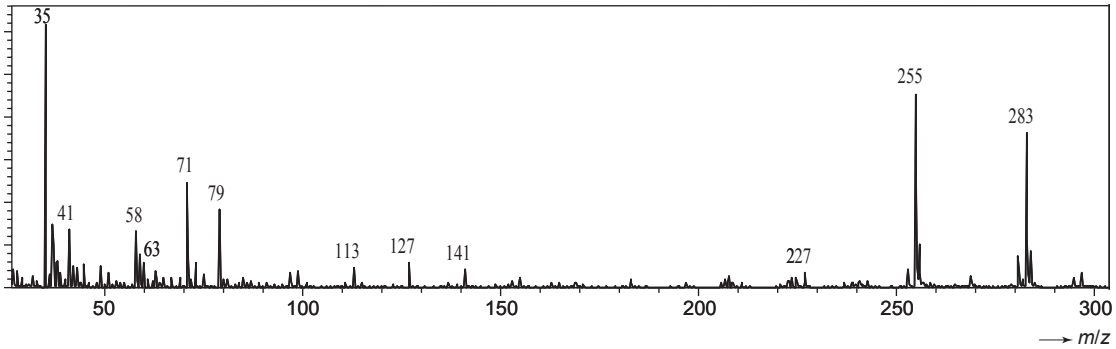
Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

1p **12** Welke soort organische stof in de ‘organische fracties in de grondlaag’ is betrokken bij de vorming van loodzeep?

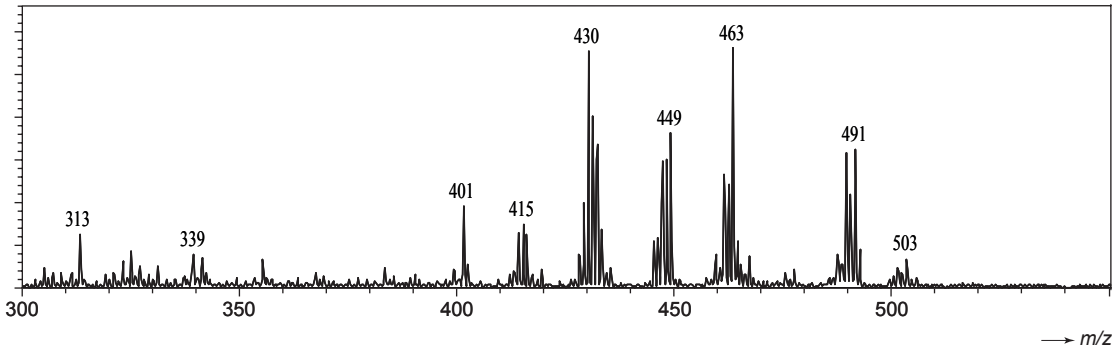
3p **13** Geef een nauwkeurigere beschrijving voor de vorming van loodzeep uit loodwit, gebruik makend van chemische vaktermen.

Massaspectrometrie speelt een belangrijke rol bij het onderzoek naar de samenstelling van de protrusies. Eén van de schilderijen waaraan dit onderzoek is gedaan, is het schilderij “Anatomische Les” van Rembrandt. Monsters uit de protrusies ondergingen in een massaspectrometer een zodanige bewerking dat daaruit negatieve en positieve ionen vrijkwamen. Er is een massaspectrum opgenomen van de negatieve ionen (massaspectrum 1) en één van de positieve ionen (massaspectrum 2).

massaspectrum 1



massaspectrum 2



Uit massaspectrum 1 blijkt de aanwezigheid van chloride-ionen in de protrusie en ook van palmitaationen en stearaationen.
De pieken bij $m/z = 463$ en $m/z = 491$ in massaspectrum 2 geven een sterke aanwijzing voor de aanwezigheid van loodpalmitaat en loodstearaat in de protrusie.

2p **14** Geef de m/z waarde van een piek van de chloride-ionen en de m/z waarde van een piek van de stearaationen in massaspectrum 1.
Noteer je antwoord als volgt:
chloride-ionen: bij m/z = …
stearaationen: bij m/z = …

2p **15** Leid, mede met behulp van een gegeven uit Binas-tabel 25, de formule af van de positieve ionsoort die de piek bij $m/z = 463$ in massaspectrum 2 veroorzaakt.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Cyanide in afvalwater

Het afvalwater van goudwinningsbedrijven bevat vaak veel cyanide, CN^-. Het cyanidegehalte van afvalwater kan als volgt worden bepaald.
Aan een afgemeten hoeveelheid afvalwater wordt een overmaat zwavelzuur toegevoegd. Hierdoor reageert alle CN^- tot HCN. De ontstane oplossing wordt vervolgens verwarmd. Het HCN ontwijkt dan als gas en wordt in een overmaat natronloog geleid. Alle HCN wordt dan weer omgezet tot CN^-. Tenslotte wordt getitreerd met een zilvernitraatoplossing. Bij deze titratie treedt de volgende reactie op:

$$Ag^+ + 2\ CN^- \rightarrow Ag(CN)_2^-$$

Wanneer alle cyanide heeft gereageerd, is het eindpunt van de titratie bereikt. Dit wordt zichtbaar omdat bij toevoeging van nog een druppel van de zilvernitraatoplossing het mengsel troebel wordt doordat het slecht oplosbare zilvercyanide ontstaat.

2p **16** Geef de reactievergelijking van de vorming van het slecht oplosbare zilvercyanide wanneer het eindpunt van de titratie is bereikt.

Bij zo'n bepaling werd 200 mL afvalwater gebruikt. Voor de titratie was 7,82 mL van een 0,0192 M zilvernitraatoplossing nodig.

4p **17** Bereken hoeveel mg CN^- het onderzochte afvalwater per liter bevatte.

Afvalwater met een te hoog cyanidegehalte mag niet worden geloosd. Er zijn verschillende manieren om cyanide uit afvalwater te verwijderen. Eén van die methoden is elektrolyse van het cyanide-houdend afvalwater met onaantastbare elektroden. Het cyanide wordt dan omgezet tot het veel minder giftige cyanaat, NCO^-. Deze elektrolyse wordt in basisch milieu uitgevoerd.

3p **18** Geef de vergelijking van de halfreactie voor de omzetting van cyanide tot cyanaat. In de vergelijking van deze halfreactie komen behalve CN^- en NCO^- onder andere ook OH^- en H_2O voor.

2p **19** Leg uit aan welke elektrode deze omzetting plaatsvindt.

Tijdens de elektrolyse moet de pH op circa 9,5 worden gehouden, om te voorkomen dat in het afvalwater teveel HCN ontstaat, dat als gas zou kunnen ontwijken.

4p **20** Bereken hoeveel procent van het CN^- is omgezet tot HCN in een oplossing waarvan de pH op 9,5 (298 K) wordt gehouden.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Goudwinning

Goud komt in de natuur samen met zilver voor in gesteenten, het zogenoemde gouderts. Uit dit erts wordt goud gewonnen. Aan een artikel uit *Het Digitale Archief III (cd-rom Natuur & Techniek, 1999)* over de winning van goud zijn de volgende tekstfragmenten ontleend.

tekstfragment 2

Bij het cyanideproces vermengt men fijngemalen gouderts met een natriumcyanide-oplossing. Het goud, evenals zilver, reageert met deze oplossing en zuurstof, volgens de reactievergelijking:

$$2\ Au + O_2 + 4\ CN^- \rightarrow 2\ Au(CN)_2^- + 2\ OH^-$$

De reactie verloopt volledig en snel naar rechts. In de praktijk roert men het ertsconcentraat in een natriumcyanide-oplossing waar lucht door borrelt. Als de edelmetalen zijn opgelost, filtreert men het gesteente af.

De reactievergelijking in tekstfragment 2 is fout. De correcte vergelijking kan worden afgeleid onder andere met behulp van het gegeven dat deze reactie een redoxreactie is. De vergelijking van de halfreactie van het goud is hieronder gedeeltelijk weergegeven:

$$Au + CN^- \rightarrow Au(CN)_2^-$$

De andere halfreactie is die van zuurstof in niet-zuur milieu.

2p **21** Maak de hierboven gegeven onvolledige vergelijking van de halfreactie van het goud af.

2p **22** Leid met behulp van de vergelijkingen van de halfreacties de correcte vergelijking af van de reactie die wordt bedoeld in tekstfragment 2.

tekstfragment 3

Het goud in oplossing wordt teruggewonnen door reductie met zinkpoeder:

$$2\ Au(CN)_2^- + Zn \rightarrow Zn(CN)_4^{2-} + 2\ Au$$

Het goud slaat neer en bevat meestal nog aanzienlijke hoeveelheden zilver. De legering wordt gesmolten, in staven gegoten en naar de raffinaderij getransporteerd. In deze raffinaderij wordt de legering gesmolten waarna men er chloorgas doorheen blaast. Zilver vormt daarbij zilverchloride dat op het gesmolten metaal komt drijven. Als het zilvergehalte tot beneden 0,4% is gedaald, beëindigt men het chloreren, schept het zilverchloride van de vloeistof af, en giet daarna het goud in staven van 12,50 kg. Ze zijn voor de verkoop gereed, de zuiverheid is 99,6 massaprocent.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

De grondstof voor de raffinaderij is ruw goud met 90,0 massaprocent goud en 10,0 massaprocent zilver.

6p **23** Bereken hoeveel dm^3 chloorgas (T = 298 K, $p = p_0$) nodig is voor de productie van een staaf goud van 12,50 kg met 99,6 massaprocent goud, uit de grondstof met 90,0 massaprocent goud en 10,0 massaprocent zilver.

tekstfragment 4

Voor sommige toepassingen is goud met een zuiverheid van 99,99 massaprocent of hoger nodig. Hiervoor gebruikt men elektrolytische raffinage. In een geconcentreerde goud(I)chloride-oplossing plaatst men twee elektroden die worden aangesloten op een gelijkspanningsbron. De positieve elektrode is van goud van 99,6% zuiverheid en gaat in oplossing:

$$Au \rightarrow Au^+ + e^-$$

De negatieve elektrode groeit aan met goud van zeer hoge zuiverheid:

$$Au^+ + e^- \rightarrow Au$$

In tekstfragment 4 wordt niet vermeld wat er gebeurt met het zilver dat in de positieve elektrode zit.

4p **24** Beschrijf wat er met dat zilver gebeurt. In je beschrijving moet je
- gebruik maken van het gegeven dat tijdens de elektrolyse een troebeling in de oplossing ontstaat;
- de vergelijking van een optredende reactie en/of halfreactie geven;
- een verklaring geven voor het feit dat zilver niet neerslaat op de negatieve elektrode.

Begin je beschrijving met:
Het aanwezige zilver in de positieve elektrode …

Let op: de laatste vraag van dit examen staat op de volgende pagina.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

In tekstfragment 4 staat dat bij de elektrolytische zuivering van het goud een geconcentreerde goud(I)chloride oplossing wordt gebruikt. Wanneer men goud(I)chloride met water mengt, ontstaat echter een oplossing waarin de concentratie Au^+ heel klein is. In zo'n oplossing stelt zich namelijk een heterogeen evenwicht in waarbij opgeloste goud(III)ionen, $Au^{3+}(aq)$, en vast goud, $Au(s)$, worden gevormd:

$$3\ Au^+(aq) \rightleftarrows Au^{3+}(aq) + 2\ Au(s)$$

Het evenwicht is onderzocht. In een oplossing die is bereid door 0,0010 mol Au^+ in 1,0 liter water te brengen, is de hoeveelheid Au^+ ionen in de evenwichtstoestand nog maar 4% van de oorspronkelijke hoeveelheid van 0,0010 mol.

4p **25** Bereken met behulp van de bovenstaande gegevens de waarde van de evenwichtsconstante van dit evenwicht.

Bronvermelding

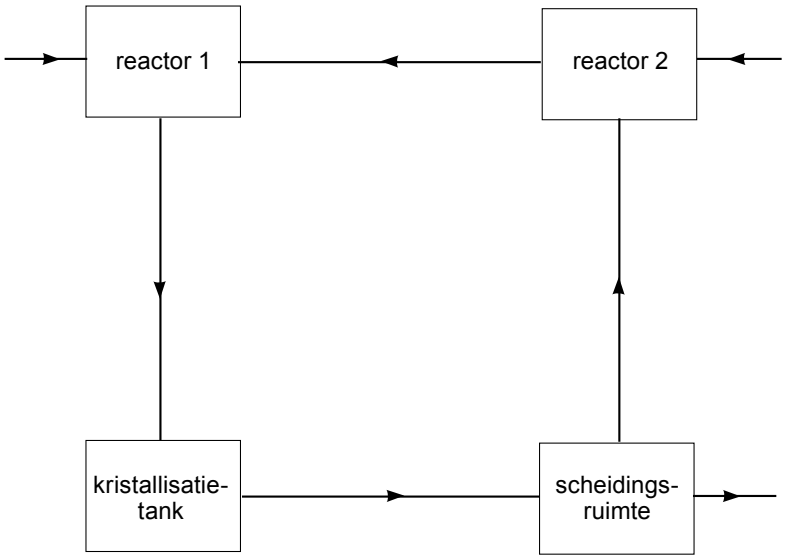
Een opsomming van de in dit examen gebruikte bronnen, zoals teksten en afbeeldingen, is te vinden in het bij dit examen behorende correctievoorschrift, dat na afloop van het examen wordt gepubliceerd.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

uitwerkbijlage

Naam kandidaat _____ Kandidaatnummer _____

6



VERGEET NIET DEZE UITWERKBIJLAGE IN TE LEVEREN

einde ■

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Examen VWO

2007

tijdvak 2
woensdag 20 juni
13.30 - 16.30 uur

scheikunde 1

Bij dit examen horen een bijlage en een uitwerkbijlage.

Dit examen bestaat uit 26 vragen.
Voor dit examen zijn maximaal 71 punten te behalen.
Voor elk vraagnummer staat hoeveel punten met een goed antwoord behaald kunnen worden.

Als bij een vraag een verklaring, uitleg, berekening of afleiding gevraagd wordt, worden aan het antwoord meestal geen punten toegekend als deze verklaring, uitleg, berekening of afleiding ontbreekt.

Geef niet meer antwoorden (redenen, voorbeelden e.d.) dan er worden gevraagd. Als er bijvoorbeeld twee redenen worden gevraagd en je geeft meer dan twee redenen, dan worden alleen de eerste twee in de beoordeling meegeteld.

700049-2-024o

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Volgens velen zullen zogenoemde biobrandstoffen in de toekomst belangrijk worden. Een voorbeeld van een biobrandstof is alcohol (ethanol) die aan benzine wordt toegevoegd. Het tekstfragment dat op de bijlage bij dit examen is afgedrukt, is ontleend aan een artikel over een nieuw proces voor de fabricage van ethanol. Lees dit tekstfragment en beantwoord daarna onderstaande vragen.

In veel landen wordt ernaar gestreefd om in benzine het percentage ethanol van biologische oorsprong, zoals EcoEthanol™, te verhogen.

2p **1** Geef twee argumenten waarom men streeft naar een hoger percentage biobrandstof, zoals EcoEthanol™, in benzine.

In het logen-proces ontstaat bij de omzetting van de cellulose uit stro behalve glucose ook xylose, $C_5H_{10}O_5$. Bij de vergisting (fermentatie) van xylose ontstaan dezelfde stoffen als bij de vergisting van glucose.

3p **2** Geef de reactievergelijking voor de omzetting van de cellulose uit stro waarbij uitsluitend glucose ontstaat. Gebruik molecuulformules; neem $(C_6H_{10}O_5)_n$ als molecuulformule voor cellulose.

3p **3** Geef de reactievergelijking voor de vergisting (fermentatie) van xylose. Gebruik molecuulformules.

De toename van de hoeveelheid koolstofdioxide in de atmosfeer bij gebruik van een bepaalde brandstof wordt niet alleen veroorzaakt door de verbranding van die brandstof. Ook tijdens het productieproces en het transport van zo'n brandstof komt koolstofdioxide vrij.
Bij het artikel zijn drie staafdiagrammen gegeven, waarin wordt weergegeven hoe groot de toename is van de hoeveelheid koolstofdioxide in de atmosfeer bij gebruik van een aantal brandstoffen. Opvallend aan de staafdiagrammen is het grote verschil tussen ethanol uit maïs en EcoEthanol™. In het tekstfragment staan gegevens waarmee dit verschil is te verklaren.

2p **4** Noem twee gegevens uit het tekstfragment waarmee het grote verschil in CO_2 emissie tussen ethanol uit maïs en EcoEthanol™ is te verklaren.

5p **5** Bereken hoeveel kg koolstofdioxide blijkbaar ontstaat bij de productie en het transport van 1,0 L benzine. Neem C_8H_{18} als formule voor benzine. Ga ervan uit dat volledige verbranding van benzine optreedt.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

In het artikel wordt globaal beschreven hoe het proces verloopt. Er staat bijvoorbeeld niet in dat de enzymen volledig aan het lignine adsorberen. Wat betreft de scheidingsmethoden die tijdens het proces worden toegepast, kan uit het artikel worden opgemaakt dat in ieder geval wordt gefiltreerd (zie regels 67 t/m 74). Behalve filtreren is nog zeker één andere scheidingsmethode nodig om uiteindelijk zuivere ethanol te verkrijgen.

2p **6** Geef aan welke stof(fen) na de filtratie in het filtraat zit(ten) en welke stof(fen) in het residu. Noteer je antwoord als volgt:
in het filtraat: …
in het residu: …

2p **7** Leg uit welke andere scheidingsmethode kan worden toegepast om uiteindelijk zuivere ethanol te verkrijgen.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Water ontharden

Oppervlaktewater bevat onder andere Ca^{2+}, Mg^{2+} en HCO_3^- ionen. In drinkwater dat uit oppervlaktewater wordt bereid, zijn deze ionen ook aanwezig. Dit water wordt hard water genoemd. Hard water heeft nadelen. Daarom wordt dikwijls de hardheid van het drinkwater tijdens het productieproces verlaagd. Men noemt dat ontharden. In een voorlichtingsfolder van de Gemeentewaterleidingen Amsterdam staat over het ontharden onder meer de volgende tekst:

tekstfragment

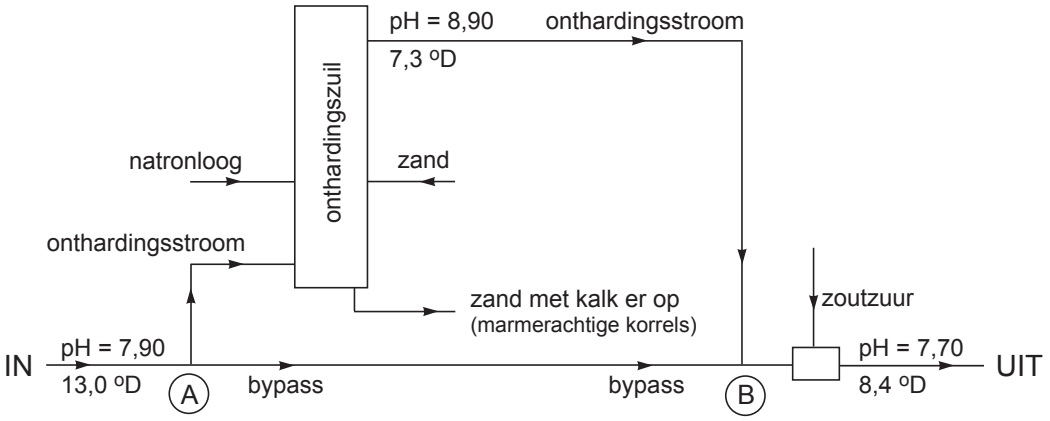
> De hardheid wordt verlaagd door een kristallisatieproces.
> Door toevoeging van natronloog zet de kalk zich af op zandkorrels waardoor marmerachtige korrels worden gevormd.

De marmerachtige korrels zijn zandkorrels met daaromheen een laagje vast calciumcarbonaat dat bij de ontharding is gevormd. Bij dit proces ontstaat geen vast magnesiumcarbonaat.

2p **8** Geef deze ontharding in een reactievergelijking weer.

Een onthardingsinstallatie, zoals die door Gemeentewaterleidingen Amsterdam op een bepaalde locatie wordt gebruikt, is in onderstaande figuur weergegeven. In deze figuur zijn ook gegevens over de pH en de hardheid van het water opgenomen. Deze gegevens zijn gemiddelde waarden over een langere periode en mogen in deze opgave worden gebruikt.
De hardheid van drinkwater wordt uitgedrukt in Duitse hardheidsgraden (ºD). Een hardheid van 1,0 ºD geeft aan dat de totale hoeveelheid Ca^{2+} ionen en Mg^{2+} ionen in het water 0,18 mmol per liter is.
Het water dat de onthardingsinstallatie ingaat, wordt in twee stromen gesplitst. Eén stroom (de bypass) gaat onbehandeld verder. De andere stroom (de onthardingsstroom) gaat door een onthardingszuil (zie figuur).

figuur: Onthardingsinstallatie voor drinkwater



Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Er stroomt 520 m^3 water per uur door zo'n onthardingszuil. Om een grote productie van onthard water te verkrijgen, werken er twaalf onthardingszuilen tegelijkertijd. Elke onthardingszuil werkt 98% van de tijd.

4p **9** Bereken hoeveel kg calciumcarbonaat in totaal per jaar in die twaalf onthardingszuilen ontstaat. Ga er bij de berekening van uit dat de daling van de hardheid uitsluitend wordt veroorzaakt door het ontstaan van calciumcarbonaat.

De temperatuur van het water in de gehele onthardingsinstallatie is 15 ºC.
Het water dat de onthardingszuilen verlaat, heeft een pH = 8,90. In de zuilen is de pH in de buurt van de doseerkoppen waardoor de natronloog wordt toegevoegd, hoger dan 8,90. Het gevolg is dat bij de doseerkoppen vast magnesiumhydroxide wordt gevormd. Men kan zich indenken dat rondom de doseerkoppen zich een heterogeen evenwicht heeft ingesteld:

$$Mg(OH)_2(s) \rightleftarrows Mg^{2+}(aq) + 2\ OH^-(aq) \qquad \text{met} \qquad K_s = [Mg^{2+}][OH^-]^2$$

De evenwichtsconstante K_s voor dit heterogene evenwicht wordt oplosbaarheidsproduct genoemd. Bij de omstandigheden in de onthardingszuilen is de waarde van K_s gelijk aan $1{,}1 \cdot 10^{-12}$. De concentratie van de Mg^{2+} ionen in het water in de buurt van de doseerkoppen is 0,38 mmol L^{-1}.

3p **10** Bereken met behulp van bovenstaande gegevens de pH rondom de doseerkoppen. Gebruik onder andere een gegeven uit Binas-tabel 50A. Ga ervan uit dat bovengenoemd evenwicht zich heeft ingesteld.

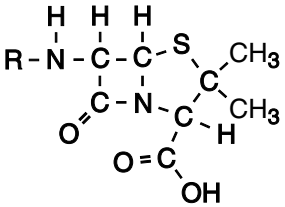
Nadat de onthardingsstroom en de bypass bij Ⓑ zijn samengevoegd, is de pH van het water te hoog. Met geconcentreerd zoutzuur wordt de pH op een waarde van 7,70 gebracht. Daarna wordt het als drinkwater naar de verbruikers getransporteerd.
Bij Ⓑ wordt per uur 520 m^3 water uit de onthardingsstroom gemengd met 125 m^3 water uit de bypass. Wanneer wordt aangenomen dat de pH uitsluitend wordt veroorzaakt door de aanwezigheid van OH^-, kan worden berekend hoe hoog de pH is van het mengsel dat bij Ⓑ ontstaat.

4p **11** Bereken de pH van het mengsel dat bij Ⓑ ontstaat.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Penicilline

Penicilline is de verzamelnaam van een groep stoffen die een bacteriedodend effect bezitten. De moleculen van de verschillende soorten penicilline worden gekenmerkt door de aanwezigheid van twee cyclische structuren, een ring van vier atomen en een ring van vijf atomen. Deze vierring en vijfring vormen samen de zogenoemde kern van het penicillinemolecuul. Hieronder is een penicillinemolecuul schematisch weergegeven.



De verschillende soorten penicilline onderscheiden zich van elkaar door de zijgroep. In bovenstaande structuurformule is die met de letter R aangegeven. Bovenstaande structuurformule is ook weergegeven op de uitwerkbijlage die bij dit examen hoort.
Penicilline wordt in de natuur gemaakt door een schimmel die behoort tot de klasse *Penicillium*. De kern van het penicillinemolecuul wordt gevormd uit twee aminozuureenheden. Bij de natuurlijke synthese van penicilline ontstaat eerst een peptidebinding tussen deze twee aminozuureenheden. Vervolgens worden de vierring en de vijfring gevormd.

2p **12** Geef de 3-lettersymbolen van de twee aminozuren waaruit de kern van een penicillinemolecuul is gevormd.

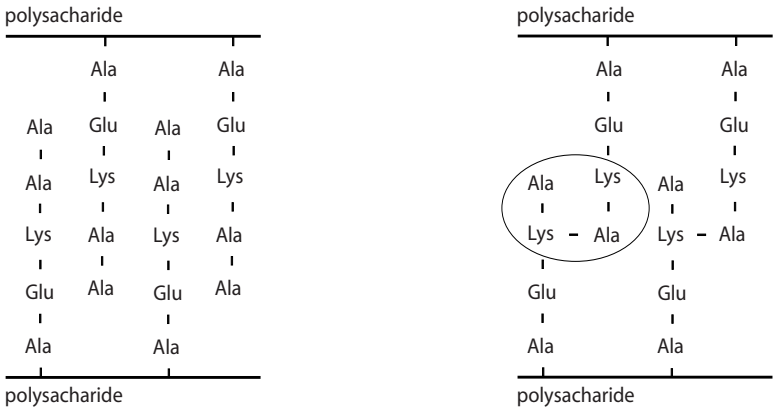
In de kern van een molecuul penicilline komen meerdere asymmetrische koolstofatomen voor. In theorie zouden er dus van penicilline meerdere stereo-isomeren kunnen bestaan. In de natuur is echter sprake van slechts één van deze stereo-isomeren.

2p **13** Geef op de uitwerkbijlage in de structuurformule van penicilline met een sterretje (*) aan welke koolstofatomen asymmetrisch zijn.

2p **14** Geef een verklaring waarom in de natuur slechts één van de mogelijke stereo-isomeren van penicilline voorkomt.

De bacteriedodende werking van penicilline berust op het feit dat de vorming van de celwand van de bacterie wordt verhinderd.
De celwand van een bacterie bestaat onder andere uit een polysacharide. Aan dit polysacharide zijn peptideketens gebonden, gevormd uit een aantal aminozuren. Het eerste aminozuur dat aan het polysacharide is gebonden, is altijd alanine, waarbij steeds de aminogroep van alanine aan het polysacharide is gekoppeld. Bij het maken van de celwand worden twee naburige peptideketens aan elkaar gekoppeld. Die koppeling wordt gekatalyseerd door het enzym transpeptidase. Twee dergelijke koppelingen zijn hierna schematisch weergegeven.

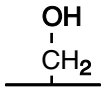
Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.



voor de koppeling na de koppeling

4p **15** Geef de structuurformule van het omcirkelde gedeelte. Uit deze structuurformule moet blijken hoe de vier aminozuurresten zijn gekoppeld. Maak gebruik van gegevens uit deze opgave en uit Binas.

Penicilline verhindert de hierboven beschreven koppeling van peptideketens doordat penicilline met het enzym transpeptidase reageert. Hierbij wordt het penicillinemolecuul aan het enzym gebonden. Deze reactie is niet omkeerbaar. De ontstane stof is niet als enzym werkzaam.
Transpeptidase is een polypeptide. In een molecuul transpeptidase komt onder andere een serine-eenheid voor. Bij de reactie tussen penicilline en transpeptidase reageert de zijketen van de serine-eenheid met de peptidebinding in de kern van een molecuul penicilline. Hierbij wordt die peptidebinding verbroken en ontstaat een ester.
Op de uitwerkbijlage bij dit examen is de vergelijking van de reactie tussen penicilline en transpeptidase gedeeltelijk weergegeven. Het molecuul transpeptidase met daarin de zijketen van de serine-eenheid is daarbij als volgt schematisch weergegeven:



3p **16** Maak op de uitwerkbijlage de vergelijking van de reactie tussen penicilline en transpeptidase af. Noteer het reactieproduct van deze reactie in structuurformule, op vergelijkbare wijze als voor de pijl voor penicilline en transpeptidase is gedaan.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Zilver

In de aardkorst komt het mineraal argentiet, Ag_2S, voor. Hieruit kan zilver worden gewonnen. Bij de winning van zilver uit argentiet wordt een oplossing van natriumcyanide ($NaCN$) gebruikt. In deze oplossing is het natriumcyanide geïoniseerd in Na^+ ionen en CN^- ionen. Het volgende evenwicht heeft zich ingesteld:

$$CN^- + H_2O \rightleftarrows HCN + OH^-$$ (evenwicht 1)

Waterstofcyanide (HCN), dat ook wel blauwzuur wordt genoemd, is giftig en heeft dus een lage MAC-waarde. De $[HCN]$ in de oplossing moet daarom klein zijn. Dat wordt bereikt door de pH van de natriumcyanide-oplossing op een bepaalde waarde te brengen met behulp van natronloog.

3p **17** Wanneer is de $[HCN]$ in de oplossing het kleinst: wanneer de pH op 11 wordt gebracht of wanneer de pH op 12 wordt gebracht? Geef aan de hand van evenwicht 1 een verklaring voor je antwoord.

Bij de winning van zilver wordt het gesteente dat argentiet bevat, fijngemalen en gemengd met de natriumcyanide-oplossing. Er ontstaat een suspensie. Door deze suspensie wordt lucht geleid. Hierbij treedt de volgende reactie op:

$$2\ Ag_2S + 8\ CN^- + O_2 + 2\ H_2O \rightarrow 4\ Ag(CN)_2^- + 2\ S + 4\ OH^-$$ (reactie 2)

De suspensie wordt gefiltreerd. Het filtraat wordt met overmaat zinkpoeder geroerd. De volgende reactie treedt op:

$$2\ Ag(CN)_2^- + Zn \rightarrow 2\ Ag + Zn(CN)_4^{2-}$$ (reactie 3)

Aangenomen mag worden dat zowel in het deeltje $Ag(CN)_2^-$ als in het deeltje $Zn(CN)_4^{2-}$ cyanide-ionen voorkomen.

4p **18** Leg mede aan de hand van formules van deeltjes in de vergelijkingen van reactie 2 en reactie 3, uit of het om redoxreacties gaat of niet.
Noteer je antwoord door in elk van onderstaande zinnen een keuze voor “wel” of “niet” te maken en de zinnen af te maken.
Reactie 2 is wel/niet een redoxreactie want …
Reactie 3 is wel/niet een redoxreactie want …

Het ontstane zilver wordt samen met de overmaat zinkpoeder door filtratie afgescheiden. Het residu is een mengsel van zilver en zink. Hieruit wordt het zilver verkregen door zoutzuur toe te voegen. Dan reageert zink wel en zilver niet. Bij deze reactie ontstaat onder andere waterstof.

3p **19** Geef de vergelijking van de reactie die plaatsvindt wanneer zoutzuur aan het mengsel van zink en zilver wordt toegevoegd.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl. Pagina: 704

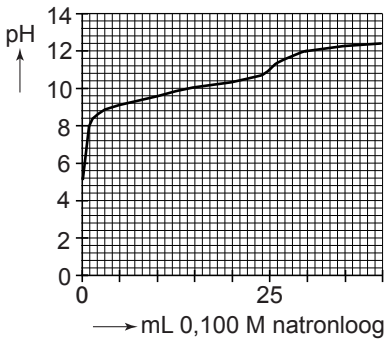
De formoltitratie

Wijn wordt gemaakt door gisting van druivensap. De micro-organismen die voor de gisting zorgen, hebben voor hun groei onder andere stikstof nodig. Stikstof komt in druivensap voor in de vorm van stikstofverbindingen zoals ammonium en aminozuren.
Wanneer het stikstofgehalte in druivensap te laag is, verloopt de gisting niet goed of te traag. Daarom is het voor een wijnboer van groot belang om op eenvoudige wijze een schatting te kunnen maken van dit gehalte. Hij zou daartoe het ammonium en de aminozuren in het druivensap kunnen titreren met natronloog.
Bij zuurbase-titraties wordt vaak een indicator gebruikt om het equivalentiepunt van de titratie te bepalen. Voor de titratie van druivensap met natronloog is echter geen geschikte indicator te vinden. Dit blijkt onder andere uit de titratiecurve van de titratie van een oplossing van glycine met natronloog.
Glycine is het eenvoudigste aminozuur. In oplossing is het voornamelijk aanwezig in de vorm van $NH_3^+ - CH_2 - COO^-$. Wanneer een glycine-oplossing met natronloog wordt getitreerd, treedt de volgende reactie op:

$$NH_3^+ - CH_2 - COO^- + OH^- \rightarrow NH_2 - CH_2 - COO^- + H_2O$$

De titratiecurve van 25,0 mL van een 0,100 M glycine-oplossing met 0,100 M natronloog is hieronder weergegeven.

titratiecurve



Een leerling die deze titratiecurve bestudeert, vindt dat de indicator alizariengeel-R goed zou kunnen worden gebruikt om het equivalentiepunt te bepalen.

2p **20** Geef een argument, ontleend aan de titratiecurve, dat de leerling zou kunnen hebben gebruikt om zijn bewering te ondersteunen.

1p **21** Leg aan de hand van de titratiecurve uit waarom ook alizariengeel-R niet kan worden gebruikt om het equivalentiepunt van de titratie van een 0,100 M glycine-oplossing met 0,100 M natronloog te bepalen.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Door gebruik te maken van formol kan men het equivalentiepunt van de titratie van een oplossing van een aminozuur met natronloog wel goed bepalen. Formol is een oplossing van voornamelijk methanal in water. De bepaling wordt de formoltitratie genoemd.
Wanneer men aan een glycine-oplossing formol toevoegt, treedt de volgende reactie op:

$$2\ H_2CO\ +\ NH_3^{+}-CH_2-COO^{-}\ \rightarrow\ (HOCH_2)_2NH^{+}-CH_2-COO^{-}$$

In de uitvoering van de formoltitratie wordt de pH van de te onderzoeken oplossing eerst op een waarde tussen 8,0 en 9,0 gebracht. Daarna wordt de formol toegevoegd. Tenslotte wordt de dan ontstane oplossing met natronloog getitreerd tot de pH van de oplossing weer dezelfde waarde heeft als vóór de toevoeging van de formol. Tijdens de formoltitratie van een glycine-oplossing treedt uitsluitend de volgende reactie op:

$$(HOCH_2)_2NH^{+}-CH_2-COO^{-}\ +\ OH^{-}\ \rightarrow\ (HOCH_2)_2N-CH_2-COO^{-}\ +\ H_2O$$

Andere aminozuren en ammonium reageren op dezelfde manier met methanal als glycine. De deeltjes die bij deze reacties ontstaan, reageren eveneens met OH^{-} in de molverhouding 1 : 1. Dat maakt het mogelijk om de formoltitratie voor de stikstofbepaling van druivensap te gebruiken.
In een Amerikaans internettijdschrift voor wijnboeren wordt het volgende voorschrift voor de formoltitratie gegeven.

voorschrift

1. Controleer de pH van de formol en breng die eventueel met behulp van natronloog op 8,0.
2. Breng met behulp van een pipet 10 mL van het druivensap over in een maatkolf van 25 mL. Vul de maatkolf met gedestilleerd water aan tot de maatstreep en schud goed.
3. Breng met behulp van een pipet 10 mL van het verdunde druivensap over in een erlenmeyer en breng met behulp van natronloog de pH op 8,0.
4. Voeg 2 mL formol toe.
5. Titreer de ontstane oplossing met 0,050 M natronloog tot de pH weer gelijk is aan 8,0.

naar: www.fst.vt.edu/extension/enology/downloads/FermNitro.pdf

Uit het aantal mL natronloog dat bij stap 5 nodig was, is het stikstofgehalte van het druivensap te berekenen. Dit gehalte wordt meestal uitgedrukt in het aantal mg N per liter. Hiervoor wordt in het internettijdschrift ook een formule verstrekt die er als volgt uitziet: stikstofgehalte (mg N L^{-1}) = $v \times F$.
Hierin is v het aantal mL 0,050 M natronloog dat nodig was bij de titratie en is F een omrekeningsfactor.

4p **22** Bereken de waarde van F.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

In stap 1 van de bepaling wordt de pH van de formol gecontroleerd. Dit is nodig omdat de pH van de formol tussen twee bepalingen geleidelijk verandert. Dat komt doordat de methanal in de formol reageert met zuurstof uit de lucht. Deze reactie is een redoxreactie.

3p **23** Geef van deze redoxreactie de vergelijkingen van de beide halfreacties en leid daarmee de totale reactievergelijking af.

1p **24** Leg aan de hand van de reactievergelijking uit of tengevolge van deze reactie de pH van de formol stijgt of daalt.

Wanneer de uitkomst van de bepaling te laag is, moet de wijnboer maatregelen nemen. In het internettijdschrift wordt onder andere aanbevolen om dan een stof aan het druivensap toe te voegen die wordt aangeduid met DAP. DAP is de afkorting voor “diammonium phosphate”; dit is Engels voor diammoniumfosfaat. Diammoniumfosfaat is niet de systematische naam van de stof die wordt toegevoegd.

2p **25** Geef de formule van de stof die wordt aangeduid met DAP.

Een wijnboer die niet de beschikking heeft over een pH-meter, kan de formoltitratie uitvoeren met behulp van fenolftaleïen als indicator.

3p **26** Geef een werkplan voor het uitvoeren van de formoltitratie aan druivensap met behulp van fenolftaleïen als indicator. Ga ervan uit dat het druivensap geen kleur heeft.

Bronvermelding

Een opsomming van de in dit examen gebruikte bronnen, zoals teksten en afbeeldingen, is te vinden in het bij dit examen behorende correctievoorschrift, dat na afloop van het examen wordt gepubliceerd.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Bijlage VWO
2007

tijdvak 2

scheikunde 1

Tekstboekje

700049-2-024b

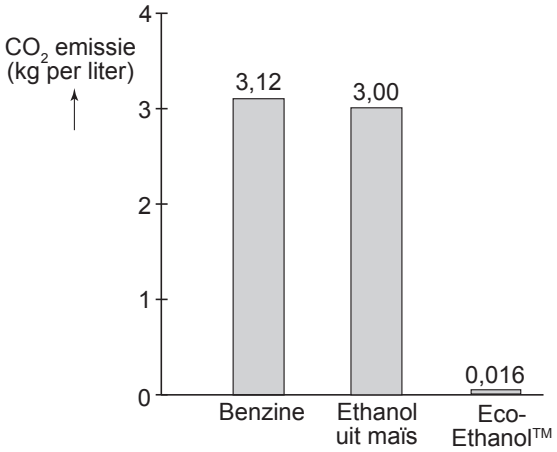
Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

tekstfragment

Alcohol mag dan niet de aangewezen brandstof zijn voor de automobilist zelf, maar in zijn tank kan het de motorgeest op een plezierige manier vaardig maken. Zonder enige aanpassing van de motor en de brandstofsystemen kan ethanol probleemloos tot zo'n vijf procent of meer worden toegevoegd. De Europese Unie is inmiddels uit de startblokken gekomen met de doelstelling dat in 2005 de totale motorbrandstoffenplas voor minimaal twee procent uit biomateriaal moet bestaan, terwijl dat in 2010 al 5,75 procent moet zijn.
Iogen, een Canadese producent van enzymen (een soort biokatalysator) heeft een superieure methode ontwikkeld om van groenresten en oogstafval, bijvoorbeeld stro, zogeheten cellulose-ethanol te maken. Het staat tegenover de huidige methode om van het voedingsdeel van een gewas (bijvoorbeeld tarwe of maïs) ethanol te maken. Evenmin concurreert het proces met de voedselproductie. Tevens gebeurt het maken van EcoEthanol™, de merknaam van het Iogen-product, vrijwel CO_2-neutraal.
Productie van ethanol op grote schaal vindt nu eigenlijk alleen plaats in het Midden-Westen van de Verenigde Staten, op basis van maïs, of in Brazilië, op basis van suikerriet. Ook in Europa wordt ethanol gemaakt, maar tegen dusdanig hoge kosten dat het alleen kan bestaan met omvangrijke directe steun aan boeren (landbouwsubsidies) en aan ethanolproducenten (een speciaal accijnsregime).
'Het kan slimmer', is de gedachte bij Shell. Niet alcohol maken van gewassen die ook kunnen dienen voor menselijke en/of dierlijke voeding, zoals maïs en suikerriet, maar 'afvalgroen' gebruiken, dus stengels, bladeren, doppen, houtsnippers desnoods. Met bovendien een veel betere energie-balans in het proces, zodat de CO_2-balans over het gehele traject (van akker tot tank) bijna neutraal is (zie de staafdiagrammen op de volgende pagina). Het productieproces levert namelijk lignine op, ofwel cellulose-vezelresten, en dat kan worden gebruikt om de ketels te stoken voor de proceswarmte.
Al dit 'slimmer' komt samen in het Canadese Iogen-proces. Sinds begin 2004 draait in de buurt van Ottawa de eerste demonstratiefabriek van Iogen Energy. De voeding is stro. Het stro wordt in grote ketels gekookt in een waterige oplossing met een toevoeging van speciale enzymen. Hierbij worden suikers uit de cellulose gevormd. Na een verblijfstijd van enkele dagen wordt het tussenproduct afgetapt voor verdere fermentatie - onder toevoeging van gist - tot een oplossing van ethanol. Daarna kunnen de ketels worden geleegd, de filters schoongemaakt en het water biologisch gereinigd.
Een Iogen-fabriek moet bij voorkeur midden in het grondstoffengebied staan. Oogstafval heeft immers een geringe energie-inhoud en dus loont het niet om het over grotere afstand te transporteren. Wel is het haalbaar om de energierijke ethanol naar verder-gelegen markten te brengen. In de Verenigde Staten betrekt Shell haar ethanol (gemaakt uit het zetmeel van maïs) uit staten in het Midden-Westen. De ethanol wordt met speciale treinen naar bijvoorbeeld Californië getransporteerd naar een groot benzinedepot van Shell. Daar wordt benzine met ethanol gemengd. Deze brandstof bevat 5,7 volume-procent ethanol.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

staafdiagrammen



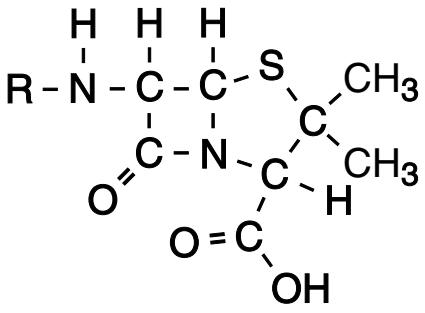
naar: Shell Venster maart/april 2005

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

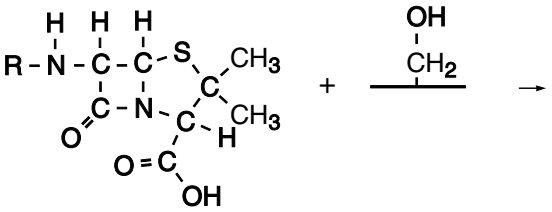
uitwerkbijlage

Naam kandidaat _____ Kandidaatnummer _____

13



16



VERGEET NIET DEZE UITWERKBIJLAGE IN TE LEVEREN

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Examen VWO

2007

tijdvak 2
woensdag 20 juni
13.30 - 16.30 uur

scheikunde 1,2

Bij dit examen hoort een bijlage.

Dit examen bestaat uit 24 vragen.
Voor dit examen zijn maximaal 72 punten te behalen.
Voor elk vraagnummer staat hoeveel punten met een goed antwoord behaald kunnen worden.

Als bij een vraag een verklaring, uitleg, berekening of afleiding gevraagd wordt, worden aan het antwoord meestal geen punten toegekend als deze verklaring, uitleg, berekening of afleiding ontbreekt.

Geef niet meer antwoorden (redenen, voorbeelden e.d.) dan er worden gevraagd. Als er bijvoorbeeld twee redenen worden gevraagd en je geeft meer dan twee redenen, dan worden alleen de eerste twee in de beoordeling meegeteld.

700049-2-025o

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

EcoEthanol™

Volgens velen zullen zogenoemde biobrandstoffen in de toekomst belangrijk worden. Een voorbeeld van een biobrandstof is alcohol (ethanol) die aan benzine wordt toegevoegd. Het tekstfragment dat op de bijlage bij dit examen is afgedrukt, is ontleend aan een artikel over een nieuw proces voor de fabricage van ethanol. Lees dit tekstfragment en beantwoord daarna onderstaande vragen.

In veel landen wordt ernaar gestreefd om in benzine het percentage ethanol van biologische oorsprong, zoals EcoEthanol™, te verhogen.

2p **1** Geef twee argumenten waarom men streeft naar een hoger percentage biobrandstof, zoals EcoEthanol™, in benzine.

In het logen-proces ontstaat bij de omzetting van de cellulose uit stro behalve glucose ook xylose, $C_5H_{10}O_5$. Bij de vergisting (fermentatie) van xylose ontstaan dezelfde stoffen als bij de vergisting van glucose.

3p **2** Geef de reactievergelijking voor de omzetting van de cellulose uit stro waarbij uitsluitend glucose ontstaat. Gebruik molecuulformules; neem $(C_6H_{10}O_5)_n$ als molecuulformule voor cellulose.

3p **3** Geef de reactievergelijking voor de vergisting (fermentatie) van xylose. Gebruik molecuulformules.

Het mengsel van alcohol en benzine dat in Californië wordt gemaakt (zie regels 86 t/m 92), kan zonder problemen en zonder aanpassingen aan de motor worden gebruikt. Dat komt omdat de stookwaarde van het mengsel maar weinig verschilt van de stookwaarde van benzine. De stookwaarde geeft aan hoeveel energie (in joule) een bepaalde hoeveelheid brandstof (kg voor vaste stoffen, m^3 voor vloeistoffen en gassen) kan leveren (zie Binas-tabel 28A).

3p **4** Bereken, mede met behulp van de stookwaarden, hoeveel energie (in joule) 1,0 m^3 van het mengsel van ethanol en benzine dat in Californië wordt gemaakt, kan leveren.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

De toename van de hoeveelheid koolstofdioxide in de atmosfeer bij gebruik van een bepaalde brandstof wordt niet alleen veroorzaakt door de verbranding van die brandstof. Ook tijdens het productieproces en het transport van zo'n brandstof komt koolstofdioxide vrij.
Bij het artikel zijn drie staafdiagrammen gegeven, waarin wordt weergegeven hoe groot de toename is van de hoeveelheid koolstofdioxide in de atmosfeer bij gebruik van een aantal brandstoffen. Opvallend aan de staafdiagrammen is het grote verschil tussen ethanol uit maïs en EcoEthanol™. In het tekstfragment staan gegevens waarmee dit verschil is te verklaren.

2p **5** Noem twee gegevens uit het tekstfragment waarmee het grote verschil in CO_2 emissie tussen ethanol uit maïs en EcoEthanol™ is te verklaren.

5p **6** Bereken hoeveel kg koolstofdioxide blijkbaar ontstaat bij de productie en het transport van 1,0 L benzine. Neem C_8H_{18} als formule voor benzine. Ga ervan uit dat volledige verbranding van benzine optreedt.

In het artikel wordt globaal beschreven hoe het productieproces van EcoEthanol™ verloopt. Er wordt niet vermeld dat:
- de toegevoegde enzymen volledig aan het vaste lignine adsorberen;
- de gist doorgroeit tijdens de fermentatie;
- de gist door filtratie wordt afgescheiden, waarna een deel wordt hergebruikt en de resterende gist wordt verkocht als bakkersgist of als veevoer of wordt gebruikt als brandstof bij het proces.

In het artikel wordt vrijwel niet ingegaan op scheidingsmethoden die tijdens het proces ook nodig zijn om uiteindelijk zuivere ethanol te verkrijgen.

4p **7** Teken een blokschema voor het proces.
- Gebruik vijf blokken: twee blokken voor reactoren en drie blokken voor scheidingsmethoden.
- Geef in dit blokschema ook aan welke scheidingsmethoden worden gebruikt.
- Zet bijschriften bij alle stofstromen; kies daarbij uit de volgende lijst: **enzymen, ethanol, gist, koolstofdioxide, lignine, stro, suikers, water**. Houd rekening met de mogelijkheid dat sommige bijschriften meerdere malen moeten worden gebruikt.
- Laat het biologisch reinigen van het water en het gebruik van lignine en eventueel overgebleven gist als brandstof buiten beschouwing.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Water ontharden

Oppervlaktewater bevat onder andere Ca^{2+}, Mg^{2+} en HCO_3^- ionen. In drinkwater dat uit oppervlaktewater wordt bereid, zijn deze ionen ook aanwezig. Dit water wordt hard water genoemd. Hard water heeft nadelen. Daarom wordt dikwijls de hardheid van het drinkwater tijdens het productieproces verlaagd. Men noemt dat ontharden. In een voorlichtingsfolder van de Gemeentewaterleidingen Amsterdam staat over het ontharden onder meer de volgende tekst:

tekstfragment

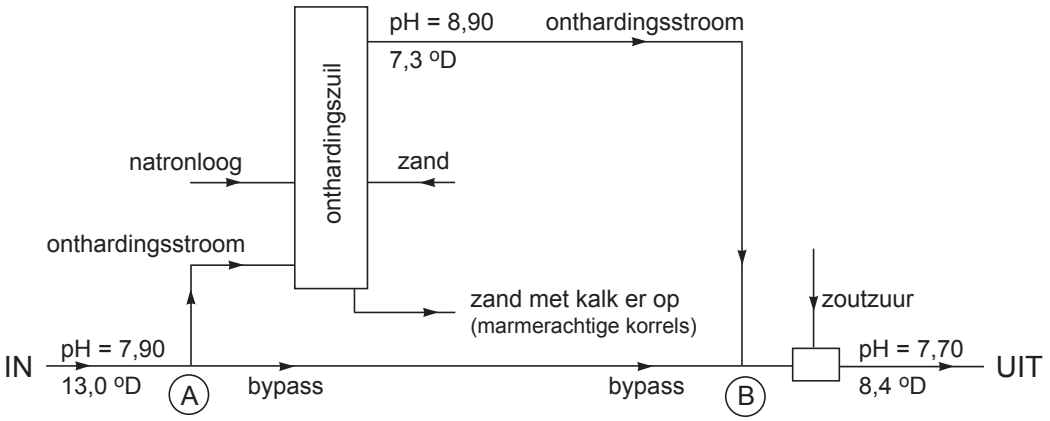
> De hardheid wordt verlaagd door een kristallisatieproces.
> Door toevoeging van natronloog zet de kalk zich af op zandkorrels waardoor marmerachtige korrels worden gevormd.

De marmerachtige korrels zijn zandkorrels met daaromheen een laagje vast calciumcarbonaat dat bij de ontharding is gevormd. Bij dit proces ontstaat geen vast magnesiumcarbonaat.

2p **8** Geef deze ontharding in een reactievergelijking weer.

Een onthardingsinstallatie, zoals die door Gemeentewaterleidingen Amsterdam op een bepaalde locatie wordt gebruikt, is in onderstaande figuur weergegeven. In deze figuur zijn ook gegevens over de pH en de hardheid van het water opgenomen. Deze gegevens zijn gemiddelde waarden over een langere periode en mogen in deze opgave worden gebruikt.
De hardheid van drinkwater wordt uitgedrukt in Duitse hardheidsgraden (°D). Een hardheid van 1,0 °D geeft aan dat de totale hoeveelheid Ca^{2+} ionen en Mg^{2+} ionen in het water 0,18 mmol per liter is.
Het water dat de onthardingsinstallatie ingaat, wordt in twee stromen gesplitst. Eén stroom (de bypass) gaat onbehandeld verder. De andere stroom (de onthardingsstroom) gaat door een onthardingszuil (zie figuur).

figuur: Onthardingsinstallatie voor drinkwater



Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Er stroomt 520 m^3 water per uur door zo'n onthardingszuil. Om een grote productie van onthard water te verkrijgen, werken er twaalf onthardingszuilen tegelijkertijd. Elke onthardingszuil werkt 98% van de tijd.

4p **9** Bereken hoeveel kg calciumcarbonaat in totaal per jaar in die twaalf onthardingszuilen ontstaat. Ga er bij de berekening van uit dat de daling van de hardheid uitsluitend wordt veroorzaakt door het ontstaan van calciumcarbonaat.

De temperatuur van het water in de gehele onthardingsinstallatie is 15 ºC.
Het water dat de onthardingszuilen verlaat, heeft een pH = 8,90. In de zuilen is de pH in de buurt van de doseerkoppen waardoor de natronloog wordt toegevoegd, hoger dan 8,90. Het gevolg is dat bij de doseerkoppen vast magnesiumhydroxide wordt gevormd. Men kan zich indenken dat rondom de doseerkoppen zich een heterogeen evenwicht heeft ingesteld:

$$Mg(OH)_2(s) \rightleftarrows Mg^{2+}(aq) + 2\ OH^-(aq) \qquad \text{met} \qquad K_s = [Mg^{2+}][OH^-]^2$$

De evenwichtsconstante K_s voor dit heterogene evenwicht wordt oplosbaarheidsproduct genoemd. Bij de omstandigheden in de onthardingszuilen is de waarde van K_s gelijk aan $1{,}1 \cdot 10^{-12}$. De concentratie van de Mg^{2+} ionen in het water in de buurt van de doseerkoppen is 0,38 mmol L^{-1}.

3p **10** Bereken met behulp van bovenstaande gegevens de pH rondom de doseerkoppen. Gebruik onder andere een gegeven uit Binas-tabel 50A. Ga ervan uit dat bovengenoemd evenwicht zich heeft ingesteld.

Nadat de onthardingsstroom en de bypass bij Ⓑ zijn samengevoegd, is de pH van het water te hoog. Met geconcentreerd zoutzuur wordt de pH op een waarde van 7,70 gebracht. Daarna wordt het als drinkwater naar de verbruikers getransporteerd.
Bij Ⓑ wordt per uur 520 m^3 water uit de onthardingsstroom gemengd met 125 m^3 water uit de bypass. Wanneer wordt aangenomen dat de pH uitsluitend wordt veroorzaakt door de aanwezigheid van OH^-, kan worden berekend hoe hoog de pH is van het mengsel dat bij Ⓑ ontstaat.

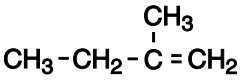
4p **11** Bereken de pH van het mengsel dat bij Ⓑ ontstaat.

Regelmatig wordt de hoeveelheid Ca^{2+} in het drinkwater gecontroleerd. Dit kan gebeuren door een titratie met een oplossing van een stof die met de afkorting EDTA wordt aangeduid. Zowel Ca^{2+} ionen als Mg^{2+} ionen reageren tijdens zo'n titratie in een aflopende reactie met EDTA. De molverhouding waarin Ca^{2+} met EDTA reageert is 1 : 1; ook Mg^{2+} reageert met EDTA in de molverhouding 1 : 1. Er wordt een indicator gebruikt die van kleur verandert wanneer alle Ca^{2+} ionen en Mg^{2+} ionen met EDTA hebben gereageerd.
Bij een dergelijke titratie wordt 100,0 mL van het drinkwater getitreerd met een 0,0100 M EDTA oplossing. Hiervan is 14,4 mL nodig. In een eerdere bepaling was vastgesteld dat de concentratie Mg^{2+} in het drinkwater 0,38 mmol L^{-1} is.

4p **12** Bereken het gehalte aan Ca^{2+} in het drinkwater in mg L^{-1}.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

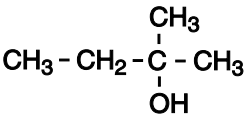
Een bepaalde koolwaterstof kan met onderstaande structuurformule P worden weergegeven.



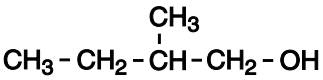
P

3p **13** Geef de systematische naam van de koolwaterstof die met bovenstaande structuurformule is weergegeven.

De koolwaterstof met structuurformule P kan met water reageren. De stoffen die hierbij ontstaan, zijn hieronder met de structuurformules Q en R weergegeven.



Q



R

Wanneer men het mengsel van de reactieproducten door middel van destillatie scheidt, worden twee kleurloze fracties verkregen.
Om vast te stellen welke structuurformule bij welke fractie hoort, kan men gebruik maken van een aangezuurde oplossing van de stof kaliumdichromaat ($K_2Cr_2O_7$). In oplossing is dit zout gesplitst in K^+ ionen en $Cr_2O_7^{2-}$ ionen. In zuur milieu kan het $Cr_2O_7^{2-}$ ion als oxidator optreden.

2p **14** Leg aan de hand van het verschil in de structuurformules Q en R uit dat je een aangezuurde oplossing van kaliumdichromaat kunt gebruiken om er achter te komen welke structuurformule bij welke fractie hoort.

2p **15** Leg met behulp van gegevens uit Binas uit welke waarneming(en) je doet wanneer een aangezuurde oplossing van kaliumdichromaat aan beide fracties wordt toegevoegd.

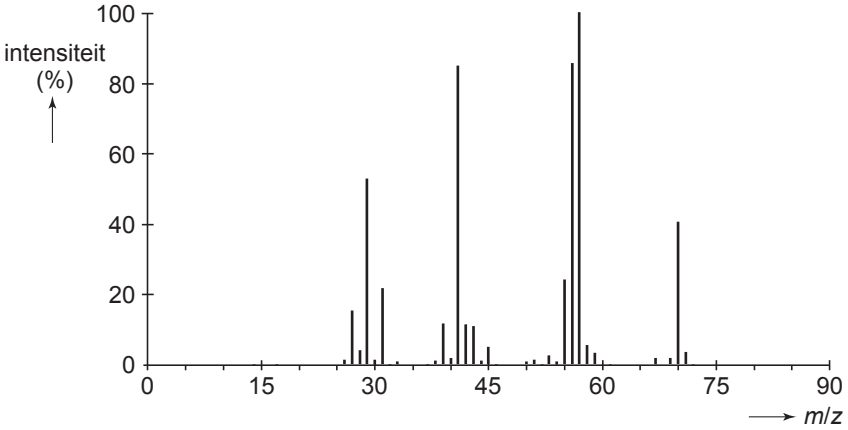
Twee leerlingen bespreken met elkaar de mogelijkheid om met behulp van een polarimeter na te gaan welke structuurformule bij welke fractie hoort.
Victor beweert dat je met behulp van een polarimeter kunt nagaan welke structuurformule bij welke fractie hoort.
Lodewijk is daar niet zo zeker van. Hij denkt dat een onderzoek met een polarimeter wel eens geen uitsluitsel zal kunnen geven.

3p **16** Ben je het eens met Victor of met Lodewijk? Geef een verklaring voor je antwoord.

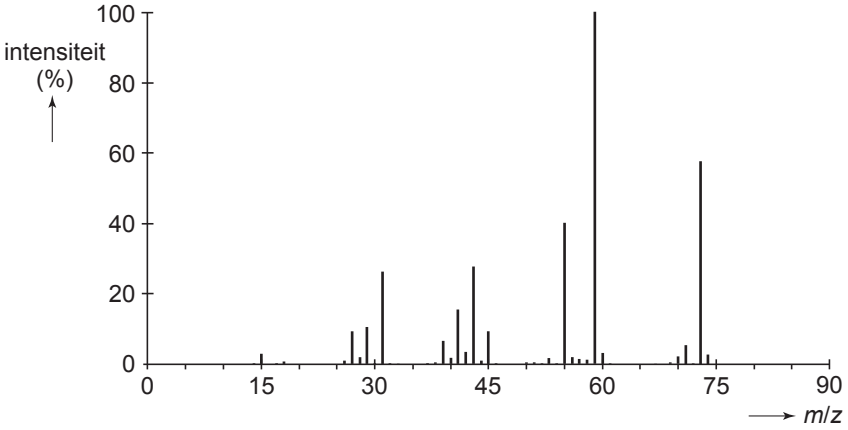
Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Ook door van beide fracties het massaspectrum op te nemen, kan men nagaan welke structuurformule bij welke fractie hoort.
Bij massaspectrometrie worden moleculen eerst omgezet tot molecuulionen. Vaak splitsen deze molecuulionen zich in twee fragmenten: een fragment met een positieve lading en een ongeladen fragment. Kenmerkend voor alcoholen is dat daarbij onder andere zogenoemde α-cleavage plaatsvindt. Bij α-cleavage wordt een C – C binding verbroken. Eén van de C atomen van deze C – C binding is het C atoom waaraan de OH groep is gebonden. Het fragment dat het O atoom bevat, krijgt hierbij de positieve lading. De intensiteiten van de pieken die bij deze fragmenten horen, is relatief hoog (20% of hoger).
Hieronder zijn de massaspectra van beide fracties afgebeeld.

massaspectrum 1



massaspectrum 2



Met behulp van de informatie over α-cleavage kan worden nagegaan welke structuurformule moet worden toegekend aan welke fractie.

3p **17** Geef de structuurformules van de positieve ionen die ontstaan bij α-cleavage van de molecuulionen van Q en R. Noteer je antwoord als volgt:
α-cleavage van het molecuulion van Q geeft: …
α-cleavage van het molecuulion van R geeft: …

2p **18** Moet structuurformule Q worden toegekend aan de fractie waarvan massaspectrum 1 is gemaakt of is dat structuurformule R? Geef een verklaring voor je antwoord; verwerk hierin gegevens uit beide spectra.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Zilver

In de aardkorst komt het mineraal argentiet, Ag_2S, voor. Hieruit kan zilver worden gewonnen. Bij de winning van zilver uit argentiet wordt een oplossing van natriumcyanide ($NaCN$) gebruikt. In deze oplossing is het natriumcyanide geïoniseerd in Na^+ ionen en CN^- ionen. De oplossing is basisch omdat het volgende evenwicht zich heeft ingesteld:

$$CN^- + H_2O \rightleftarrows HCN + OH^-$$ (evenwicht 1)

Van de opgeloste waterstofcyanide, $HCN(aq)$, die zich vormt, ontwijkt een klein deel als gas uit de oplossing, $HCN(g)$. Er kan zich een verdelingsevenwicht instellen:

$$HCN(aq) \rightleftarrows HCN(g)$$ (evenwicht 2)

De evenwichtsvoorwaarde voor dit evenwicht luidt: $\frac{[HCN(g)]}{[HCN(aq)]} = K$.

Bij 298 K is $K = 5{,}4 \cdot 10^{-3}$.
Waterstofcyanide (HCN), dat ook wel blauwzuur wordt genoemd, is giftig en heeft dus een lage MAC-waarde. De hoeveelheid HCN die zich in evenwicht 1 vormt, moet daarom klein zijn. Dat wordt bereikt door de natriumcyanide op te lossen in natronloog. De pH van de oplossing die daarbij ontstaat, is 11,0.

3p **19** Bereken de waterstofcyanide-concentratie in de natriumcyanide-oplossing, $[HCN(aq)]$, als de MAC-waarde voor $HCN(g)$ is bereikt (T = 298 K). Neem aan dat evenwicht 2 zich heeft ingesteld.

3p **20** Bereken de concentratie van de cyanide-ionen in de oplossing voor het geval dat de MAC-waarde voor $HCN(g)$ is bereikt (T = 298 K).

Bij de winning van zilver wordt het gesteente dat argentiet bevat, fijngemalen en gemengd met de natriumcyanide-oplossing. Er ontstaat een suspensie. Door deze suspensie wordt lucht geleid. Hierbij treedt de volgende reactie op:

$$2\ Ag_2S + 8\ CN^- + O_2 + 2\ H_2O \rightarrow 4\ Ag(CN)_2^- + 2\ S + 4\ OH^-$$ (reactie 3)

De suspensie wordt gefiltreerd. Het filtraat wordt met overmaat zinkpoeder geroerd. De volgende reactie treedt op:

$$2\ Ag(CN)_2^- + Zn \rightarrow 2\ Ag + Zn(CN)_4^{2-}$$ (reactie 4)

Aangenomen mag worden dat zowel in het deeltje $Ag(CN)_2^-$ als in het deeltje $Zn(CN)_4^{2-}$ cyanide-ionen voorkomen.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

4p **21** Leg, mede aan de hand van formules van deeltjes in de vergelijkingen van reactie 3 en reactie 4, uit of het om redoxreacties gaat of niet.
Noteer je antwoord door in elk van onderstaande zinnen een keuze voor “wel” of “niet” te maken en de zinnen af te maken.
Reactie 3 is wel/niet een redoxreactie want …
Reactie 4 is wel/niet een redoxreactie want …

Het ontstane zilver wordt samen met de overmaat zinkpoeder door filtratie afgescheiden. Het residu is een mengsel van zilver en zink. Hieruit wordt het zink verwijderd door een oplossing van een zuur toe te voegen waarmee zink wel reageert en zilver niet. Verdund salpeterzuur is daarvoor niet geschikt.

2p **22** Leg met behulp van gegevens uit Binas-tabel 48 uit dat verdund salpeterzuur niet geschikt is om zink uit een mengsel van zilver en zink te verwijderen.

Zoutzuur is wel geschikt om zink uit een mengsel van zilver en zink te verwijderen. Wanneer zoutzuur aan een mengsel van zilver en zink wordt toegevoegd, treedt een reactie op waarbij onder andere waterstof ontstaat.

3p **23** Geef de vergelijking van deze reactie.

Het zilver dat door filtratie wordt afgescheiden, is niet zuiver. Het kan door elektrolyse worden gezuiverd. Het onzuivere zilver wordt verbonden met de positieve pool van een stroombron. Een zilvernitraat-oplossing wordt als elektrolyt gebruikt. Wanneer elektrische stroom door de cel gaat, treden de volgende reacties op:
Aan de positieve elektrode: $Ag \rightarrow Ag^{+} + e^{-}$
Aan de negatieve elektrode: $Ag^{+} + e^{-} \rightarrow Ag$
Op de negatieve elektrode slaat zuiver zilver neer. Verontreinigingen komen op de bodem van het elektrolysevat terecht.

3p **24** Bereken hoeveel uur het duurt om op deze manier 100 kg zuiver zilver te bereiden met een stroomsterkte van 500 A (A betekent ampère; 1 A = 1 C s^{-1}).
- Gebruik bij je berekening onder andere het gegeven dat de lading van één mol elektronen gelijk is aan $9{,}65 \cdot 10^{4}$ C.
- Ga ervan uit dat alle elektriciteit wordt gebruikt om zilver te vormen.

Bronvermelding
Een opsomming van de in dit examen gebruikte bronnen, zoals teksten en afbeeldingen, is te vinden in het bij dit examen behorende correctievoorschrift, dat na afloop van het examen wordt gepubliceerd.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Bijlage VWO
2007

tijdvak 2

scheikunde 1,2

Tekstboekje

700049-2-025b

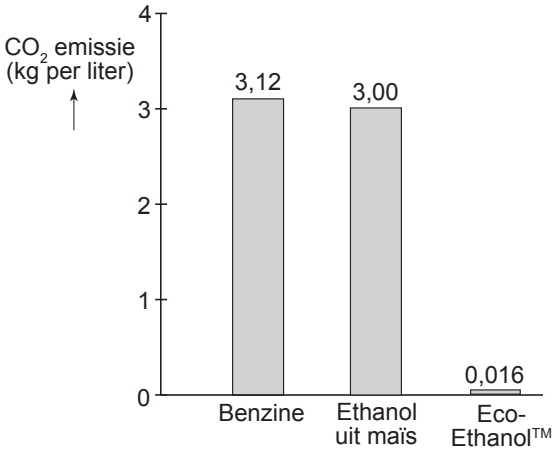
Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

tekstfragment

Alcohol mag dan niet de aangewezen brandstof zijn voor de automobilist zelf, maar in zijn tank kan het de motorgeest op een plezierige manier vaardig maken. Zonder enige aanpassing van de motor en de brandstofsystemen kan ethanol probleemloos tot zo'n vijf procent of meer worden toegevoegd. De Europese Unie is inmiddels uit de startblokken gekomen met de doelstelling dat in 2005 de totale motorbrandstoffenplas voor minimaal twee procent uit biomateriaal moet bestaan, terwijl dat in 2010 al 5,75 procent moet zijn.
Iogen, een Canadese producent van enzymen (een soort biokatalysator) heeft een superieure methode ontwikkeld om van groenresten en oogstafval, bijvoorbeeld stro, zogeheten cellulose-ethanol te maken. Het staat tegenover de huidige methode om van het voedingsdeel van een gewas (bijvoorbeeld tarwe of maïs) ethanol te maken. Evenmin concurreert het proces met de voedselproductie. Tevens gebeurt het maken van EcoEthanol™, de merknaam van het Iogen-product, vrijwel CO_2-neutraal.
Productie van ethanol op grote schaal vindt nu eigenlijk alleen plaats in het Midden-Westen van de Verenigde Staten, op basis van maïs, of in Brazilië, op basis van suikerriet. Ook in Europa wordt ethanol gemaakt, maar tegen dusdanig hoge kosten dat het alleen kan bestaan met omvangrijke directe steun aan boeren (landbouwsubsidies) en aan ethanolproducenten (een speciaal accijnsregime).
'Het kan slimmer', is de gedachte bij Shell. Niet alcohol maken van gewassen die ook kunnen dienen voor menselijke en/of dierlijke voeding, zoals maïs en suikerriet, maar 'afvalgroen' gebruiken, dus stengels, bladeren, doppen, houtsnippers desnoods. Met bovendien een veel betere energie-balans in het proces, zodat de CO_2-balans over het gehele traject (van akker tot tank) bijna neutraal is (zie de staafdiagrammen op de volgende pagina). Het productieproces levert namelijk lignine op, ofwel cellulose-vezelresten, en dat kan worden gebruikt om de ketels te stoken voor de proceswarmte.
Al dit 'slimmer' komt samen in het Canadese Iogen-proces. Sinds begin 2004 draait in de buurt van Ottawa de eerste demonstratiefabriek van Iogen Energy. De voeding is stro. Het stro wordt in grote ketels gekookt in een waterige oplossing met een toevoeging van speciale enzymen. Hierbij worden suikers uit de cellulose gevormd. Na een verblijfstijd van enkele dagen wordt het tussenproduct afgetapt voor verdere fermentatie - onder toevoeging van gist - tot een oplossing van ethanol. Daarna kunnen de ketels worden geleegd, de filters schoongemaakt en het water biologisch gereinigd.
Een Iogen-fabriek moet bij voorkeur midden in het grondstoffengebied staan. Oogstafval heeft immers een geringe energie-inhoud en dus loont het niet om het over grotere afstand te transporteren. Wel is het haalbaar om de energierijke ethanol naar verder-gelegen markten te brengen. In de Verenigde Staten betrekt Shell haar ethanol (gemaakt uit het zetmeel van maïs) uit staten in het Midden-Westen. De ethanol wordt met speciale treinen naar bijvoorbeeld Californië getransporteerd naar een groot benzinedepot van Shell. Daar wordt benzine met ethanol gemengd. Deze brandstof bevat 5,7 volume-procent ethanol.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

staafdiagrammen



naar: Shell Venster maart/april 2005

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

scheikunde 1

Examen VWO

Voorbereidend
Wetenschappelijk
Onderwijs

20 06

Tijdvak 1
Maandag 22 mei
13.30 – 16.30 uur

Voor dit examen zijn maximaal 69 punten te behalen; het examen bestaat uit 26 vragen.
Voor elk vraagnummer is aangegeven hoeveel punten met een goed antwoord behaald kunnen worden.
Voor de beantwoording van vraag 3 is een uitwerkbijlage bijgevoegd.
Bij dit examen hoort een informatieboekje.

Als bij een vraag een verklaring, uitleg, berekening of afleiding gevraagd wordt, worden aan het antwoord meestal geen punten toegekend als deze verklaring, uitleg, berekening of afleiding ontbreekt.

Geef niet meer antwoorden (redenen, voorbeelden e.d.) dan er worden gevraagd. Als er bijvoorbeeld twee redenen worden gevraagd en je geeft meer dan twee redenen, dan worden alleen de eerste twee in de beoordeling meegeteld.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

MZA is een grondstof voor veel soorten polymeren, onder andere polyesters. De molecuulformule van MZA is $C_4H_2O_3$; de structuurformule van MZA is afgebeeld op pagina 2 van het informatieboekje dat bij dit examen hoort.
MZA kan worden verkregen uit een stof I. De structuurformule van deze stof I is afgebeeld op pagina 2 van het informatieboekje dat bij dit examen hoort.
Bij deze bereiding van MZA reageren van een molecuul van stof I beide OH groepen met elkaar onder vorming van een molecuul MZA. Tevens wordt daarbij een molecuul water gevormd. Een dergelijke reactie kan niet optreden met de stereo-isomeer van stof I. De structuurformule van deze stereo-isomeer is eveneens afgebeeld op pagina 2 van het informatieboekje dat bij dit examen hoort.

4p **1** ☐ Geef de systematische naam van stof I en de systematische naam van de stereo-isomeer van stof I. Noteer je antwoord als volgt:
stof I: …
stereo-isomeer van stof I: …

2p **2** ☐ Leg aan de hand van de structuurformule van de stereo-isomeer van stof I uit waarom de beide OH groepen uit een molecuul van die stereo-isomeer niet met elkaar kunnen reageren.

Een tweede bereidingswijze van MZA is gebaseerd op de reactie van benzeen met zuurstof:

$$2\ C_6H_6 + 9\ O_2 \rightarrow 2\ C_4H_2O_3 + 4\ CO_2 + 4\ H_2O$$

Dit is een exotherme reactie die onder invloed van een katalysator plaatsvindt. De invloed van een katalysator op het verloop van een reactie kan met behulp van energiediagrammen duidelijk worden gemaakt. Op de uitwerkbijlage bij dit examen zijn twee energiediagrammen voor een exotherme reactie gedeeltelijk weergegeven: één voor de reactie zonder katalysator en één voor de reactie met katalysator. Van beide energiediagrammen is slechts het energieniveau van de beginstoffen aangegeven met het bijschrift ‘beginstoffen’.

3p **3** ☐ Maak op de uitwerkbijlage de energiediagrammen voor een exotherme reactie af, door het plaatsen van energieniveaus met bijbehorende bijschriften, zodat duidelijk wordt wat de invloed van de katalysator is op het verloop van de reactie.

Bij de bereiding van MZA uit benzeen wordt uit 1,0 kg benzeen 1,0 kg MZA verkregen.

3p **4** ☐ Bereken het rendement van deze bereiding van MZA uit benzeen.

Een derde bereidingsproces van MZA is gebaseerd op de reactie van butaan en zuurstof uit de lucht. Bij deze reactie ontstaat behalve MZA uitsluitend water.

3p **5** ☐ Geef de reactievergelijking in molecuulformules van de vorming van MZA uit butaan en zuurstof.

Een onderneming die een fabriek voor de bereiding van MZA wil opzetten, heeft dus de keuze uit een aantal verschillende processen. De onderneming zal daarbij kiezen voor het proces dat het beste economische bedrijfsresultaat oplevert. Bij het maken van zo’n keuze spelen tal van factoren een rol, bijvoorbeeld: de prijs en de beschikbaarheid van grondstoffen, de energie die moet worden ingekocht, de benodigde technische voorzieningen en het rendement van het proces. Behalve deze factoren zullen ook factoren moeten worden onderzocht die meer met de chemie te maken hebben. Stel jij werkt bij een bedrijf dat aan deze onderneming advies moet uitbrengen over de keuze.

2p **6** ☐ Noem twee factoren die met chemie te maken hebben, die jij zou (laten) onderzoeken om tot een juiste keuze te komen.

2p **7** ☐ Geef bij elke door jou genoemde factor een argument waarom deze factor belangrijk is voor het keuzeproces.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Ammoniakmonitor

Het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM) verzamelt via een landelijk meetnet gegevens over de concentraties van een aantal stoffen die in lucht voorkomen, bijvoorbeeld zwaveldioxide, ozon, stikstofoxiden en ammoniak. De concentratie van ammoniak wordt gemeten omdat deze stof bijdraagt aan de verzuring van het milieu.

2p **8** ☐ Geef aan hoe het komt dat ammoniak bijdraagt aan de verzuring van het milieu.

Op pagina 3 van het informatieboekje dat bij dit examen hoort, staat een artikel dat gaat over de ontwikkeling van een meetinstrument voor ammoniak, een zogenoemde ammoniakmonitor. Deze monitor wordt inmiddels op ongeveer tien plaatsen, verspreid over Nederland, in het landelijke meetnet gebruikt. Lees het artikel en beantwoord vervolgens de vragen.

In het gedeelte met als kop “Zelf ontwikkelde monitor” wordt de werking van de ammoniakmonitor beschreven. De werking is gebaseerd op een drietal reacties die na elkaar verlopen.

3p **9** ☐ Geef de reactievergelijkingen van deze drie reacties.

In het artikel wordt het aantal liter lucht genoemd dat per minuut wordt ingeleid (regel 13). De aanvoer van de in het artikel genoemde vloeistoffen moet zodanig op deze luchtaanvoer zijn afgestemd dat ook bij hoge ammoniakconcentraties de monitor betrouwbare metingen doet.

4p **10** ☐ Bereken hoeveel mL $NaHSO_4$ oplossing tenminste per week nodig is. Neem als uitgangspunt voor de berekening het meetbereik waarbinnen de monitor betrouwbare meetresultaten oplevert.

2p **11** ☐ Geef de structuurformule van een kenmerkend fragment van de stof waarvan het membraan is gemaakt. Maak gebruik van Binas-tabel 103A (4^e druk) of 66A (5^e druk). Het fragment moet tenminste zes koolstofatomen bevatten en moet komen uit het midden van een molecuul van deze stof.

Een leerling vraagt zich na het lezen van dit artikel af, of het mogelijk is om een eenvoudigere versie voor een ammoniakmonitor te ontwerpen.
Hij stelt voor om gedestilleerd water door de denuder te leiden en het geleidingsvermogen van de uitstromende vloeistof te meten om zo de ammoniakconcentratie te bepalen.
De docent reageert hierop met de opmerking dat het natuurlijk te proberen valt, maar dat zo’n eenvoudigere monitor zeer waarschijnlijk geen betrouwbare meetresultaten met betrekking tot de ammoniakconcentratie zal geven. Zo zal het meetresultaat onbetrouwbaar zijn wanneer de lucht ook verontreinigd is met zwaveldioxide. Dat komt omdat opgelost zwaveldioxide het geleidingsvermogen ook beïnvloedt.

3p **12** ☐ Geef de vergelijking van de reactie die plaatsvindt wanneer zwaveldioxide in water oplost en leg aan de hand van die reactievergelijking uit dat zwaveldioxide het geleidingsvermogen beïnvloedt.

Bij het testen van de beschreven monitor heeft onder meer de invloed van de (omgevings)temperatuur op de betrouwbaarheid van de metingen een rol gespeeld.
Men heeft onderzoek gedaan in het temperatuurtraject van 10 °C tot 30 °C.
Uit dit onderzoek bleek dat er sprake is van een duidelijke temperatuurgevoeligheid van de meetresultaten.

2p **13** ☐ Noem twee aspecten van de werking van deze monitor die door de temperatuur worden beïnvloed.

2p **14** ☐ Beschrijf globaal hoe dit onderzoek naar de temperatuurafhankelijkheid van de meetresultaten kan zijn uitgevoerd.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Hydrogel

Dextraan is een polysacharide dat door sommige bacteriesoorten wordt geproduceerd. De moleculen van dextraan bestaan uit aan elkaar gekoppelde glucose-eenheden. Uitgezonderd de glucose-eenheden aan de beide uiteinden van de dextraanmoleculen is elke glucose-eenheid gekoppeld aan twee andere glucose-eenheden. Er zijn dus geen vertakkingen in de dextraanstructuur aanwezig zoals in glycogeen. Een bepaalde dextraansoort heeft een gemiddelde molecuulmassa van $1{,}64 \cdot 10^4$ u.

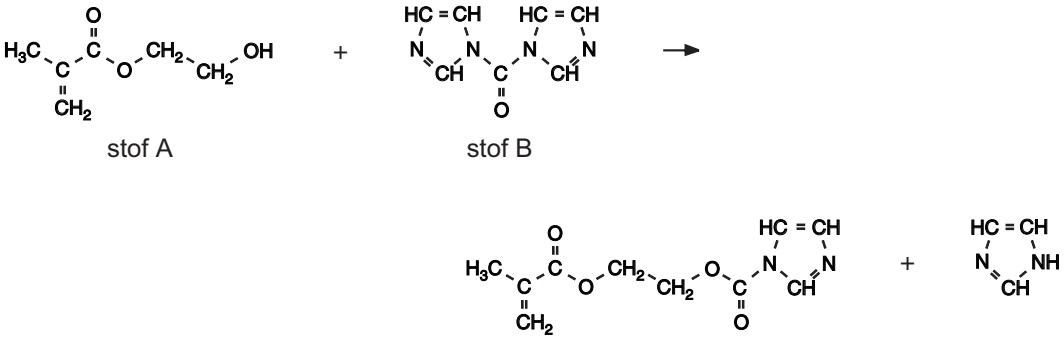
2p **15** ☐ Bereken het gemiddelde aantal glucose-eenheden in de moleculen van deze dextraansoort.

Dextraan wordt als beginstof gebruikt voor de synthese van een biologisch afbreekbaar polymeer. Daartoe brengt men op sommige plaatsen in de dextraanketens zijgroepen aan die een C = C binding bevatten. De structuurformule van een stof die daarvoor wordt gebruikt (stof A) staat afgebeeld op pagina 4 van het informatieboekje dat bij dit examen hoort.
Op grond van structuurkenmerken zijn koolstofverbindingen in een aantal klassen in te delen. Voorbeelden van zulke klassen zijn: verzadigde verbindingen, koolwaterstoffen, carbonzuren, etc. Stof A is op grond van zijn structuurkenmerken onder te brengen in meerdere klassen van koolstofverbindingen. Zo behoort stof A tot de alifatische (niet-aromatische) verbindingen en tot de verbindingen met een vertakt koolstofskelet.

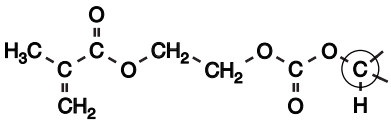
3p **16** ☐ Noem nog drie klassen van koolstofverbindingen waartoe stof A kan worden gerekend.

Het aanbrengen van de zijgroepen aan de dextraanketens is het resultaat van twee synthesestappen. Eerst laat men stof A reageren met stof B volgens reactie 1:

reactie 1



Het koppelingsproduct dat in reactie 1 ontstaat, laat men vervolgens reageren met dextraan. Hieronder is weergegeven hoe de zijgroep vastzit aan een glucose-ring van de dextraanketen.



Het omcirkelde koolstofatoom (C) maakt deel uit van de glucose-ring.
Bij de reactie tussen stof A en stof B kan een nevenreactie optreden waarbij een ongewenst bijproduct C wordt gevormd. De structuurformule van dit ongewenste bijproduct staat eveneens afgebeeld op pagina 4 van het informatieboekje dat bij dit examen hoort.
Om de vorming van dit ongewenste bijproduct zoveel mogelijk tegen te gaan, gebruikt men een overmaat van stof B.

2p **17** ☐ Geef aan hoe een molecuul van bijproduct C wordt gevormd en leg uit dat de vorming van bijproduct C wordt tegengegaan wanneer men overmaat van stof B gebruikt.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Door specifieke structuurkenmerken van de zijgroepen die aan de dextraanketens zijn aangebracht, is een polymerisatiereactie mogelijk. Deze polymerisatiereactie is zeer schematisch weergegeven in figuur 1 op pagina 4 van het informatieboekje dat bij dit examen hoort. In deze figuur zijn de dextraanmoleculen weergegeven als aan elkaar gekoppelde zeshoekjes (glucose-eenheden) en de zijgroepen met C = C bindingen als ⟋⟒
Door polymerisatie ontstaat een netwerkpolymeer. Het netwerkpolymeer wordt een hydrogel genoemd vanwege de aanzienlijke hoeveelheid water die het kan opnemen. Wanneer tijdens de polymerisatie, die plaatsvindt in waterig milieu, het reactiemengsel stevig wordt geroerd, vormen zich zeer kleine zogenoemde microbolletjes van deze hydrogel.
De hoeveelheid water die deze microbolletjes kunnen opnemen, hangt af van het gemiddeld aantal zijgroepen dat per honderd glucose-eenheden aan dextraan is gekoppeld. Hoe groter dit aantal zijgroepen is, des te kleiner is de hoeveelheid water.

2p **18** ☐ Geef hiervoor twee mogelijke verklaringen.

Een veelbelovende toepassing van zulke microbolletjes is het gebruik als toedieningswijze voor bepaalde geneesmiddelen. Wanneer tijdens de polymerisatie ook het geneesmiddel in de oplossing aanwezig is, wordt dit ingesloten in de microbolletjes. Deze zouden door middel van een injectie op de gewenste plaats in het lichaam kunnen worden toegediend, waarna het geneesmiddel gedurende langere tijd op gecontroleerde wijze kan vrijkomen doordat de microbolletjes via geleidelijke hydrolyse langzaam uiteenvallen.
Bij de hydrolyse ontstaan uiteindelijk weer dextraanketens zonder zijgroepen. Verder ontstaan uitsluitend koolstofdioxide en polymeerketens van stof A. Deze hydrolyse is zeer schematisch weergegeven in figuur 2 op pagina 4 van het informatieboekje dat bij dit examen hoort.
In figuur 2 is met een pijl een fragment van zo'n polymeerketen van stof A aangeduid. Men kan zich indenken dat zo'n keten is ontstaan door additiepolymerisatie.

3p **19** ☐ Geef de structuurformule van een fragment uit het midden van zo'n polymeer. Het fragment moet uit drie monomeereenheden van stof A bestaan.

Om te bepalen hoeveel water door de microbolletjes (zonder geneesmiddel) kan worden opgenomen, worden ze eerst watervrij gemaakt. Vervolgens worden de watervrije microbolletjes in een oplossing van een blauwe kleurstof gebracht. De concentratie van de blauwe kleurstof in deze oplossing is bekend. De moleculen van deze kleurstof zijn zo groot dat ze niet via de poriën van de bolletjes naar binnen kunnen. De watermoleculen zijn klein genoeg om wel in de bolletjes te worden opgenomen. Daardoor stijgt de concentratie van de blauwe kleurstof in de oplossing. Wanneer de microbolletjes geen water meer opnemen, wordt van de overgebleven blauwgekleurde oplossing de concentratie van de blauwe kleurstof bepaald.
Bij zo'n bepaling werd aan 40 mg watervrije microbolletjes 400 µL oplossing van de blauwe kleurstof met een concentratie van $3{,}0 \cdot 10^{-6}$ mol L^{-1} toegevoegd. Toen de microbolletjes geen water meer opnamen, was de concentratie van de blauwe kleurstof in de oplossing gestegen tot $3{,}7 \cdot 10^{-6}$ mol L^{-1}.

3p **20** ☐ Bereken hoeveel mg water door de microbolletjes is opgenomen. Neem daarbij aan dat 1,0 µL water een massa heeft van 1,0 mg.

Let op: de laatste vragen van dit examen staan op de volgende pagina.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Akatalasemie

Tijdens verbrandingsprocessen in het lichaam worden zuurstofmoleculen, door het opnemen van elektronen (e^-), omgezet tot O^{2-} ionen. Deze O^{2-} ionen reageren vervolgens met H^+ ionen tot watermoleculen:

$O_2 + 4\ e^- \rightarrow 2\ O^{2-}$

$2\ O^{2-} + 4\ H^+ \rightarrow 2\ H_2O$

Beide omzettingen worden gekatalyseerd door enzymen.
Tijdens verbrandingsprocessen in het lichaam kunnen zuurstofmoleculen ook op een andere manier elektronen opnemen. Er worden dan O_2^{2-} ionen gevormd, die vervolgens doorreageren tot H_2O_2 moleculen.

3p **21** ☐ Geef de omzetting van O_2 tot H_2O_2 op eenzelfde wijze weer als hierboven is gedaan voor de omzetting van O_2 tot H_2O.

2p **22** ☐ Wordt de omzetting van O_2 tot O^{2-} door hetzelfde enzym gekatalyseerd als de omzetting van O_2 tot O_2^{2-}? Geef een verklaring voor je antwoord.

In lichaamscellen moet de concentratie van waterstofperoxide zo laag mogelijk blijven omdat het met allerlei moleculen in de cel kan reageren. Daarom is in alle cellen een enzym, katalase, aanwezig dat de omzetting katalyseert van waterstofperoxide tot water en zuurstof: $2\ H_2O_2 \rightarrow 2\ H_2O + O_2$
De omzetting van waterstofperoxide tot water en zuurstof onder invloed van katalase verloopt in twee stappen. In de eerste reactiestap bindt een molecuul katalase een zuurstofatoom dat wordt onttrokken aan een waterstofperoxidemolecuul.

4p **23** ☐ Geef van de omzetting van waterstofperoxide onder invloed van katalase de twee reactiestappen in vergelijkingen weer. Geef hierin katalase weer met ‘Enzym’ en een katalasemolecuul waaraan een zuurstofatoom is gebonden met ‘O – Enzym’.

Sommige mensen hebben geen of te weinig katalase. Men spreekt van akatalasemie. Bij een 72-jarige akatalasemie-patiënt uit Japan heeft men vastgesteld dat bij hem deze afwijking een genetische oorsprong heeft. In zijn DNA blijkt in het gen dat codeert voor de vorming van katalase het basenpaar te ontbreken dat in het gen voor normaal katalase op plaats 358 staat. Het gevolg is dat vanaf het 120ste aminozuur de aminozuurketen van het eiwit dat zich dan vormt, verschilt van de aminozuurketen van normaal katalase.
In de aminozuurketen van normaal katalase is het 119de aminozuur glutaminezuur (Glu) en het 120ste aminozuur serine (Ser).

3p **24** ☐ Geef het fragment ~ Glu – Ser ~ van de aminozuurketen van normaal katalase in een structuurformule weer.

DNA is opgebouwd uit twee ketens (strengen). De ene streng (matrijsstreng) wordt bij de eiwitsynthese afgelezen, waarbij het messenger-RNA (mRNA) wordt gevormd. Hieronder is van de matrijsstreng van het gen dat codeert voor de vorming van normaal katalase een deel van de basenvolgorde vanaf plaats 355 weergegeven:

… CTTAGCCCAAGT …
↑ ↑ ↑
355 360 365

De code voor het 119de aminozuur van de keten van katalase begint bij de 355ste base van het gen dat codeert voor de vorming van katalase.

3p **25** ☐ Geef de basenvolgorde van het fragment in het mRNA dat van het hierboven weergegeven DNA-fragment wordt afgelezen.

2p **26** ☐ Leid met behulp van gegevens uit deze opgave betreffende het DNA van de akatalasemie-patiënt en gegevens uit Binas-tabel 70E af welk aminozuur zich op plaats 120 in de aminozuurketen van de akatalasemie-patiënt bevindt.

Einde

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

scheikunde 1

Examen VWO

Voorbereidend
Wetenschappelijk
Onderwijs

20 06

Tijdvak 1
Maandag 22 mei
13.30 – 16.30 uur

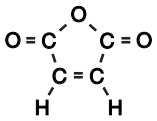
Informatieboekje

600025-1-23b

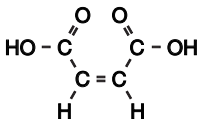
Begin

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

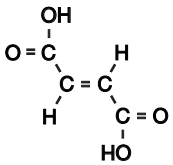
Structuurformule van MZA:



Structuurformule van stof I:



Structuurformule van de stereo-isomeer van stof I:



Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

artikel

RIVM BREIDT MEETNET UIT MET AMMONIAKMONITOR

Het RIVM zal begin volgend jaar het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit (LML) uitbreiden met een ammoniakmonitor. Al jarenlang meet het RIVM op systematische wijze de Nederlandse luchtkwaliteit. Tot voor kort ontbrak ammoniak in het analysepakket. Aangezien ammoniak in Nederland de helft van de totale zure depositie voor zijn rekening neemt, werd het gebrek aan systematische ammoniakmetingen als een steeds groter gemis ervaren. Een Nederlandse vinding opent de weg voor automatische meting van ammoniak in de buitenlucht.

Zelf ontwikkelde monitor De door onderzoekers van ECN en RIVM ontwikkelde ammoniakmonitor is opgebouwd rond een zogenoemde 'continuous flow wet denuder', een apparaat dat bestaat uit twee in elkaar passende cilinders die in tegengestelde richting draaien. Tussen de wanden van beide cilinders bevindt zich een dunne film absorptievloeistof. De te meten lucht stroomt met een snelheid van 30 L min^{-1} langs de absorptievloeistof (0,1 M $NaHSO_4$). De in de lucht aanwezige ammoniakmoleculen worden na absorptie omgezet in ammoniumionen. Voortdurend stroomt een klein beetje van deze vloeistof uit de 'denuder'. Tegelijkertijd stroomt verse absorptievloeistof de denuder in om het verlies aan te vullen. Door toevoeging van verdunde natronloog reageert het ammonium weer tot ammoniakgas. Het opgeloste ammoniakgas passeert een teflonmembraan. Aan de andere kant van het membraan stroomt gedestilleerd water, waarin het ammoniakgas weer oplost in de vorm van ammoniumionen. Dit ammoniumhoudende vloeistofstroompje passeert tenslotte een detector voor meting van het geleidingsvermogen. Het signaaltje uit deze detector is een directe maat voor de ammoniakconcentratie in de aangezogen lucht. De monitor is op die manier in staat om elke minuut een meetresultaat te produceren.

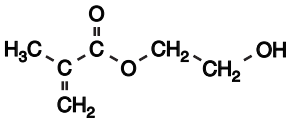
Proef draaien Vanaf augustus 1992 is de ammoniakmonitor opgenomen in een interim meetnet. Dit meetnet bestaat uit acht locaties die ook deel uitmaken van het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit. De locaties zijn zodanig gekozen dat ze de gehele range aan ammoniakconcentraties bestrijken, variërend van achtergrondniveau tot emissieniveau. De specificaties van de monitor blijken ruimschoots toereikend om onder alle omstandigheden betrouwbaar te kunnen meten. In de periode augustus 1992 tot juli 1993 bedroeg de laagst gemeten gemiddelde ammoniakconcentratie 2,4 µg m^{-3}. Dit is nog altijd een factor 100 hoger dan de detectielimiet van de monitor. In dezelfde periode werd de hoogste meetwaarde opgetekend in Lunteren: 428 µg m^{-3}. Deze uitschieter valt nog binnen het lineaire gebied van de monitor (<500 µg m^{-3}). Op alle meetlocaties werden de hoogste ammoniakconcentraties gemeten in de maanden september en maart: de periode waarbij de meeste mest over het land wordt verspreid. Door de hoge meetfrequentie (1 meting per minuut) zijn de dagelijkse variaties in ammoniakconcentratie zeer nauwkeurig te bepalen.

naar: Chemisch Magazine

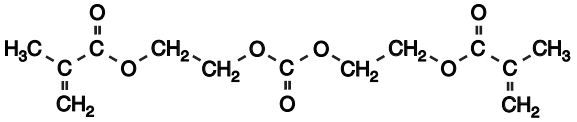
Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Hydrogel

Structuurformule van stof A:

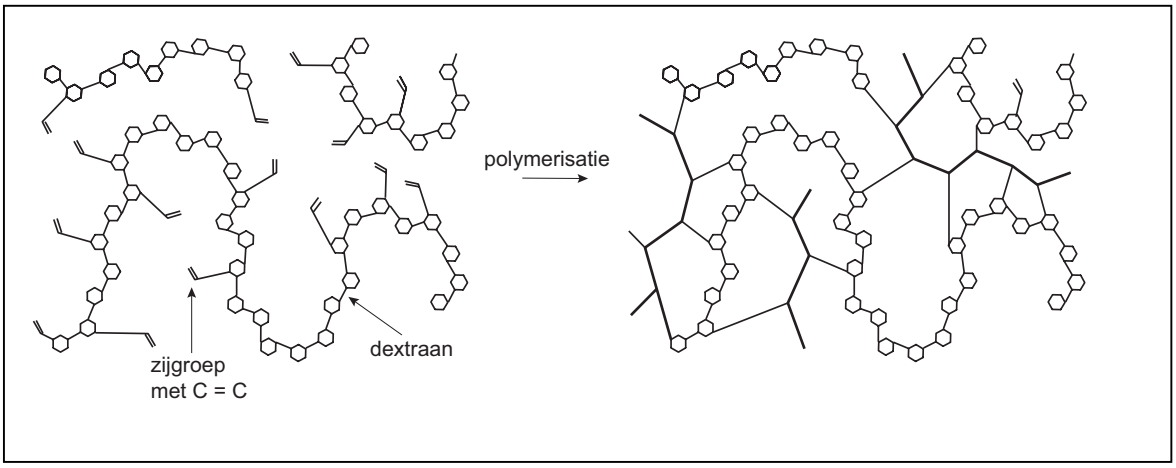


Structuurformule van bijproduct C:



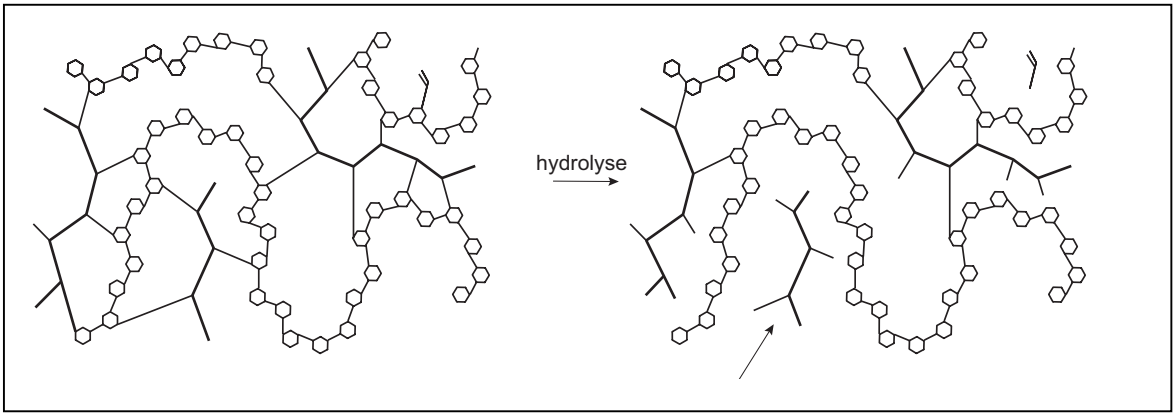
Schematische weergave van de polymerisatie:

figuur 1



Schematische weergave van de hydrolyse:

figuur 2



Einde

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Uitwerkbijlage bij vraag 3

Examen VWO 2006

Tijdvak 1
Maandag 22 mei
13.30 – 16.30 uur

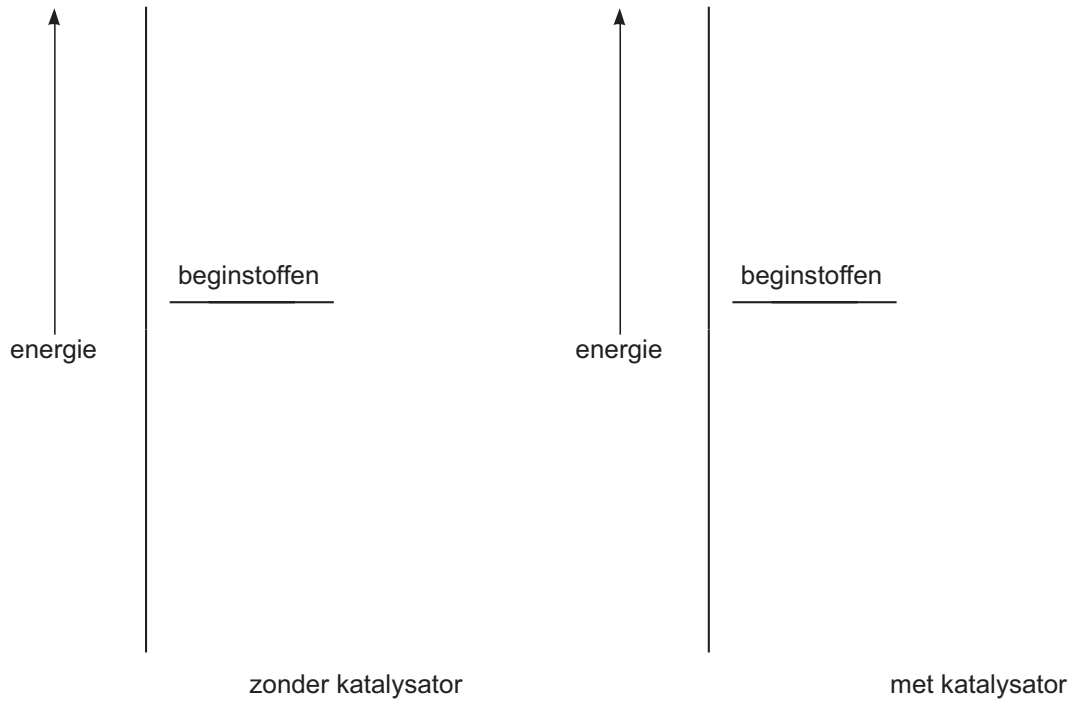
Examennummer

.....

Naam

.....

vraag 3



Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

scheikunde 1,2

Examen VWO

Voorbereidend
Wetenschappelijk
Onderwijs

20 06

Tijdvak 1
Maandag 22 mei
13.30 – 16.30 uur

Als bij een vraag een verklaring, uitleg, berekening of afleiding gevraagd wordt, worden aan het antwoord meestal geen punten toegekend als deze verklaring, uitleg, berekening of afleiding ontbreekt.

Voor dit examen zijn maximaal 69 punten te behalen; het examen bestaat uit 24 vragen. Voor elk vraagnummer is aangegeven hoeveel punten met een goed antwoord behaald kunnen worden.
Bij dit examen hoort een informatieboekje.

Geef niet meer antwoorden (redenen, voorbeelden e.d.) dan er worden gevraagd. Als er bijvoorbeeld twee redenen worden gevraagd en je geeft meer dan twee redenen, dan worden alleen de eerste twee in de beoordeling meegeteld.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Ammoniakmonitor

Het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM) verzamelt via een landelijk meetnet gegevens over de concentraties van een aantal stoffen die in lucht voorkomen, bijvoorbeeld zwaveldioxide, ozon, stikstofoxiden en ammoniak. De concentratie van ammoniak wordt gemeten omdat deze stof bijdraagt aan de verzuring van het milieu.

2p **1** ☐ Geef aan hoe het komt dat ammoniak bijdraagt aan de verzuring van het milieu.

Op pagina 2 van het informatieboekje dat bij dit examen hoort, staat een artikel dat gaat over de ontwikkeling van een meetinstrument voor ammoniak, een zogenoemde ammoniakmonitor. Deze monitor wordt inmiddels op ongeveer tien plaatsen, verspreid over Nederland, in het landelijke meetnet gebruikt. Lees het artikel en beantwoord vervolgens de vragen.

In het gedeelte met als kop “Zelf ontwikkelde monitor” wordt de werking van de ammoniakmonitor beschreven. De werking is gebaseerd op een drietal reacties die na elkaar verlopen.

3p **2** ☐ Geef de reactievergelijkingen van deze drie reacties.

In het artikel wordt het aantal liter lucht genoemd dat per minuut wordt ingeleid (regel 13). De aanvoer van de in het artikel genoemde vloeistoffen moet zodanig op deze luchtaanvoer zijn afgestemd dat ook bij hoge ammoniakconcentraties de monitor betrouwbare metingen doet.

4p **3** ☐ Bereken hoeveel mL $NaHSO_4$ oplossing tenminste per week nodig is. Neem als uitgangspunt voor de berekening het meetbereik waarbinnen de monitor betrouwbare meetresultaten oplevert.

Een leerling vraagt zich na het lezen van dit artikel af, of het mogelijk is om een eenvoudigere versie voor een ammoniakmonitor te ontwerpen.
Hij stelt voor om gedestilleerd water door de denuder te leiden en het geleidingsvermogen van de uitstromende vloeistof te meten om zo de ammoniakconcentratie te bepalen.
De docent reageert hierop met de opmerking dat het natuurlijk te proberen valt, maar dat zo’n eenvoudigere monitor zeer waarschijnlijk geen betrouwbare meetresultaten met betrekking tot de ammoniakconcentratie zal geven. Zo zal het meetresultaat onbetrouwbaar zijn wanneer de lucht ook verontreinigd is met zwaveldioxide. Dat komt omdat opgelost zwaveldioxide het geleidingsvermogen ook beïnvloedt.

3p **4** ☐ Geef de vergelijking van de reactie die plaatsvindt wanneer zwaveldioxide in water oplost en leg aan de hand van die reactievergelijking uit dat zwaveldioxide het geleidingsvermogen beïnvloedt.

Bij het testen van de beschreven monitor heeft onder meer de invloed van de (omgevings)temperatuur op de betrouwbaarheid van de metingen een rol gespeeld.
Men heeft onderzoek gedaan in het temperatuurtraject van 10 °C tot 30 °C.
Uit dit onderzoek bleek dat er sprake is van een duidelijke temperatuurgevoeligheid van de meetresultaten.

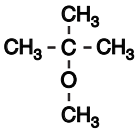
2p **5** ☐ Noem twee aspecten van de werking van deze monitor die door de temperatuur worden beïnvloed.

2p **6** ☐ Beschrijf globaal hoe dit onderzoek naar de temperatuurafhankelijkheid van de meetresultaten kan zijn uitgevoerd.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

MTBE in benzine

In autobenzine zijn zo'n 200 verschillende stoffen aanwezig, waaronder tolueen en een stof die met MTBE wordt aangeduid. De structuurformule van MTBE is:



MTBE

MTBE wordt aan benzine toegevoegd omdat deze stof zorgt voor een betere verbranding van de benzine in automotoren. In de motor verbrandt MTBE zelf ook.

3p **7** ☐ Geef de reactievergelijking, in molecuulformules, voor de volledige verbranding van MTBE.

Het massaspectrum van MTBE is afgebeeld in figuur 1 op pagina 3 van het informatieboekje dat bij dit examen hoort.

2p **8** ☐ Geef de structuurformule van een ionsoort die de piek bij m/z = 73 kan veroorzaken.

Een methode die wordt toegepast om het MTBE-gehalte van benzine te bepalen, maakt gebruik van gaschromatografie gevolgd door massaspectrometrie. Er wordt een ijkreeks van vijf oplossingen van benzine in een oplosmiddel gemaakt. Aan vier van de vijf oplossingen is een nauwkeurig afgemeten extra hoeveelheid MTBE toegevoegd (zie tabel 1 op pagina 3 van het informatieboekje). Elke oplossing wordt in een gaschromatograaf gescheiden. Van de MTBE-fractie en de tolueenfractie uit een oplossing worden de massaspectra opgenomen en met elkaar vergeleken.
Bij massaspectrometrie geldt dat de hoogte van de gemeten pieken in een massaspectrum recht evenredig is met de hoeveelheid stof die aanwezig is. De piekhoogte van de hoogste piek in het massaspectrum van MTBE (die bij m/z = 73) wordt gedeeld door de piekhoogte van de hoogste piek in het massaspectrum van tolueen (die bij m/z = 91). Dit wordt voor alle vijf de oplossingen gedaan. De uitkomsten van deze berekeningen staan in de laatste kolom van tabel 1.
De gegevens uit tabel 1 zijn verwerkt in een diagram (diagram 1 op pagina 3 van het informatieboekje). Op de verticale as van diagram 1 zijn de verhoudingen tussen de genoemde piekhoogten uitgezet, op de horizontale as de hoeveelheid extra toegevoegde MTBE. Met behulp van het diagram kan de hoeveelheid MTBE in de onderzochte benzine worden bepaald.

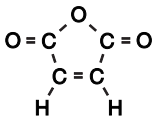
3p **9** ☐ Bereken met behulp van diagram 1 het volumepercentage MTBE in de onderzochte benzine.

De betere verbranding van benzine waaraan MTBE is toegevoegd, wordt veroorzaakt door de gebonden O atomen die in MTBE aanwezig zijn. Deze O atomen worden tijdens de verbranding gebruikt, samen met zuurstof uit de lucht. Daardoor ontstaat tijdens de verbranding minder koolstofmonooxide. In delen van de VS moet in de wintermaanden minstens 2,7 massaprocent gebonden zuurstof in benzine aanwezig zijn. Door lekkages van benzinetanks, verkeersongelukken en gewoon morsen bij het tanken, komt benzine in de bodem terecht en uiteindelijk in het grondwater. Omdat MTBE een kankerverwekkende stof is, wil men in de VS daarom MTBE vervangen door ethanol. De motoren van nagenoeg alle auto's lopen probleemloos op benzine met 10 volumeprocent ethanol.

4p **10** ☐ Laat door berekening zien dat het massapercentage O in benzine waarin 10 volumeprocent ethanol aanwezig is, groter is dan 2,7. Neem bij de berekening aan dat de dichtheid van het benzine-ethanol mengsel $0{,}73 \cdot 10^3$ kg m^{-3} is en dat ethanol de enige zuurstofhoudende verbinding in het benzine-ethanol mengsel is. Er is onder meer een gegeven uit Binas-tabel 11 nodig.

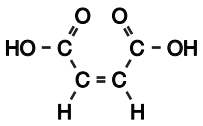
Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

MZA is een grondstof voor veel soorten polymeren, onder andere polyesters. De molecuulformule van MZA is $C_4H_2O_3$; de structuurformule is als volgt:



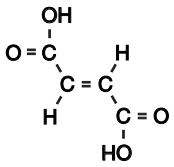
MZA

MZA kan worden verkregen uit een stof I met onderstaande structuurformule.



stof I

Bij deze bereiding van MZA reageren van een molecuul van stof I beide OH groepen met elkaar onder vorming van een molecuul MZA. Tevens wordt daarbij een molecuul water gevormd. Een dergelijke reactie kan niet optreden met de stereo-isomeer van stof I.



stereo-isomeer van stof I

4p **11** ☐ Geef de systematische naam van stof I en de systematische naam van de stereo-isomeer van stof I. Noteer je antwoord als volgt:
stof I: …
stereo-isomeer van stof I: …

2p **12** ☐ Leg aan de hand van de structuurformule van de stereo-isomeer van stof I uit waarom de beide OH groepen uit een molecuul van die stereo-isomeer niet met elkaar kunnen reageren.

Een tweede bereidingswijze van MZA is gebaseerd op de reactie van benzeen met zuurstof:

$$2\ C_6H_6(l) + 9\ O_2(g) \rightarrow 2\ C_4H_2O_3(s) + 4\ CO_2(g) + 4\ H_2O(l)$$

De aanduidingen (l), (g) en (s) in deze reactievergelijking betekenen dat de betreffende stof respectievelijk vloeibaar, gasvormig of vast is.
De reactiewarmte voor deze reactie bedraagt $-18{,}4 \cdot 10^5$ J per mol $C_6H_6(l)$ (298 K en $p = p_0$).

5p **13** ☐ Bereken, mede met behulp van gegevens uit Binas-tabel 57, de vormingswarmte van MZA in J mol^{-1} (298 K en $p = p_0$).

Bij de bereiding van MZA uit benzeen wordt uit 1,0 kg benzeen 1,0 kg MZA verkregen.

3p **14** ☐ Bereken het rendement van deze vorming van MZA uit benzeen.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Een derde bereidingsproces van MZA is gebaseerd op de reactie van butaan en zuurstof uit de lucht:

$$2\ C_4H_{10} + 7\ O_2 \rightarrow 2\ C_4H_2O_3 + 8\ H_2O$$

Voor het proces waarbij MZA uit butaan en zuurstof uit de lucht wordt bereid, wordt een mengsel van butaan en lucht in een reactor geleid. Dit mengsel bestaat voor 98% uit lucht. De samenstelling van het mengsel van butaan en lucht dat in de reactor wordt geleid, is van groot belang. Deze samenstelling wordt voortdurend met behulp van gaschromatografie gecontroleerd. Hierbij zijn de aard van de chromatografiekolom en de detectiemethode zodanig gekozen dat in het chromatogram twee pieken te zien zijn: één van butaan en één van lucht.

2p **15** ☐ Leg uit hoe je met behulp van het chromatogram kunt nagaan dat de verhouding tussen butaan en lucht in het mengsel van butaan en lucht voldoet aan de eisen.

De productie van MZA uit butaan en zuurstof uit de lucht komt vereenvoudigd neer op het volgende continue proces. Het mengsel van butaan en lucht wordt in een reactor geleid. Bij 350 °C en onder invloed van een katalysator vindt daar een snelle en volledige omzetting tot MZA plaats. Het gasmengsel dat de reactor verlaat, bestaat uit MZA, waterdamp en lucht. Uit dit gasmengsel wordt na twee opeenvolgende scheidingen MZA verkregen. Deze twee scheidingen vinden achtereenvolgens plaats in twee scheidingsruimtes.
In de eerste scheidingsruimte wordt het gasmengsel dat uit de reactor komt, gemengd met een oplosmiddel. MZA lost hierin op, de overige stoffen niet. Deze verlaten de scheidingsruimte als gasmengsel.
In de tweede scheidingsruimte wordt MZA van het oplosmiddel gescheiden. Deze scheiding is mogelijk doordat MZA een veel lager kookpunt bezit dan het oplosmiddel. Het totale proces wordt zo uitgevoerd dat geen oplosmiddel van buitenaf dient te worden toegevoerd.

5p **16** ☐ Geef het hierboven beschreven industriële proces voor de bereiding van MZA weer in een blokschema.
Dit blokschema moet drie blokken bevatten. Geef het blok van de reactor aan met ‘reactor’ en zet in de blokken van de scheidingsruimtes de naam van de gebruikte scheidingsmethode.
Maak het blokschema compleet met lijnen en pijlen. Zet bij de lijnen met pijlen aanduidingen uit de volgende lijst:

- *butaan;*
- *lucht;*
- *MZA;*
- *oplosmiddel;*
- *waterdamp.*

Het is mogelijk dat een aanduiding meer dan één keer moet worden gebruikt.

Een onderneming die een fabriek voor de bereiding van MZA wil opzetten, heeft dus de keuze uit een aantal verschillende processen. De onderneming zal daarbij kiezen voor het proces dat het beste economische bedrijfsresultaat oplevert. Bij het maken van zo’n keuze spelen tal van factoren een rol, bijvoorbeeld: de prijs en de beschikbaarheid van grondstoffen, de energie die moet worden ingekocht, de benodigde technische voorzieningen en het rendement van het proces. Behalve deze factoren zullen ook factoren moeten worden onderzocht die meer met de chemie te maken hebben. Stel jij werkt bij een bedrijf dat aan deze onderneming advies moet uitbrengen over de keuze.

2p **17** ☐ Noem twee factoren die met chemie te maken hebben, die jij zou (laten) onderzoeken om tot een juiste keuze te komen.

2p **18** ☐ Geef bij elke door jou genoemde factor een argument waarom deze factor belangrijk is voor het keuzeproces.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Hydrogel

Dextraan is een polysacharide dat door sommige bacteriesoorten wordt geproduceerd. De moleculen van dextraan bestaan uit aan elkaar gekoppelde glucose-eenheden. Uitgezonderd de glucose-eenheden aan de beide uiteinden van de dextraanmoleculen is elke glucose-eenheid gekoppeld aan twee andere glucose-eenheden. Er zijn dus geen vertakkingen in de dextraanstructuur aanwezig zoals in glycogeen. Een bepaalde dextraansoort heeft een gemiddelde molecuulmassa van $1{,}64 \cdot 10^4$ u.

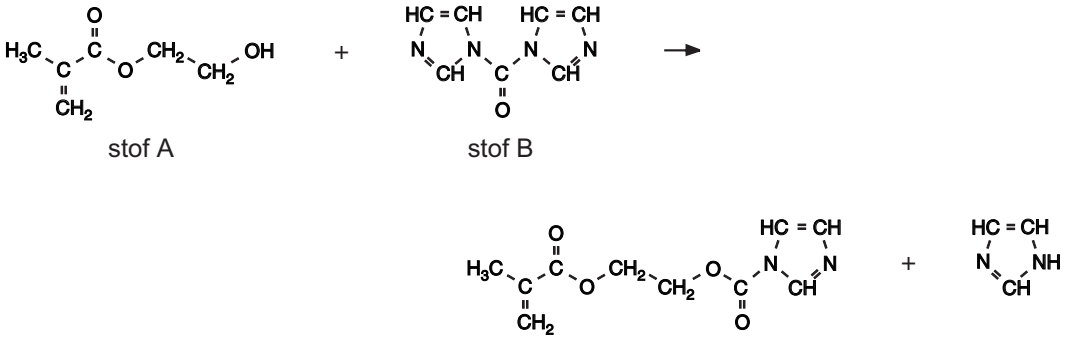
2p **19** ☐ Bereken het gemiddelde aantal glucose-eenheden in de moleculen van deze dextraansoort.

Dextraan wordt als beginstof gebruikt voor de synthese van een biologisch afbreekbaar polymeer. Daartoe brengt men op sommige plaatsen in de dextraanketens zijgroepen aan die een C = C binding bevatten. De structuurformule van een stof die daarvoor wordt gebruikt (stof A) staat afgebeeld op pagina 4 van het informatieboekje dat bij dit examen hoort.
Op grond van structuurkenmerken zijn koolstofverbindingen in een aantal klassen in te delen. Voorbeelden van zulke klassen zijn: verzadigde verbindingen, koolwaterstoffen, carbonzuren, etc. Stof A is op grond van zijn structuurkenmerken onder te brengen in meerdere klassen van koolstofverbindingen. Zo behoort stof A tot de alifatische (niet-aromatische) verbindingen en tot de verbindingen met een vertakt koolstofskelet.

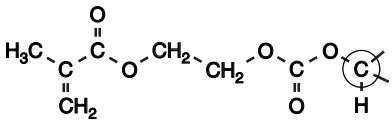
3p **20** ☐ Noem nog drie klassen van koolstofverbindingen waartoe stof A kan worden gerekend.

Het aanbrengen van de zijgroepen aan de dextraanketens is het resultaat van twee synthesestappen. Eerst laat men stof A reageren met stof B volgens reactie 1:

reactie 1



Het koppelingsproduct dat in reactie 1 ontstaat, laat men vervolgens reageren met dextraan. Hieronder is weergegeven hoe de zijgroep vastzit aan een glucose-ring van de dextraanketen.



Het omcirkelde koolstofatoom (C) maakt deel uit van de glucose-ring.
Bij de reactie tussen stof A en stof B kan een nevenreactie optreden waarbij een ongewenst bijproduct C wordt gevormd. De structuurformule van dit ongewenste bijproduct staat eveneens afgebeeld op pagina 4 van het informatieboekje dat bij dit examen hoort.
Om de vorming van dit ongewenste bijproduct zoveel mogelijk tegen te gaan, gebruikt men een overmaat van stof B.

2p **21** ☐ Geef aan hoe een molecuul van bijproduct C wordt gevormd en leg uit dat de vorming van bijproduct C wordt tegengegaan wanneer men overmaat van stof B gebruikt.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Door specifieke structuurkenmerken van de zijgroepen die aan de dextraanketens zijn aangebracht, is een polymerisatiereactie mogelijk. Deze polymerisatiereactie is zeer schematisch weergegeven in figuur 2 op pagina 4 van het informatieboekje dat bij dit examen hoort. In deze figuur zijn de dextraanmoleculen weergegeven als aan elkaar gekoppelde zeshoekjes (glucose-eenheden) en de zijgroepen met C = C bindingen als
Door polymerisatie ontstaat een netwerkpolymeer. Het netwerkpolymeer wordt een hydrogel genoemd vanwege de aanzienlijke hoeveelheid water die het kan opnemen. Wanneer tijdens de polymerisatie, die plaatsvindt in waterig milieu, het reactiemengsel stevig wordt geroerd, vormen zich zeer kleine zogenoemde microbolletjes van deze hydrogel.
De hoeveelheid water die deze microbolletjes kunnen opnemen, hangt af van het gemiddeld aantal zijgroepen dat per honderd glucose-eenheden aan dextraan is gekoppeld. Hoe groter dit aantal zijgroepen is, des te kleiner is de hoeveelheid water.

2p **22** ☐ Geef hiervoor twee mogelijke verklaringen.

Een veelbelovende toepassing van zulke microbolletjes is het gebruik als toedieningswijze voor bepaalde geneesmiddelen. Wanneer tijdens de polymerisatie ook het geneesmiddel in de oplossing aanwezig is, wordt dit ingesloten in de microbolletjes. Deze zouden door middel van een injectie op de gewenste plaats in het lichaam kunnen worden toegediend, waarna het geneesmiddel gedurende langere tijd op gecontroleerde wijze kan vrijkomen doordat de microbolletjes via geleidelijke hydrolyse langzaam uiteenvallen.
Bij de hydrolyse ontstaan uiteindelijk weer dextraanketens zonder zijgroepen. Verder ontstaan uitsluitend koolstofdioxide en polymeerketens van stof A. Deze hydrolyse is zeer schematisch weergegeven in figuur 3 op pagina 4 van het informatieboekje dat bij dit examen hoort.
In figuur 3 is met een pijl een fragment van zo'n polymeerketen van stof A aangeduid. Men kan zich indenken dat zo'n keten is ontstaan door additiepolymerisatie.

3p **23** ☐ Geef de structuurformule van een fragment uit het midden van zo'n polymeer. Het fragment moet uit drie monomeereenheden van stof A bestaan.

Om te bepalen hoeveel water door de microbolletjes (zonder geneesmiddel) kan worden opgenomen, worden ze eerst watervrij gemaakt. Vervolgens worden de watervrije microbolletjes in een oplossing van een blauwe kleurstof gebracht. De concentratie van de blauwe kleurstof in deze oplossing is bekend. De moleculen van deze kleurstof zijn zo groot dat ze niet via de poriën van de bolletjes naar binnen kunnen. De watermoleculen zijn klein genoeg om wel in de bolletjes te worden opgenomen. Daardoor stijgt de concentratie van de blauwe kleurstof in de oplossing.
Zowel van de blauwgekleurde oplossing die is ontstaan wanneer de bolletjes geen water meer opnemen, als van de oorspronkelijke oplossing wordt de extinctie gemeten.
Bij zo'n bepaling werd aan 40 mg watervrije microbolletjes 400 µL oplossing van de blauwe kleurstof met een concentratie van $3{,}0 \cdot 10^{-6}$ mol L^{-1} toegevoegd. De extinctie van deze oplossing bedroeg uiteindelijk 0,84.
De extinctie van de oorspronkelijke oplossing bedroeg 0,68.
De extincties werden bepaald bij 610 nm met dezelfde spectrofotometer en dezelfde cuvet.

4p **24** ☐ Bereken hoeveel mg water door de microbolletjes is opgenomen. Neem daarbij aan dat 1,0 µL water een massa heeft van 1,0 mg.

Einde

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

scheikunde 1,2

Examen VWO

Voorbereidend
Wetenschappelijk
Onderwijs

20 06

Tijdvak 1
Maandag 22 mei
13.30 – 16.30 uur

Informatieboekje

600025-1-24b

Begin

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

artikel

RIVM BREIDT MEETNET UIT MET AMMONIAKMONITOR

Het RIVM zal begin volgend jaar het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit (LML) uitbreiden met een ammoniakmonitor. Al jarenlang meet het RIVM op systematische wijze de Nederlandse luchtkwaliteit. Tot voor kort ontbrak ammoniak in het analysepakket. Aangezien ammoniak in Nederland de helft van de totale zure depositie voor zijn rekening neemt, werd het gebrek aan systematische ammoniakmetingen als een steeds groter gemis ervaren. Een Nederlandse vinding opent de weg voor automatische meting van ammoniak in de buitenlucht.

Zelf ontwikkelde monitor De door onderzoekers van ECN en RIVM ontwikkelde ammoniakmonitor is opgebouwd rond een zogenoemde 'continuous flow wet denuder', een apparaat dat bestaat uit twee in elkaar passende cilinders die in tegengestelde richting draaien. Tussen de wanden van beide cilinders bevindt zich een dunne film absorptievloeistof. De te meten lucht stroomt met een snelheid van 30 L min^{-1} langs de absorptievloeistof (0,1 M $NaHSO_4$). De in de lucht aanwezige ammoniakmoleculen worden na absorptie omgezet in ammoniumionen. Voortdurend stroomt een klein beetje van deze vloeistof uit de 'denuder'. Tegelijkertijd stroomt verse absorptievloeistof de denuder in om het verlies aan te vullen. Door toevoeging van verdunde natronloog reageert het ammonium weer tot ammoniakgas. Het opgeloste ammoniakgas passeert een teflonmembraan. Aan de andere kant van het membraan stroomt gedestilleerd water, waarin het ammoniakgas weer oplost in de vorm van ammoniumionen. Dit ammoniumhoudende vloeistofstroompje passeert tenslotte een detector voor meting van het geleidingsvermogen. Het signaaltje uit deze detector is een directe maat voor de ammoniakconcentratie in de aangezogen lucht. De monitor is op die manier in staat om elke minuut een meetresultaat te produceren.

Proef draaien Vanaf augustus 1992 is de ammoniakmonitor opgenomen in een interim meetnet. Dit meetnet bestaat uit acht locaties die ook deel uitmaken van het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit. De locaties zijn zodanig gekozen dat ze de gehele range aan ammoniakconcentraties bestrijken, variërend van achtergrondniveau tot emissieniveau. De specificaties van de monitor blijken ruimschoots toereikend om onder alle omstandigheden betrouwbaar te kunnen meten. In de periode augustus 1992 tot juli 1993 bedroeg de laagst gemeten gemiddelde ammoniakconcentratie 2,4 µg m^{-3}. Dit is nog altijd een factor 100 hoger dan de detectielimiet van de monitor. In dezelfde periode werd de hoogste meetwaarde opgetekend in Lunteren: 428 µg m^{-3}. Deze uitschieter valt nog binnen het lineaire gebied van de monitor (<500 µg m^{-3}). Op alle meetlocaties werden de hoogste ammoniakconcentraties gemeten in de maanden september en maart: de periode waarbij de meeste mest over het land wordt verspreid. Door de hoge meetfrequentie (1 meting per minuut) zijn de dagelijkse variaties in ammoniakconcentratie zeer nauwkeurig te bepalen.

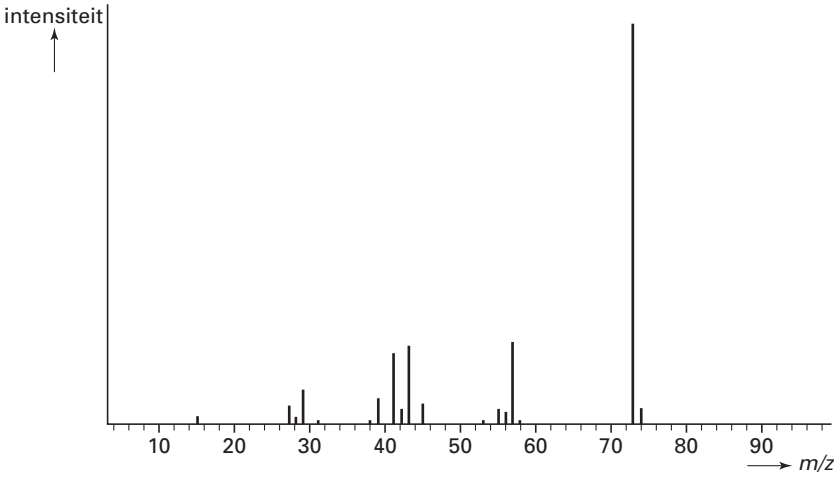
naar: Chemisch Magazine

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

MTBE in benzine

Massaspectrum van MTBE:

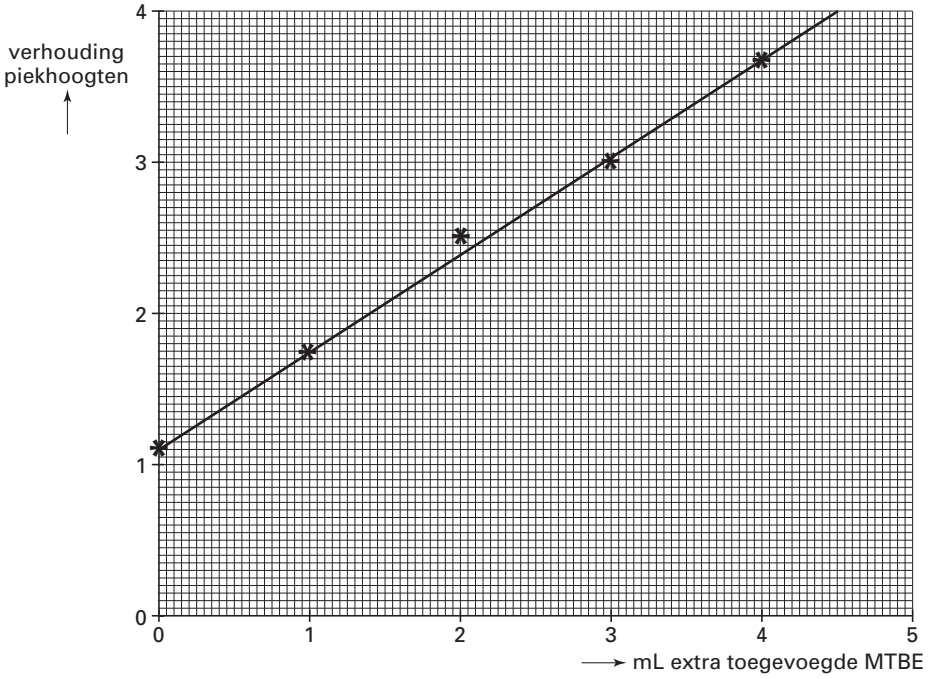
figuur 1



tabel 1

oplossing	mL benzine	extra mL MTBE	mL oplosmiddel	$\frac{\text{hoogte piek } m/z = 73 \text{ van MTBE}}{\text{hoogte piek } m/z = 91 \text{ van tolueen}}$
1	15	0	5	1,1
2	15	1	4	1,8
3	15	2	3	2,5
4	15	3	2	3,0
5	15	4	1	3,7

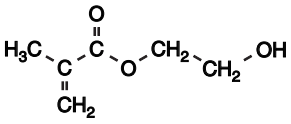
diagram 1



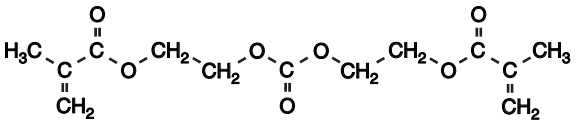
Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Hydrogel

Structuurformule van stof A:

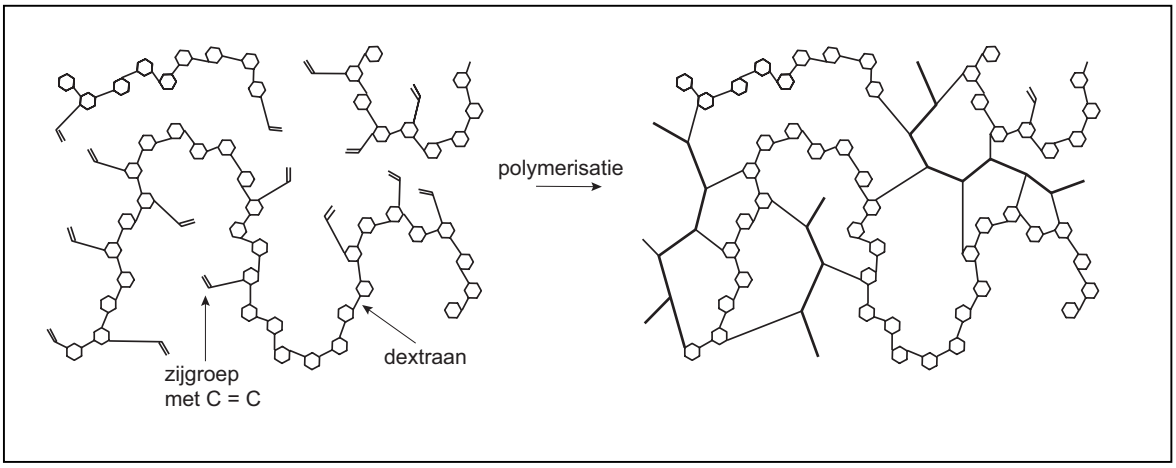


Structuurformule van bijproduct C:



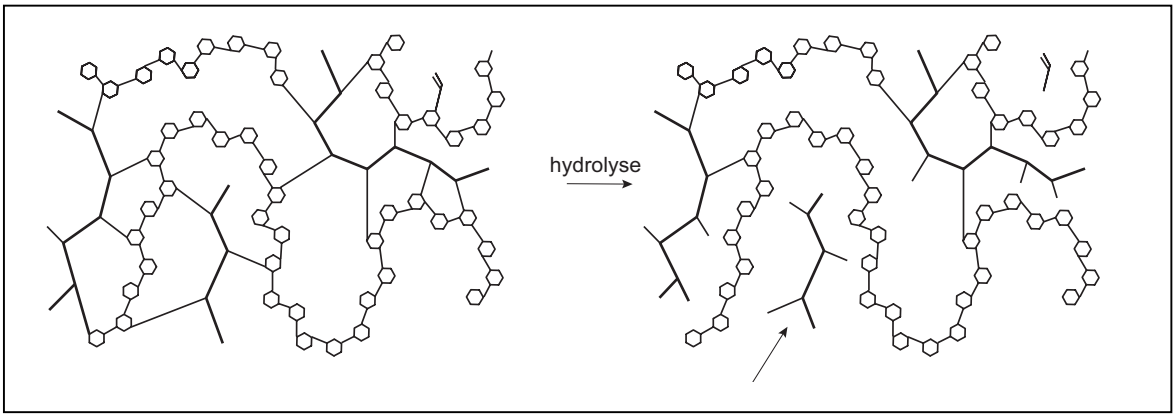
Schematische weergave van de polymerisatie:

figuur 2



Schematische weergave van de hydrolyse:

figuur 3



Einde

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

scheikunde 1

Examen VWO

Voorbereidend
Wetenschappelijk
Onderwijs

20 06

Tijdvak 2
Woensdag 21 juni
13.30 – 16.30 uur

Voor dit examen zijn maximaal 67 punten te behalen; het examen bestaat uit 25 vragen.
Voor elk vraagnummer is aangegeven hoeveel punten met een goed antwoord behaald kunnen worden.
Voor de beantwoording van vraag 24 is een uitwerkbijlage bijgevoegd.
Bij dit examen hoort een informatieboekje.

Als bij een vraag een verklaring, uitleg, berekening of afleiding gevraagd wordt, worden aan het antwoord meestal geen punten toegekend als deze verklaring, uitleg, berekening of afleiding ontbreekt.

Geef niet meer antwoorden (redenen, voorbeelden e.d.) dan er worden gevraagd. Als er bijvoorbeeld twee redenen worden gevraagd en je geeft meer dan twee redenen, dan worden alleen de eerste twee in de beoordeling meegeteld.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Collageen

Het eiwit collageen komt bij zoogdieren onder andere voor in de huid, botten, pezen, bloedvaten en tanden. Een collageenvezel is opmerkelijk sterk: er is tenminste 10 kg nodig om een vezel met een diameter van 1 mm te laten breken. Een collageenvezel is opgebouwd uit een reeks regelmatig gerangschikte eiwitmoleculen. Een eiwitmolecuul is weer opgebouwd uit drie in elkaar gedraaide polypeptideketens.
De aminozuurvolgorde van een stukje van één van de polypeptideketens van collageen, vlak na de vorming in een cel, is hieronder weergegeven. De nummers van de aminozuren in de keten zijn eronder vermeld. Aminozuur 1 (niet afgebeeld) bevat het NH_2 uiteinde van de polypeptideketen.

~ Glu - Pro - Gly - Ala - Ser - Gly - Pro - Met - Gly - Pro - Arg - Gly - Pro - Pro - Gly - Pro - Pro - Gly - Lys - Asn ~
45 50 55 60

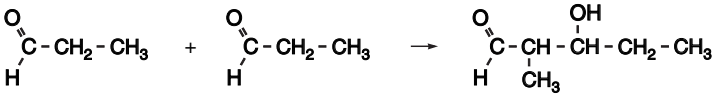
3p **1** ☐ Geef de structuurformule van het stukje uit de polypeptideketen dat bestaat uit de aminozuren met de nummers 51 - 52 - 53.

De sterkte van de collageenvezel is te danken aan verschillende aanpassingen aan de polypeptideketen nadat deze is gevormd. Eén van de aanpassingen die leidt tot versteviging van de collageenvezel is de hydroxylering van het aminozuur proline. Bij dit proces, dat wordt gekatalyseerd door het enzym prolylhydroxylase, worden sommige proline-eenheden voorzien van OH groepen. De aanwezigheid van OH groepen zorgt voor de mogelijkheid tot waterstofbrugvorming tussen verschillende aminozuren in de polypeptideketens, waardoor de vezel aan stevigheid wint. Alleen de proline-eenheden waarvan de carbonzuurgroep aan een glycine-eenheid is gebonden, worden gehydroxyleerd.

2p **2** ☐ Formuleer een hypothese waarom alleen de proline-eenheden waarvan de carbonzuurgroep aan een glycine-eenheid is gebonden, worden gehydroxyleerd.

De collageenvezel wordt ook op een andere manier verstevigd, namelijk doordat de zijketens van lysine-eenheden met elkaar reageren onder vorming van dwarsverbindingen. Deze vorming van dwarsverbindingen verloopt via de vorming van een zogenoemd aldol.

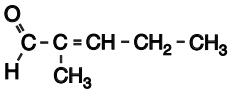
Een aldol ontstaat wanneer twee moleculen van een aldehyd onder bepaalde omstandigheden met elkaar reageren. Een aldol wordt gevormd doordat het koolstofatoom *naast* de C = O groep van het ene molecuul bindt aan het koolstofatoom van de C = O groep van het andere molecuul. De C = O groep van dit tweede molecuul wordt uiteindelijk een C – OH groep.
Hieronder is de vorming van een aldol uit twee moleculen propanal in een reactievergelijking weergegeven.
Bij deze reactie wordt een molecuul van stof A gevormd.



stof A

3p **3** ☐ Geef de systematische naam van stof A.

Verbindingen zoals stof A kunnen gemakkelijk water afsplitsen waarbij een C = C binding ontstaat tussen het C-atoom naast de C = O en het C atoom waaraan de OH groep was gebonden.
Uit stof A ontstaat na afsplitsing van water stof B met de volgende structuurformule:



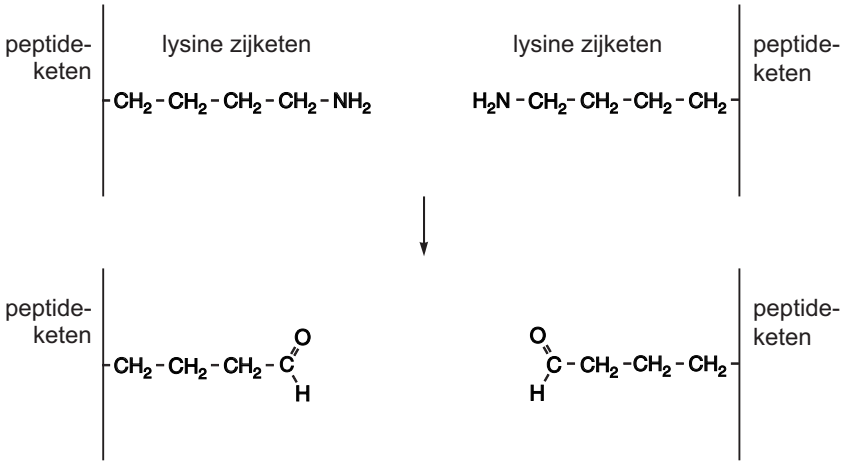
stof B

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Op grond van structuurkenmerken zijn koolstofverbindingen in een aantal klassen in te delen. Voorbeelden van zulke klassen zijn: koolwaterstoffen, carbonzuren, etc. Stof B is op grond van zijn structuurkenmerken onder te brengen in meerdere klassen van koolstofverbindingen. Zo behoort stof B onder andere tot de aldehyden.

2p **4** ☐ Noem drie andere klassen van koolstofverbindingen waartoe stof B kan worden gerekend.

De vorming van dwarsverbindingen in collageen uit de zijketens van lysine-eenheden verloopt in drie stappen.
In stap 1 ontstaan twee aldehyden uit de zijketens van twee lysine-eenheden. Hierbij worden de aminogroepen van de zijketens van die twee lysine-eenheden afgesplitst. Dit proces wordt gekatalyseerd door het enzym lysyloxidase. Deze stap van het proces is hieronder schematisch weergegeven:



In stap 2 reageren de aldehydgroepen met elkaar tot een aldol.
In stap 3 wordt tenslotte water afgesplitst.

2p **5** ☐ Geef de dwarsverbinding die na stap 2 wordt gevormd in structuurformule weer. Geef hierin de peptideketens weer zoals in bovenstaande figuur.

2p **6** ☐ Geef in structuurformule weer hoe de dwarsverbinding er uitziet nadat stap 3 heeft plaatsgevonden. Geef hierin de peptideketens weer zoals in bovenstaande figuur.

Van het enzym lysyloxidase (dat stap 1 katalyseert) blijken verschillende varianten te bestaan. Deze varianten verschillen in de aminozuursamenstelling van het enzym, zonder dat de werking van het enzym anders is. Bij sommige mensen komt op plaats 158 in de eiwitketen van lysyloxidase het aminozuur arginine (Arg) voor, terwijl bij andere mensen op deze plaats het aminozuur glutamine (Gln) te vinden is. Deze verschillen ontstaan doordat op het DNA in het gen dat codeert voor lysyloxidase op een bepaalde plaats één basenpaar anders is.
Een DNA molecuul is opgebouwd uit twee ketens (strengen): de coderende streng en de matrijsstreng. Aan de matrijsstreng wordt bij de eiwitsynthese het messenger-RNA (m-RNA) gevormd. Onder een gen wordt hier verstaan de verzameling basenparen op het DNA die de informatie voor de volgorde van de aminozuren in een eiwit bevat.

2p **7** ☐ Leg uit wat het nummer is van het basenpaar dat anders is in het gen voor lysyloxidase. Neem aan dat het basenpaar met nummer 1 tot het triplet behoort dat codeert voor het aminozuur met nummer 1.

2p **8** ☐ Geef de symbolen van de basen die anders zijn (zie vraag 7) in het gen voor lysyloxidase van de mensen die glutamine in plaats van arginine in de eiwitketen van lysyloxidase hebben. Noteer je antwoord als volgt:
base op de coderende streng: …
base op de matrijsstreng: …

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Lichaamswater

In natuurlijk waterstof komen twee isotopen voor, H-1 en H-2. De isotoop H-2 heet deuterium en wordt weergegeven met het symbool D. In de tabel staan enkele gegevens van de twee waterstofisotopen.

tabel

	H	D
Atoommassa	1,0078 u	2,0141 u
aanwezig in natuurlijk waterstof	99,985%	0,015%

De atoommassa 1,008 u die vermeld staat in Binas-tabel 104 (4e druk) respectievelijk 99 (5e druk) is het gewogen gemiddelde van de atoommassa's uit bovenstaande tabel.
In natuurlijk water komen hoofdzakelijk moleculen H_2O en HDO voor; de hoeveelheid D_2O moleculen is te verwaarlozen. De formule HDO staat voor een watermolecuul bestaande uit een H-1 atoom, een deuteriumatoom en een zuurstofatoom; in een molecuul D_2O zitten twee deuteriumatomen en een zuurstofatoom.
Men kan berekenen dat de concentratie HDO in natuurlijk water 0,017 mol per liter is (20 ºC).

3p **9** ☐ Geef die berekening. Gebruik daarbij het gegeven dat van alle waterstofatomen die in de watermoleculen aanwezig zijn, 0,015% deuteriumatomen (D) zijn. De dichtheid van natuurlijk water is 0,998 kg dm^{-3} (20 ºC).

Als mensen een lever- en/of nierziekte hebben, is het soms nodig om te bepalen hoeveel massaprocent water het lichaam bevat. Op basis van de uitkomst van die bepaling kan de medicatie worden vastgesteld. Bij een onlangs ontwikkelde methode om het massapercentage lichaamswater te bepalen, wordt D_2O gebruikt. Deze methode geeft binnen twee uur de uitslag.
Men laat een patiënt een afgewogen hoeveelheid (22 g) D_2O innemen. Met het water dat in het lichaam aanwezig is, treedt de volgende reactie op:

$$D_2O + H_2O \rightarrow 2\ HDO$$

De uitwisseling tussen H en D atomen verloopt snel omdat er ionen bij betrokken zijn. Een klein deel van de moleculen die in water voorkomen, is namelijk geïoniseerd.

3p **10** ☐ Leid de vergelijking $D_2O + H_2O \rightarrow 2\ HDO$ af door gebruik te maken van de ionisatie van water.

De HDO moleculen verdelen zich over al het water dat in het lichaam aanwezig is. Deze situatie is twee uur na de inname van D_2O bereikt. Overal in het lichaam is dan de concentratie HDO in het lichaamswater verhoogd. Als gevolg daarvan is de concentratie HDO in de waterdamp van de uitgeademde lucht ook verhoogd.
De concentratie HDO in uitgeademde lucht kan worden gemeten. Daartoe worden H_3O^+ ionen aan de uitgeademde lucht toegevoegd. Aan de H_3O^+ ionen binden zich drie watermoleculen waardoor er ionen $H_3O^+(H_2O)_3$ ontstaan.
De structuur van het H_3O^+ ion is in de onderstaande tekening schematisch weergegeven:

In de gevormde ionen $H_3O^+(H_2O)_3$ komen polaire atoombindingen en waterstofbruggen voor.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

2p **11** ☐ Geef in een tekening weer hoe in het ion $H_3O^+(H_2O)_3$ de drie watermoleculen aan het H_3O^+ ion kunnen zijn gebonden. Teken daarbij:
- de watermoleculen in structuurformule
- polaire atoombindingen met ononderbroken lijntjes (—)
- waterstofbruggen met stippellijntjes (---)
- de watermoleculen rechtstreeks aan het H_3O^+ ion.

In de uitgeademde lucht zijn na toevoeging van de H_3O^+ ionen ook ionen met de formule $H_3O^+(H_2O)_2(HDO)$ aanwezig. Het gehalte $H_3O^+(H_2O)_2(HDO)$ kan worden gemeten.
Bij een patiënt van wie de hoeveelheid lichaamswater op bovengenoemde manier wordt bepaald, is het gehalte $H_3O^+(H_2O)_2(HDO)$ in de uitgeademde lucht verhoogd. Uit de factor waarmee het gehalte $H_3O^+(H_2O)_2(HDO)$ is verhoogd door het innemen van 22 g D_2O, kan men de toename berekenen van het aantal mol HDO per liter lichaamswater.
Bij zo'n bepaling is van een patiënt van 65 kg, twee uur na de inname van 22 g D_2O, het gehalte $H_3O^+(H_2O)_2(HDO)$ in de uitgeademde lucht 4,4 keer zo groot geworden. Dat betekent dat het aantal mol HDO per liter lichaamswater ook 4,4 keer zo groot is geworden.

2p **12** ☐ Bereken het aantal mol HDO dat uit 22 g D_2O wordt gevormd.

3p **13** ☐ Bereken het massapercentage lichaamswater van de patiënt van 65 kg. De dichtheid van lichaamswater bij 37 °C is 0,993 kg dm^{-3}. Ga ervan uit dat:
- de hoeveelheid HDO die het lichaam verlaat gedurende de twee uur die het onderzoek duurt te verwaarlozen is;
- de concentratie HDO in normaal lichaamswater bij 37 °C 0,017 mol L^{-1} is.

Bij een patiënt die het bovenbeschreven onderzoek heeft ondergaan, neemt de verhoogde concentratie HDO in het lichaamswater langzaam af. Bij een normaal leefpatroon is de tijd waarin de helft van de extra hoeveelheid HDO moleculen wordt uitgescheiden ongeveer 12 dagen. Het duurt dus ruim drie maanden voordat de concentratie HDO in het lichaamswater weer op het oorspronkelijke niveau is. Bij sommige patiënten kan het nodig zijn om binnen drie maanden na de eerste bepaling opnieuw het massapercentage lichaamswater te bepalen.

2p **14** ☐ Leg uit of het mogelijk is om kort na de eerste bepaling (bijvoorbeeld binnen een maand) opnieuw het massapercentage lichaamswater correct te bepalen door inname van D_2O.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Papier bestaat hoofdzakelijk uit cellulose. In papier is ook water aanwezig. Cellulose wordt door water langzaam gehydrolyseerd. H^+ ionen versnellen dit proces. Papier kan door de afbraak van cellulose uit elkaar vallen. Inktsoorten uit vroegere tijden bevatten vaak opgeloste ijzer(III)zouten. In het water dat in papier aanwezig is, zijn daarom gehydrateerde Fe^{3+} ionen, $Fe(H_2O)_6^{3+}$, aanwezig. Deze gehydrateerde ionen gedragen zich als een zwak zuur (zie Binas-tabel 49). Daardoor treedt vooral op plaatsen waar een oude inktsoort op het papier aanwezig is, een versnelde afbraak van de cellulose op. Onder de inkt wordt de cellulose dikwijls zo sterk aangetast dat het papier er helemaal verdwijnt. De inkt vreet zich door het papier heen. Dit verschijnsel staat bekend als inktvraat.

3p **15** ☐ Geef de vergelijking van de reactie waarmee kan worden verklaard dat een oplossing die $Fe(H_2O)_6^{3+}$ ionen bevat, zuur is.

Hoewel papier geen oplossing is, kent men aan papier toch een pH toe. De pH van papier wordt wereldwijd op dezelfde manier gemeten: 2,00 gram papier wordt in zeer kleine stukjes geknipt. Deze hoeveelheid materiaal wordt gedurende één uur geëxtraheerd met 100,0 mL gedestilleerd water. Na het verwijderen van de stukjes papier wordt direct de pH gemeten.
Met behulp van bovenstaande methode heeft men gemeten dat de pH van het papier van een bepaald boek 5,10 is. Het boek bevatte 250 gram papier.

3p **16** ☐ Bereken hoeveel mmol H^+ aanwezig is in het papier van dat boek. Neem aan dat alle H^+ uit het papier is opgelost in de 100,0 mL water en dat alle H^+ in de oplossing afkomstig is van het papier.

Als het zuur in het papier met een base wordt geneutraliseerd voordat de inkt zich door het papier heeft gevreten, gaat het papier langer mee. Dit effect wordt nog versterkt wanneer op en in het papier een extra voorraad van die base wordt aangebracht. Men spreekt dan van een alkalische reserve.
Bij een moderne ontzuringsmethode van papier, de bookkeepermethode, gebruikt men magnesiumoxide. Bij deze methode wordt tevens het water uit het papier verwijderd.
Na de behandeling neemt het papier langzaam weer water op. Een deel van het aangebrachte magnesiumoxide reageert met dit water en wordt omgezet tot magnesiumhydroxide. Het magnesiumhydroxide lost gedeeltelijk op in het water in het papier. In het papier ontstaat zo een verzadigde oplossing van magnesiumhydroxide, waarin zich het volgende heterogene evenwicht heeft ingesteld:

$$Mg(OH)_2 \rightleftarrows Mg^{2+} + 2\ OH^-$$

De evenwichtsvoorwaarde voor dit evenwicht luidt: $[Mg^{2+}][OH^-]^2 = K_s$.
De evenwichtsconstante voor dit evenwicht wordt het oplosbaarheidsproduct genoemd en staat vermeld in Binas-tabel 46.
Teveel vrije OH^- ionen bevorderen, net als H^+ ionen, de afbraak van cellulose in papier. Daarom mag na de behandeling de pH van het papier niet te hoog zijn. De bookkeepermethode voldoet aan die voorwaarde, omdat de pH van een verzadigde oplossing van magnesiumhydroxide niet hoger kan zijn dan 10,4.

4p **17** ☐ Bereken de pH van een verzadigde oplossing van magnesiumhydroxide (298 K).

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

De alkalische reserve wordt uitgedrukt als het massapercentage MgO in het papier. Het is de bedoeling dat papier dat met de bookkeepermethode is ontzuurd, na de behandeling minimaal een alkalische reserve van 0,60 massaprocent magnesiumoxide heeft. Van iedere partij ontzuurd papier wordt direct na de behandeling dit massapercentage bepaald. Het voorschrift van deze bepaling luidt als volgt:

voorschrift

Weeg 1,0 g van het ontzuurde papier af. Breng het over in een erlenmeyer en pipetteer hierbij 20,0 mL 0,100 M zoutzuur. Zorg ervoor dat alle basische stoffen uit het papier hebben gereageerd. Titreer daarna het overgebleven zoutzuur met 0,100 M natronloog. Noteer het aantal mL toegevoegde natronloog.

Bij zo'n bepaling was voor de titratie van het overgebleven zoutzuur 16,7 mL natronloog nodig.

5p **18** ☐ Ga door berekening na of in het ontzuurde papier inderdaad 0,60 massaprocent (of meer) aan magnesiumoxide aanwezig is.

Na enige tijd is een deel van het in het papier aanwezige MgO en $Mg(OH)_2$ door koolstofdioxide uit de lucht omgezet tot $MgCO_3$.

3p **19** ☐ Leg uit of ten gevolge van deze omzettingen het aantal mmol H^+ dat in een bladzijde van een boek kan worden geneutraliseerd minder wordt, gelijk blijft, of toeneemt.

Let op: de laatste vragen van dit examen staan op de volgende pagina.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

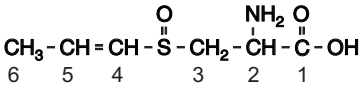
Huilfactor in uien

Deze opgave gaat over het artikel ‘Japanners ontdekken enzym dat tranen trekt bij uien snijden’ uit NRC Handelsblad. Een deel van dit artikel is afgedrukt in het informatieboekje dat bij dit examen hoort. Lees het artikel en beantwoord vervolgens de vragen.

In het artikel is beschreven welke reactie optreedt wanneer LF in aanraking komt met water.

4p **20** ☐ Geef de vergelijking van deze reactie. Noteer hierin de ontstane zuren in ongeïoniseerde vorm en de organische stoffen in structuurformules; de structuurformule van LF is $CH_3 – CH_2 – CH = S = O$.

In de volledige naam van PRENCSO (regel 15) komen aanduidingen voor die betrekking hebben op de ruimtelijke structuur van een PRENCSO molecuul.
Hieronder is de structuurformule van PRENCSO weergegeven. Hierin zijn de koolstofatomen voorzien van een nummer.



3p **21** ☐ Noem de twee aanduidingen die betrekking hebben op de ruimtelijke structuur van PRENCSO en geef bij elke aanduiding aan op welk structuuronderdeel deze betrekking heeft. Maak hierbij gebruik van de hierboven weergegeven nummering van de koolstofatomen.

In het artikel worden twee manieren genoemd die ervaren koks gebruiken om de “tranenvloed te kunnen keren”.

2p **22** ☐ Verklaar voor elk van deze twee manieren waarom deze helpt tegen de tranenvloed.

Aan het eind van het artikel (regels 25-27) wordt een conclusie vermeld die de Japanse onderzoekers zouden hebben getrokken uit verschillende experimenten. De resultaten van deze experimenten zijn gepubliceerd in *Nature*. Ze zijn wat betreft de LF vorming samengevat in figuur 1 in het informatieboekje dat bij dit examen hoort. Op basis van hun onderzoekingen hebben de Japanners ook een schema opgesteld van de reacties die plaatsvinden wanneer uien worden gesneden. Dit schema staat afgebeeld in figuur 2 van het informatieboekje. Voor hun experimenten beschikten de Japanse onderzoekers over oplossingen van PRENCSO, van LFS en van AL (= alliinase-extract, zonder LFS, uit uien). De conclusie die in het artikel in NRC Handelsblad is vermeld (regels 25-27), is niet geheel in overeenstemming met het schematische overzicht van figuur 2: LFS zet namelijk PRENCSO niet om.

2p **23** ☐ Verbeter de zin uit de regels 25-27 zo dat de vorming van de “moleculaire tranentrekker” wel juist wordt verklaard.

Het thiosulfinaat dat eveneens wordt gevormd wanneer uien worden gesneden, is verantwoordelijk voor de geur en de smaak van de uien. De hoeveelheden thiosulfinaat die bij de experimenten van de Japanse onderzoekers zijn gevormd, kunnen ook in een figuur als figuur 1 worden samengevat. Op de uitwerkbijlage is de aanzet voor zo’n figuur gegeven.

3p **24** ☐ Teken in de figuur op de uitwerkbijlage schematisch de hoeveelheden thiosulfinaat die bij de experimenten van de Japanse onderzoekers zijn gevormd.

2p **25** ☐ Geef een verklaring voor het gestelde in de regels 3-5 van het artikel uit NRC Handelsblad.

Einde

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

scheikunde 1

Examen VWO

Voorbereidend
Wetenschappelijk
Onderwijs

20 06

Tijdvak 2
Woensdag 21 juni
13.30 – 16.30 uur

Informatieboekje

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

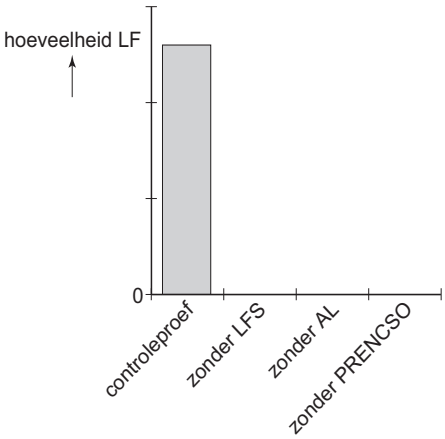
JAPANNERS ONTDEKKEN ENZYM DAT TRANEN TREKT BIJ UIEN SNIJDEN

Troost voor degenen die alleen met tranen in de ogen een ui kunnen snijden. Japanse onderzoekers hebben een tot nog toe onbekend enzym gevonden dat verantwoordelijk is voor de vorming van propaanthial-S-oxide, de stof die de tranenvloed opwekt. Dankzij hun vondst wordt het op termijn mogelijk om goed smakende genetisch gemanipuleerde uien te maken die de traanklieren met rust laten.
Propaanthial-S-oxide is een vluchtige verbinding die vrijkomt als cellen van een ui worden beschadigd. Als de 'lacrimatoire factor (LF)' in aanraking komt met water valt hij uiteen in propanal, zwavelzuur en waterstofsulfide, de stof die de stank van rotte eieren verspreidt. De zuren prikkelen gevoelige zenuwuiteinden in het oog. Dat geeft irritatie en zet de traanklieren aan tot een verhoogde vochtproductie. De extra tranen (lacrimae), verdunnen het zuur en spoelen het weg via de neusholte of de wangen.
Ervaren koks weten dat ze de tranenvloed kunnen keren door de ui te snijden onder water of door de bol korte tijd in de koelkast of diepvriezer te leggen.
Tot voor kort dacht men dat deze tranentrekkende stof ontstaat uit een zwavelhoudende stof PRENCSO (een afkorting voor *trans*-1-propenyl-L-cysteïne-sulfoxide) onder invloed van het enzym alliinase. De Japanse onderzoekers toonden echter aan dat dit slechts een deel van de werkelijkheid is. Als zij aan PRENCSO een ruw extract van alliinase uit knoflook toevoegden, ontstond er geen propaanthial-S-oxide. Dat gebeurde wel als zij een ruw alliinase-extract uit uien gebruikten.
Blijkbaar bevat dit ruwe alliinase-extract uit uien nog een andere stof die nodig is voor de vorming van de moleculaire tranentrekker. Bij verdere zuivering van het ruwe alliinase-extract uit uien stuitten de onderzoekers op drie eiwitten. Zij vertaalden een deel van de aminozuurvolgorde daarvan in de basenvolgorde van het DNA en vergeleken de uitkomst met genen uit een databank. Daarbij vonden zij het gen voor een enzym dat zij de lacrimatoire factor synthase (LFS) hebben genoemd. LFS blijkt zeer specifiek PRENCSO om te zetten, maar alleen als er ook uien-alliinase in het reactiemengsel aanwezig is. Alliinase speelt ook een rol bij de vorming van thiosulfinaat, een stof die uien de typische geur en smaak bezorgt.

naar: NRC Handelsblad

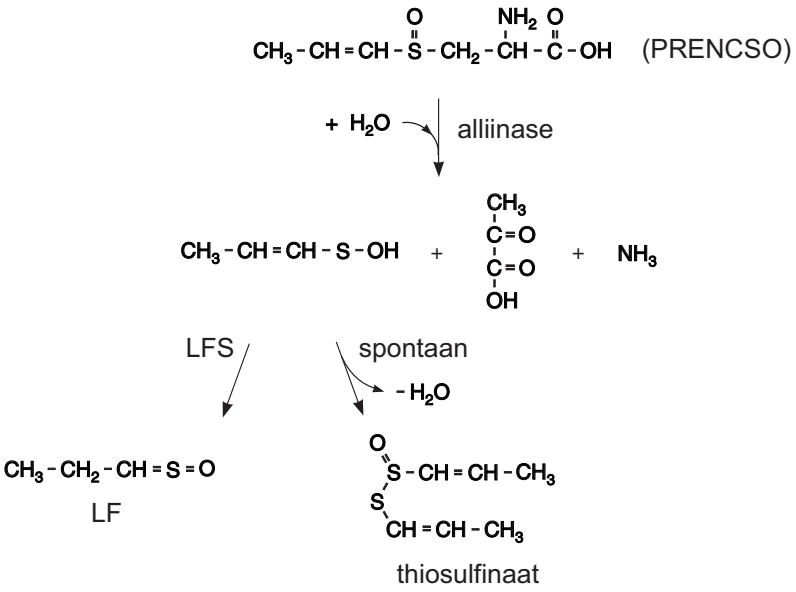
Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

figuur 1



LF wordt alleen gevormd in aanwezigheid van het synthase (LFS), alliinase (AL) en PRENCSO (de controleproef, staaf links). Wanneer één van de drie componenten in het reactiemengsel ontbreekt, kan geen LF worden aangetoond.

figuur 2



De chemische reacties die plaatsvinden wanneer uien worden doorgesneden.
LF (verantwoordelijk voor het stimuleren van tranen) en thiosulfinaat (bepaalt de geur en smaak van uien) worden gevormd; de stap waarbij het nieuw ontdekte enzym is betrokken, is aangegeven. Tot voor kort dacht men dat LF spontaan werd gevormd als gevolg van de werking van alliinase na het snijden.

naar: Nature

Einde

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Uitwerkbijlage bij vraag 24

Examen VWO 2006

Tijdvak 2
Woensdag 21 juni
13.30 – 16.30 uur

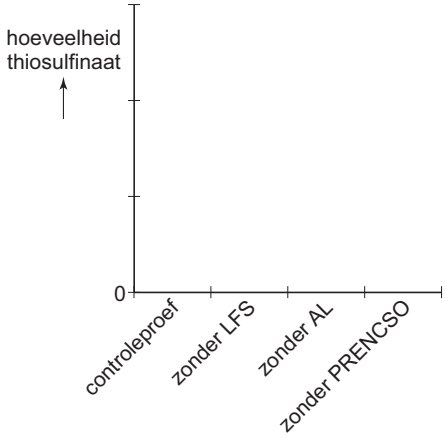
Examennummer

.....

Naam

.....

Vraag 24



Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

scheikunde 1,2

Examen VWO

Voorbereidend
Wetenschappelijk
Onderwijs

20 06

Tijdvak 2
Woensdag 21 juni
13.30 – 16.30 uur

Voor dit examen zijn maximaal 69 punten te behalen; het examen bestaat uit 23 vragen.
Voor elk vraagnummer is aangegeven hoeveel punten met een goed antwoord behaald kunnen worden.
Voor de beantwoording van de vragen 1, 3 en 23 is een uitwerkbijlage bijgevoegd.
Bij dit examen hoort een informatieboekje.

Als bij een vraag een verklaring, uitleg, berekening of afleiding gevraagd wordt, worden aan het antwoord meestal geen punten toegekend als deze verklaring, uitleg, berekening of afleiding ontbreekt.

Geef niet meer antwoorden (redenen, voorbeelden e.d.) dan er worden gevraagd. Als er bijvoorbeeld twee redenen worden gevraagd en je geeft meer dan twee redenen, dan worden alleen de eerste twee in de beoordeling meegeteld.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Papier bestaat hoofdzakelijk uit cellulose. In papier is ook water aanwezig, omdat watermoleculen zich via waterstofbruggen aan cellulosemoleculen hechten.
Op de uitwerkbijlage bij dit examen is een gedeelte van de structuurformule van een cellulosemolecuul getekend.

2p **1** ☐ Teken op de uitwerkbijlage hoe twee watermoleculen aan het stukje cellulosemolecuul kunnen zijn gebonden. Teken daarbij:
- de watermoleculen in structuurformule;
- de watermoleculen rechtstreeks aan het stukje cellulosemolecuul;
- de waterstofbruggen met stippellijntjes.

Cellulose wordt door water langzaam gehydrolyseerd. H^+ ionen versnellen dit proces. Papier kan door de afbraak van cellulose uit elkaar vallen. Inktsoorten uit vroegere tijden bevatten vaak opgeloste ijzer(III)zouten. In het water dat in papier aanwezig is, zijn daarom gehydrateerde Fe^{3+} ionen, $Fe(H_2O)_6^{3+}$, aanwezig. Deze gehydrateerde ionen gedragen zich als een zwak zuur (zie Binas-tabel 49). Daardoor treedt vooral op plaatsen waar een oude inktsoort op het papier aanwezig is, een versnelde afbraak van de cellulose op. Onder de inkt wordt de cellulose dikwijls zo sterk aangetast dat het papier er helemaal verdwijnt. De inkt vreet zich door het papier heen. Dit verschijnsel staat bekend als inktvraat.

3p **2** ☐ Geef de vergelijking van de reactie waarmee kan worden verklaard dat een oplossing die $Fe(H_2O)_6^{3+}$ ionen bevat, zuur is.

Als het zuur in het papier met een base wordt geneutraliseerd voordat de inkt zich door het papier heeft gevreten, gaat het papier langer mee. Dit effect wordt nog versterkt wanneer op en in het papier een extra voorraad van die base wordt aangebracht. Men spreekt dan van een alkalische reserve.
Bij een moderne ontzuringsmethode van papier, de bookkeepermethode, gebruikt men magnesiumoxide. Het magnesiumoxide reageert met de H^+ ionen uit het papier. Daarbij worden magnesiumzouten en water gevormd. De magnesiumzouten blijven in het papier achter; het water wordt uit het papier verwijderd.
Ontzuren van papier volgens de bookkeepermethode verloopt als volgt.
1 Het papier (meestal boeken) wordt in een ontzuringstank O gebracht, waarna de tank wordt afgesloten.
2 Uit een voorraadvat V wordt een fijnverdeelde suspensie van magnesiumoxide in perfluorheptaan (C_7F_{16}) gepompt. De boeken worden in de suspensie voorzichtig heen en weer bewogen.
3 Na twintig minuten wordt de suspensie met het overgebleven magnesiumoxide teruggepompt naar het voorraadvat.
4 Vervolgens wordt de ontzuringstank vacuüm gezogen. Hierdoor worden water en perfluorheptaan (dat nog in het papier is achtergebleven) als damp uit het papier verwijderd.
5 De damp wordt in een condensor C door afkoeling vloeibaar gemaakt.
6 De vloeistoffen worden naar een scheitrechter S gepompt, waar de perfluorheptaan van het water wordt gescheiden.
7 De perfluorheptaan wordt naar het voorraadvat teruggepompt; het water wordt afgevoerd.
8 De boeken, met daarin de gevormde magnesiumzouten en de alkalische reserve, worden uit de ontzuringstank gehaald.
9 Tenslotte wordt de installatie weer in gereedheid gebracht om een volgende portie boeken te ontzuren.
Het hierboven in de punten 1 t/m 9 beschreven proces kan in een blokschema met vier blokken (O, V, C en S) worden weergegeven. Op pagina 2 van de uitwerkbijlage is een deel van dit blokschema getekend.

4p **3** ☐ Maak op de uitwerkbijlage het blokschema af door het plaatsen van de drie ontbrekende blokken en lijnen met pijlen. Zet bij alle zelf getekende lijnen met pijlen de namen van de bijbehorende stoffen en/of mengsels.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

De alkalische reserve wordt uitgedrukt als het massapercentage MgO in het papier. Het is de bedoeling dat papier dat met de bookkeepermethode is ontzuurd, na de behandeling minimaal een alkalische reserve van 0,60 massaprocent magnesiumoxide heeft. Van iedere partij ontzuurd papier wordt direct na de behandeling dit massapercentage bepaald. Bij deze bepaling worden twee titraties uitgevoerd. Het voorschrift van deze bepaling luidt als volgt:

voorschrift

Titratie 1
Weeg 1,0 g van het ontzuurde papier af.
Breng het over in een erlenmeyer en pipetteer hierbij 20,0 mL verdund zoutzuur (circa 0,1 M).
Zorg ervoor dat alle basische stoffen uit het papier hebben gereageerd.
Titreer daarna het overgebleven zoutzuur met 0,100 M natronloog.
Noteer het aantal mL toegevoegde natronloog.

Titratie 2
Pipetteer hierna in een erlenmeyer opnieuw 20,0 mL van hetzelfde verdunde zoutzuur.
Titreer met 0,100 M natronloog.
Noteer het aantal mL toegevoegde natronloog.

Bij zo'n bepaling was voor de eerste titratie 16,4 mL natronloog nodig en voor de tweede titratie 19,7 mL.

5p **4** ☐ Ga door berekening na of in het ontzuurde papier inderdaad 0,60 massaprocent (of meer) aan magnesiumoxide aanwezig is.

Na de behandeling neemt het papier langzaam weer water op. Een deel van het aangebrachte MgO wordt daardoor omgezet tot $Mg(OH)_2$. Door reactie met koolstofdioxide uit de lucht worden het in het papier aanwezige MgO en $Mg(OH)_2$ gedeeltelijk omgezet tot $MgCO_3$.

3p **5** ☐ Leg uit of ten gevolge van het ontstaan van $MgCO_3$ het aantal mmol H^+ dat in een bladzijde van een boek kan worden geneutraliseerd minder wordt, gelijk blijft, of toeneemt.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Lichaamswater

In natuurlijk waterstof komen twee isotopen voor, H-1 en H-2. De isotoop H-2 heet deuterium en wordt weergegeven met het symbool D. In de tabel staan enkele gegevens van de twee waterstofisotopen.

tabel

	H	D
atoommassa	1,0078 u	2,0141 u
aanwezig in natuurlijk waterstof	99,985%	0,015%

De atoommassa 1,008 u die vermeld staat in Binas-tabel 104 (4e druk) respectievelijk 99 (5e druk) is het gewogen gemiddelde van de atoommassa's uit bovenstaande tabel.
In natuurlijk water komen dus watermoleculen voor waarin alleen H atomen zijn gebonden (H_2O) maar ook moleculen waarin D atomen aanwezig zijn (HDO en D_2O). De watermoleculen waarin D atomen zijn gebonden, bewegen iets trager dan de watermoleculen waarin alleen H atomen zijn gebonden. Ook is de O – D binding wat sterker dan de O – H binding. Door deze twee oorzaken worden bij elektrolyse van water eerder H_2O moleculen ontleed dan moleculen waarin D atomen zijn gebonden. Het percentage D atomen in het overblijvende water wordt daardoor tijdens de elektrolyse steeds groter.
G. N. Lewis heeft voor de eerste keer in de geschiedenis zuiver D_2O bereid. In 1933 elektrolyseerde hij 100 L zuiver water. Hij stopte de elektrolyse toen er nog maar 1 mL vloeistof over was. Dat bleek zuiver D_2O te zijn; het heeft de naam zwaar water gekregen.
De vergelijkingen van de halfreacties bij de elektrolyse van water zijn:

$$2\ H_2O \rightarrow O_2 + 4\ H^+ + 4\ e^-$$
$$2\ H_2O + 2\ e^- \rightarrow 2\ OH^- + H_2$$

Met behulp van bovenstaande halfreacties kan worden aangetoond dat bij de elektrolyse van water per mol H_2O twee mol elektronen betrokken is.

2p **6** ☐ Laat met behulp van bovenstaande halfreacties zien dat bij de elektrolyse van water per mol H_2O twee mol elektronen betrokken is.

4p **7** ☐ Bereken hoeveel dagen het experiment van Lewis heeft geduurd als de stroomsterkte tijdens de elektrolyse 50 A was (293 K). Ga er bij de berekening vanuit dat al het water wordt geëlektrolyseerd; verwaarloos dus de kleine hoeveelheid zwaar water (1 mL) die overblijft. Maak bij de berekening onder andere gebruik van het gegeven dat de lading van een mol elektronen gelijk is aan $9{,}65 \cdot 10^4$ C (A betekent ampère; 1 ampère = 1 C s^{-1}).

Als mensen een lever- en/of nierziekte hebben, is het soms nodig om te bepalen hoeveel massaprocent water het lichaam bevat. Op basis van de uitkomst van die bepaling kan de medicatie worden vastgesteld. Bij een onlangs ontwikkelde methode om het massapercentage lichaamswater te bepalen, wordt D_2O gebruikt. Deze methode geeft binnen twee uur de uitslag.
Men laat een patiënt een afgewogen hoeveelheid (22 g) D_2O innemen. Met het water dat in het lichaam aanwezig is, treedt de volgende reactie op:

$$D_2O + H_2O \rightarrow 2\ HDO$$

De uitwisseling tussen H en D atomen verloopt snel omdat er ionen bij betrokken zijn. Een klein deel van de moleculen die in water voorkomen, is namelijk geïoniseerd.

3p **8** ☐ Leid de vergelijking $D_2O + H_2O \rightarrow 2\ HDO$ af door gebruik te maken van de ionisatie van water.

De HDO moleculen verdelen zich over al het water dat in het lichaam aanwezig is. Deze situatie is twee uur na de inname van D_2O bereikt. Overal in het lichaam is dan de concentratie HDO in het lichaamswater verhoogd. Als gevolg daarvan is de concentratie HDO in de waterdamp van de uitgeademde lucht ook verhoogd.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

De concentratie HDO in uitgeademde lucht kan worden gemeten. Daartoe wordt de uitgeademde lucht in een speciale massaspectrometer geleid. Daar worden aan de lucht H_3O^+ ionen toegevoegd. Aan deze H_3O^+ ionen binden zich drie watermoleculen waardoor ionen $H_9O_4^+$ ontstaan.
Er ontstaan ook ionen $H_8DO_4^+$. Deze ionen ontstaan als in plaats van één H_2O molecuul één HDO molecuul wordt gebonden. De ionen $H_8DO_4^+$ zorgen in de massaspectrometer voor een signaal bij m/z = 74. De grootte van dit signaal wordt vergeleken met de grootte van het signaal bij m/z = 73. Uit de verhouding tussen die twee signalen is het percentage D atomen in de waterdamp van de uitgeademde lucht, en daarmee in het lichaamswater, te berekenen. Wel moet de gemeten intensiteit bij m/z = 74 nog worden gecorrigeerd. Er is namelijk nog een ionsoort, waarin geen D atomen voorkomen, die een signaal bij m/z = 74 veroorzaakt.

2p **9** ☐ Welke combinatie van zuurstof- en waterstofisotopen is in deze ionsoort aanwezig? Gebruik Binas-tabel 25.

Bij zo'n bepaling is van een patiënt van 65 kg, twee uur na de inname van 22 g D_2O, het gehalte $H_8DO_4^+$ ionen in de uitgeademde lucht 4,4 keer zo groot geworden. Dat betekent dat het aantal mol HDO in het lichaamswater ook 4,4 keer zo groot is geworden.

2p **10** ☐ Bereken het aantal mol HDO dat uit 22 g D_2O wordt gevormd.

3p **11** ☐ Bereken het massapercentage lichaamswater van de patiënt van 65 kg. De dichtheid van lichaamswater bij 37 °C is 0,993 kg dm^{-3}. Ga ervan uit dat:
- de hoeveelheid HDO die het lichaam verlaat gedurende de twee uur die het onderzoek duurt te verwaarlozen is;
- de concentratie HDO in normaal lichaamswater bij 37 °C 0,017 mol L^{-1} is.

Bij een patiënt die het bovenbeschreven onderzoek heeft ondergaan, neemt de verhoogde concentratie HDO in het lichaamswater langzaam af. Bij een normaal leefpatroon is de tijd waarin de helft van de extra hoeveelheid HDO moleculen wordt uitgescheiden ongeveer 12 dagen. Het duurt dus ruim drie maanden voordat de concentratie HDO in het lichaamswater weer op het oorspronkelijke niveau is. Bij sommige patiënten kan het nodig zijn om binnen drie maanden na de eerste bepaling opnieuw het massapercentage lichaamswater te bepalen.

2p **12** ☐ Leg uit of het mogelijk is om kort na de eerste bepaling (bijvoorbeeld binnen een maand) opnieuw het massapercentage lichaamswater correct te bepalen door inname van D_2O.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Organische verbindingen waarvan de moleculen NO_2 groepen bevatten, worden nitroverbindingen genoemd. Nitroverbindingen kunnen reageren met waterstof. De NO_2 groep wordt daarbij omgezet tot een NH_2 groep. Zo kan nitromethaan met waterstof worden omgezet tot methaanamine:

$$CH_3-NO_2\,(g) + 3\,H_2\,(g) \rightarrow CH_3-NH_2\,(g) + 2\,H_2O\,(l) \qquad \text{(reactie 1)}$$

Reactie 1 is een sterk exotherme reactie.

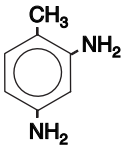
3p **13** ☐ Bereken de reactiewarmte (298 K, $p = p_0$) van reactie 1 in J per mol nitromethaan. Gebruik Binas-tabel 57; de vormingswarmte van nitromethaan (g) bedraagt $-0{,}81 \cdot 10^5$ J mol^{-1} (298 K, $p = p_0$).

Reactie 1 verloopt in drie opeenvolgende stappen, die hieronder zijn weergegeven:

stap 1: $CH_3-NO_2 + H_2 \rightarrow CH_3-N=O + H_2O$
stap 2: de additiereactie van waterstof met $CH_3-N=O$
stap 3: de vorming van CH_3-NH_2

3p **14** ☐ Geef de reactievergelijkingen van de stappen 2 en 3. Noteer hierin de organische stoffen in structuurformules. Noteer je antwoord als volgt:
reactievergelijking van stap 2: …
reactievergelijking van stap 3: …

De reactie van nitroverbindingen met waterstof wordt in de industrie onder andere toegepast bij de bereiding van de stof die wordt aangeduid met de afkorting TDA.
De structuurformule van TDA is hieronder weergegeven:

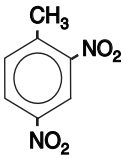


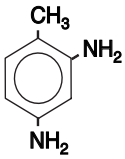
TDA

TDA is een belangrijke grondstof voor polyurethanen. Polyurethanen worden onder andere toegepast in matrassen, sportschoenen en PUR schuim.

3p **15** ☐ Geef de systematische naam van TDA.

Bij de industriële bereiding van TDA wordt een grondstof gebruikt die wordt aangeduid met de afkorting DNT. Deze bereiding verloopt volgens reactie 2:



DNT (l) + 6 H_2 (g) → 

TDA (l) + 4 H_2O (l) (reactie 2)

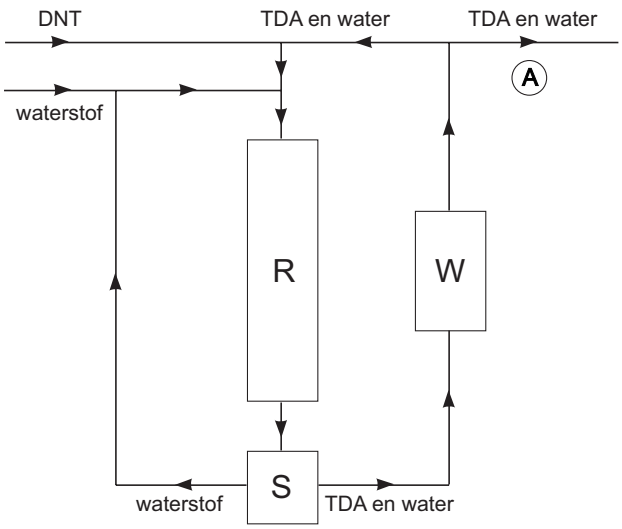
Reactie 2 is evenals reactie 1 exotherm. Het warmte-effect van dit soort reacties wordt (vrijwel) uitsluitend veroorzaakt door de omzetting van NO_2 groepen tot NH_2 groepen.
Het is in de industrie gebruikelijk om hoeveelheden stof niet in mol uit te drukken maar in kg of in ton.

3p **16** ☐ Leg uit of de hoeveelheid warmte die vrijkomt bij de bereiding van een kg TDA volgens reactie 2 groter of kleiner is dan of (ongeveer) gelijk is aan de hoeveelheid warmte die vrijkomt bij de bereiding van een kg methaanamine volgens reactie 1.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

De researchafdeling van een chemisch bedrijf heeft een nieuw continu proces ontworpen om TDA te bereiden volgens reactie 2. Hieronder is dit nieuwe proces in een blokschema weergegeven.

blokschema



R = Reactor S = Scheider W = Warmtewisselaar

Om veiligheidsredenen moet de temperatuur in de reactor laag worden gehouden. Om dit te realiseren wordt steeds een kleine hoeveelheid DNT aan een mengsel van TDA en water toegevoegd. Dit mengsel wordt samen met de waterstof in de reactor gepompt.
Het mengsel van TDA en water treedt op als warmtebuffer. Het neemt de warmte op die bij de reactie vrijkomt en staat deze weer af in de warmtewisselaar. Een klein deel van het mengsel van TDA en water wordt bij (A) afgevoerd; het grootste gedeelte wordt teruggeleid in de reactor.
Bij een bepaalde opzet van dit continue proces wordt per minuut 25,0 g DNT gemengd met een kg van het mengsel van TDA en water.

5p **17** ☐ Bereken hoeveel gram van het mengsel van TDA en water dat uit de warmtewisselaar komt, bij (A) per minuut moet worden afgevoerd. Ga er bij de berekening vanuit dat de molverhouding TDA : water in dit continue proces gelijk blijft.

Huilfactor in uien

Deze opgave gaat over het artikel ‘Japanners ontdekken enzym dat tranen trekt bij uien snijden’ uit NRC Handelsblad. Een deel van dit artikel is afgedrukt in het informatieboekje dat bij dit examen hoort. Lees het artikel en beantwoord vervolgens de vragen.

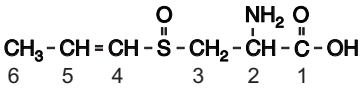
In het artikel is beschreven welke reactie optreedt wanneer LF in aanraking komt met water.

4p **18** ☐ Geef de vergelijking van deze reactie. Noteer hierin de ontstane zuren in ongeïoniseerde vorm en de organische stoffen in structuurformules; de structuurformule van LF is $CH_3 – CH_2 – CH = S = O$.

Let op: de laatste vragen van dit examen staan op de volgende pagina.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

In de volledige naam van PRENCSO (regel 15) komen aanduidingen voor die betrekking hebben op de ruimtelijke structuur van een PRENCSO molecuul.
Hieronder is de structuurformule van PRENCSO weergegeven. Hierin zijn de koolstofatomen voorzien van een nummer.



3p **19** ☐ Noem de twee aanduidingen die betrekking hebben op de ruimtelijke structuur van PRENCSO en geef bij elke aanduiding aan op welk structuuronderdeel deze betrekking heeft. Maak hierbij gebruik van de hierboven weergegeven nummering van de koolstofatomen.

In het artikel worden twee manieren genoemd die ervaren koks gebruiken om de "tranenvloed te kunnen keren".

2p **20** ☐ Verklaar voor elk van deze twee manieren waarom deze helpt tegen de tranenvloed.

In het artikel wordt zeer in het kort beschreven hoe de basenvolgorde in het gen is opgehelderd (regels 22-24). Deze beschrijving roept verschillende vragen op. Met name bij de vermelding van "**de** basenvolgorde van het DNA" dringt zich behalve de vraag of dit de basenvolgorde op de matrijsstreng dan wel op de coderende streng betreft, een andere kritische vraag op.
Stel, jij besluit de onderzoekers een vraag te mailen naar aanleiding van "**de** basenvolgorde" in het artikel. Om de onderzoekers een indruk te geven van je kennis op het gebied van aminozuurvolgorde en basenvolgorde in het DNA, leid jij je vraag in met enkele zinnen waaruit deze kennis blijkt.

3p **21** ☐ Geef zo'n inleiding en formuleer de vraag. Gebruik in je inleiding gegevens uit Binas-tabel 70E.

Aan het eind van het artikel (regels 25-27) wordt een conclusie vermeld die de Japanse onderzoekers zouden hebben getrokken uit verschillende experimenten. De resultaten van deze experimenten zijn gepubliceerd in *Nature*. Ze zijn wat betreft de LF vorming samengevat in figuur 1 in het informatieboekje dat bij dit examen hoort. Op basis van hun onderzoekingen hebben de Japanners ook een schema opgesteld van de reacties die plaatsvinden wanneer uien worden gesneden. Dit schema staat afgebeeld in figuur 2 van het informatieboekje. Voor hun experimenten beschikten de Japanse onderzoekers over oplossingen van PRENCSO, van LFS en van AL (= alliinase-extract, zonder LFS, uit uien). De conclusie die in het artikel in NRC Handelsblad is vermeld (regels 25-27), is niet geheel in overeenstemming met het schematische overzicht van figuur 2: LFS zet namelijk PRENCSO niet om.

2p **22** ☐ Verbeter de zin uit de regels 25-27 zo dat de vorming van de "moleculaire tranentrekker" wel juist wordt verklaard.

Het thiosulfinaat dat eveneens wordt gevormd wanneer uien worden gesneden, is verantwoordelijk voor de geur en de smaak van de uien. De hoeveelheden thiosulfinaat die bij de experimenten van de Japanse onderzoekers zijn gevormd, kunnen ook in een figuur als figuur 1 worden samengevat. Op de uitwerkbijlage is de aanzet voor zo'n figuur gegeven.

3p **23** ☐ Teken in de figuur op de uitwerkbijlage schematisch de hoeveelheden thiosulfinaat die bij de experimenten van de Japanse onderzoekers zijn gevormd.

Einde

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

scheikunde 1,2

Examen VWO

Voorbereidend
Wetenschappelijk
Onderwijs

20 06

Tijdvak 2
Woensdag 21 juni
13.30 – 16.30 uur

Informatieboekje

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

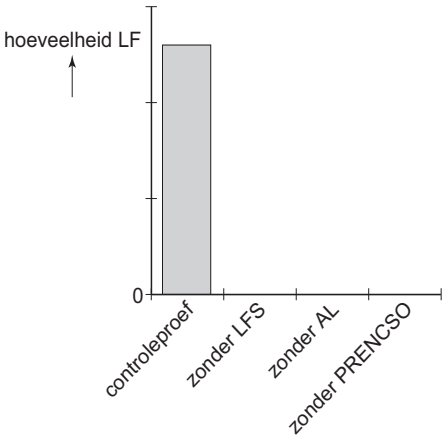
JAPANNERS ONTDEKKEN ENZYM DAT TRANEN TREKT BIJ UIEN SNIJDEN

Troost voor degenen die alleen met tranen in de ogen een ui kunnen snijden. Japanse onderzoekers hebben een tot nog toe onbekend enzym gevonden dat verantwoordelijk is voor de vorming van propaanthial-S-oxide, de stof die de tranenvloed opwekt. Dankzij hun vondst wordt het op termijn mogelijk om goed smakende genetisch gemanipuleerde uien te maken die de traanklieren met rust laten.
Propaanthial-S-oxide is een vluchtige verbinding die vrijkomt als cellen van een ui worden beschadigd. Als de 'lacrimatoire factor (LF)' in aanraking komt met water valt hij uiteen in propanal, zwavelzuur en waterstofsulfide, de stof die de stank van rotte eieren verspreidt. De zuren prikkelen gevoelige zenuwuiteinden in het oog. Dat geeft irritatie en zet de traanklieren aan tot een verhoogde vochtproductie. De extra tranen (lacrimae), verdunnen het zuur en spoelen het weg via de neusholte of de wangen. Ervaren koks weten dat ze de tranenvloed kunnen keren door de ui te snijden onder water of door de bol korte tijd in de koelkast of diepvriezer te leggen.
Tot voor kort dacht men dat deze tranentrekkende stof ontstaat uit een zwavelhoudende stof PRENCSO (een afkorting voor *trans*-1-propenyl-L-cysteine-sulfoxide) onder invloed van het enzym alliinase. De Japanse onderzoekers toonden echter aan dat dit slechts een deel van de werkelijkheid is. Als zij aan PRENCSO een ruw extract van alliinase uit knoflook toevoegden, ontstond er geen propaanthial-S-oxide. Dat gebeurde wel als zij een ruw alliinase-extract uit uien gebruikten.
Blijkbaar bevat dit ruwe alliinase-extract uit uien nog een andere stof die nodig is voor de vorming van de moleculaire tranentrekker. Bij verdere zuivering van het ruwe alliinase-extract uit uien stuitten de onderzoekers op drie eiwitten. Zij vertaalden een deel van de aminozuurvolgorde daarvan in de basenvolgorde van het DNA en vergeleken de uitkomst met genen uit een databank. Daarbij vonden zij het gen voor een enzym dat zij de lacrimatoire factor synthase (LFS) hebben genoemd. LFS blijkt zeer specifiek PRENCSO om te zetten, maar alleen als er ook uien-alliinase in het reactiemengsel aanwezig is. Alliinase speelt ook een rol bij de vorming van thiosulfinaat, een stof die uien de typische geur en smaak bezorgt.

naar: NRC Handelsblad

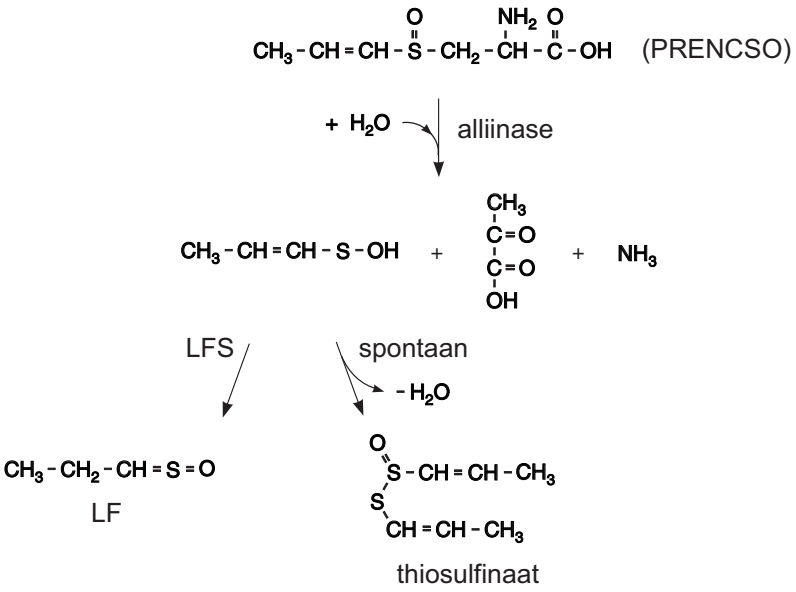
Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

figuur 1



LF wordt alleen gevormd in aanwezigheid van het synthase (LFS), alliinase (AL) en PRENCSO (de controleproef, staaf links). Wanneer één van de drie componenten in het reactiemengsel ontbreekt, kan geen LF worden aangetoond.

figuur 2



De chemische reacties die plaatsvinden wanneer uien worden doorgesneden.
LF (verantwoordelijk voor het stimuleren van tranen) en thiosulfinaat (bepaalt de geur en smaak van uien) worden gevormd; de stap waarbij het nieuw ontdekte enzym is betrokken, is aangegeven. Tot voor kort dacht men dat LF spontaan werd gevormd als gevolg van de werking van alliinase na het snijden.

naar: Nature

Einde

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Uitwerkbijlage bij de vragen 1, 3 en 23

Examen VWO 2006

Tijdvak 2
Woensdag 21 juni
13.30 – 16.30 uur

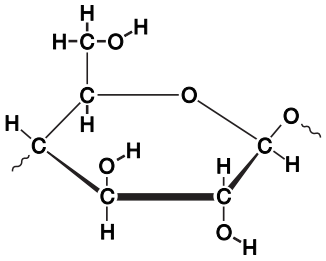
Examennummer

.....

Naam

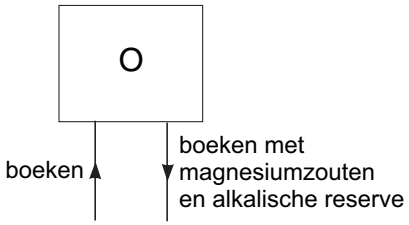
.....

Vraag 1

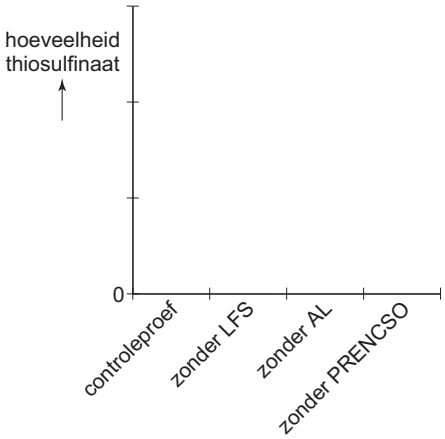


Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Vraag 3



Vraag 23



Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

scheikunde 1

Examen VWO

Voorbereidend
Wetenschappelijk
Onderwijs

20 05

Tijdvak 1
Maandag 23 mei
13.30 – 16.30 uur

Voor dit examen zijn maximaal 67 punten te behalen; het examen bestaat uit 25 vragen.
Voor elk vraagnummer is aangegeven hoeveel punten met een goed antwoord behaald kunnen worden.
Voor de uitwerking van de vragen 1 en 16 is een uitwerkbijlage toegevoegd.
Bij dit examen hoort een informatieboekje.

Als bij een vraag een verklaring, uitleg, berekening of afleiding gevraagd wordt, worden aan het antwoord meestal geen punten toegekend als deze verklaring, uitleg, berekening of afleiding ontbreekt.

Geef niet meer antwoorden (redenen, voorbeelden e.d.) dan er worden gevraagd. Als er bijvoorbeeld twee redenen worden gevraagd en je geeft meer dan twee redenen, dan worden alleen de eerste twee in de beoordeling meegeteld.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

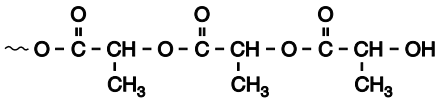
Polymelkzuur

Van melkzuur (2-hydroxypropaanzuur) bestaan twee stereo-isomeren, die respectievelijk D- en L-melkzuur worden genoemd.
L-melkzuur speelt een rol in de stofwisseling in het menselijk lichaam.
Hieronder is weergegeven hoe de bindingen rondom een asymmetrisch koolstofatoom zijn georiënteerd:

In deze structuur liggen de bindingen die zijn getekend met – in het vlak van tekening; de binding die is getekend met ► komt uit het vlak van tekening naar voren en de binding die is getekend met ··· ligt achter het vlak van tekening.
Op de uitwerkbijlage bij deze opgave is deze ruimtelijke structuur nog tweemaal opgenomen.

2p **1** ☐ Teken op de uitwerkbijlage de ruimtelijke structuurformules van beide stereo-isomeren van melkzuur, door het tekenen van een waterstofatoom, een methylgroep, een alcoholgroep en een carbonzuurgroep aan de bindingen in elk van de gegeven structuren. Noteer hierin het waterstofatoom als H, de methylgroep als CH_3, de alcoholgroep als OH en de carbonzuurgroep als COOH.

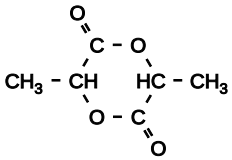
Het polymeer van melkzuur, het zogenoemde polymelkzuur, wordt onder meer gebruikt als chirurgisch hechtdraad. Hieronder is een uiteinde van een polymelkzuurmolecuul weergegeven:



In het lichaam wordt polymelkzuur, bijvoorbeeld na gebruik als hechtdraad, geleidelijk door hydrolyse afgebroken tot melkzuur.

3p **2** ☐ Geef de reactievergelijking van de hydrolyse van het hierboven weergegeven fragment waarbij uit dit fragment onder andere twee melkzuurmoleculen ontstaan. Noteer hierin de organische stoffen in structuurformules.

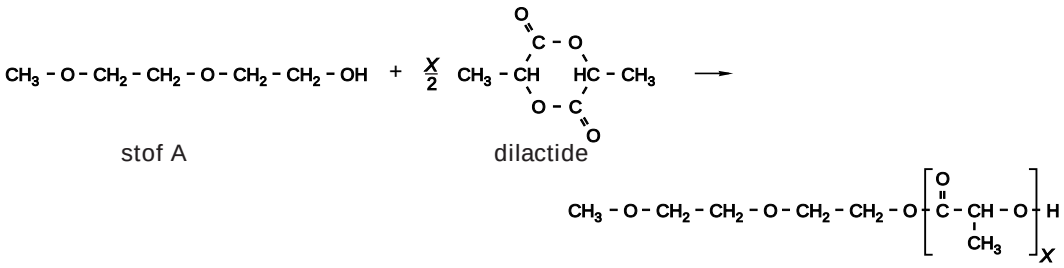
Polymelkzuur wordt vaak gemaakt uit het zogenoemde dilactide:



dilactide

Het dilactidemolecuul is op te vatten als een koppelingsproduct dat is ontstaan uit twee melkzuurmoleculen.
Uit een dilactide kunnen behalve polymeren van melkzuur ook zogenoemde oligomeren van melkzuur worden gevormd. Oligomeren van melkzuur zijn opgebouwd uit veel minder melkzuureenheden dan polymeren. Oligomeren van melkzuur kunnen worden gemaakt via reactie 1:

reactie 1



Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Stof A en het dilactide worden, samen met een katalysator, verwarmd tot 130 °C. In het vloeibare mengsel treedt dan de vorming van oligomeren op. Het aantal melkzuureenheden per oligomeermolecuul wordt de polymerisatiegraad genoemd. Bij reactie 1 ontstaat een mengsel van oligomeren. De gemiddelde polymerisatiegraad van de oligomeren in dit mengsel wordt bepaald door de gekozen molverhouding tussen stof A en het dilactide.

3p **3** ☐ Bereken hoeveel mmol stof A nodig is om 69 mmol (10 g) dilactide volledig om te zetten tot oligomeren met een gemiddeld aantal van 10 melkzuureenheden per oligomeermolecuul. Ga ervan uit dat ook stof A volledig reageert en dat geen andere reactie optreedt dan reactie 1.

Na de synthese van oligomeren van melkzuur uit stof A en het dilactide is het mengsel van de ontstane oligomeren gescheiden met behulp van chromatografie. Daarbij bleek dat bij deze synthese behalve oligomeren met de verwachte even aantallen melkzuureenheden ook oligomeren met oneven aantallen melkzuureenheden zijn ontstaan.
De onderzoeker die deze synthese uitvoerde, verbaasde zich over het feit dat ook oligomeren met oneven aantallen melkzuureenheden waren ontstaan.

2p **4** ☐ Stel een hypothese op waarmee het ontstaan van oligomeren met oneven aantallen melkzuureenheden kan worden verklaard.

Witte verf

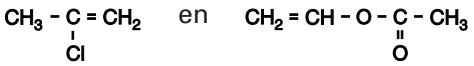
Voor witte verf wordt vaak titaan(IV)oxide (TiO_2) als pigment gebruikt. Deze stof wordt bereid uit het erts ilmeniet.
Ilmeniet is van oorsprong ijzer(II)titanaat, $FeTiO_3$.
In de loop van de tijd heeft echter een deel van het ijzer(II)titanaat met zuurstof uit de lucht gereageerd. Door deze reactie bestaat het erts behalve uit ijzer(II)titanaat ook uit ijzer(III)titanaat ($Fe_2(TiO_3)_3$) en ijzer(III)oxide (Fe_2O_3).

2p **5** ☐ Leg uit waarin het massapercentage titaan het hoogst is: in zuiver ijzer(II)titanaat of in erts waarvan een deel van het ijzer(II)titanaat met zuurstof heeft gereageerd.

Bij de bereiding van titaan(IV)oxide laat men het erts eerst reageren met een zwavelzuuroplossing. Hierbij treden reacties op waarbij onder andere TiO_3^{2-} wordt omgezet tot TiO^{2+}. Door reactie met water wordt vervolgens TiO^{2+} omgezet tot TiO_2. Deze laatste reactie is geen redoxreactie.

3p **6** ☐ Geef de vergelijking van de reactie van TiO^{2+} met water onder vorming van onder andere TiO_2.

Een verf bevat behalve pigment ook een oplosmiddel en een bindmiddel. Bij veel soorten verf vormt het bindmiddel na verdampen van het oplosmiddel een vast laagje op het geverfde voorwerp. De pigmentdeeltjes zitten dan in het vaste bindmiddel opgesloten. Bindmiddelen die in deze soorten verf voorkomen, zijn additiepolymeren van onverzadigde verbindingen.
Een voorbeeld van zo'n bindmiddel is het polymeer dat kan worden verkregen uit de volgende monomeren:



stof A stof B

2p **7** ☐ Geef de systematische naam van stof A.

3p **8** ☐ Geef de structuurformule van een stukje uit het midden van het polymeer dat uit stof A en stof B kan ontstaan. Dit stukje moet vier monomeereenheden bevatten: twee van stof A en twee van stof B.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Kringloopfosfaat

Deze opgave gaat over het artikel "Kringloopfosfaat" dat is afgedrukt in het informatieboekje dat bij dit examen hoort. Lees dit artikel en beantwoord daarna de volgende vragen.

Fosfaaterts is een delfstof die onder andere bestaat uit fluorapatiet, $Ca_5(PO_4)_3F$. Voorafgaand aan de verwerking tot fosforzuur en polyfosfaat, wordt in de fabriek uit het fosfaaterts eerst gasvormig fosfor (P_4) gemaakt. Dit gebeurt door het erts te verhitten met cokes (C) en grind (SiO_2). Bij deze reactie ontstaan tevens koolstofmonooxide, calciumsilicaat ($CaSiO_3$) en calciumfluoride.

4p **9** ☐ Geef de vergelijking van deze reactie.

Hoewel de formule van fosfaat PO_4^{3-} is, wordt het in de industrie vaak weergegeven als difosforpentaoxide, P_2O_5. Met behulp van een berekening kan worden nagegaan of in het artikel met 'fosfaat' inderdaad difosforpentaoxide wordt bedoeld.

4p **10** ☐ Geef die berekening. Gebruik daarvoor de volgende gegevens:
- de in het artikel vermelde hoeveelheid fosfaaterts die Thermphos importeert;
- de in het artikel vermelde hoeveelheid fosfaat die daarmee overeenkomt;
- het fosfaaterts dat Thermphos importeert, bevat 15 massaprocent P.

Een mogelijke grondstof die Thermphos als vervanger voor fosfaaterts onderzoekt, is slib uit afvalwater.
In het artikel wordt een aantal stoffen genoemd die worden gebruikt of kunnen worden gebruikt om 'fosfor' uit afvalwater te verwijderen.

3p **11** ☐ Geef de formules van alle stoffen die volgens het artikel worden gebruikt of kunnen worden gebruikt om 'fosfor' uit afvalwater te verwijderen en leg uit hoe het komt dat deze stoffen in staat zijn om 'fosfor' uit afvalwater te verwijderen. Neem daarbij aan dat de 'fosfor' in de vorm van PO_4^{3-} in het afvalwater voorkomt.

In het artikel wordt onder andere zink genoemd als een metaal dat in het afvalwater problemen oplevert. Dit zink (eigenlijk zinkionen) is afkomstig van zinken dakgoten. Het metaal zink is bedekt met een ondoordringbaar laagje zinkoxide dat normaal gesproken het onderliggende metaal beschermt. Maar in zure regen wordt dit laagje aangetast, waardoor het onvoldoende bescherming biedt.

3p **12** ☐ Geef de vergelijking van de reactie die optreedt als het zinkoxide door de zure regen wordt aangetast. Neem aan dat in zure regen een sterk zuur is opgelost.

Het zink van de zinken dakgoten komt, in de vorm van zinkionen, in het afvalwater terecht doordat het in een redoxreactie reageert met zuurstof dat in de zure regen is opgelost.

3p **13** ☐ Geef van de redoxreactie tussen zink en in zure regen opgeloste zuurstof de vergelijkingen van de beide halfreacties en leid daarmee de totale reactievergelijking af.

Kippenmest is een andere bron die als vervanger voor fosfaaterts wordt onderzocht.
Een ingenieursbureau is bezig met de ontwikkeling van een elektriciteitscentrale die wordt gestookt met kippenmest. Een student Chemische Technologie die stage liep bij dit ingenieursbureau, schreef daarover het volgende.

tekstfragment

De mest van kippen is droger dan mest van koeien of varkens en is daardoor het meest geschikt. Na de verbranding blijft er as over. Deze as bestaat voornamelijk uit zand en fosfaat. Ik onderzoek de toepassingsmogelijkheden voor deze reststoffen. Het fosfaat kan natuurlijk worden gebruikt door de fabrikanten van kunstmest. Zij gebruiken nu fosfaaterts dat uit Afrika wordt aangevoerd.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Als fosfaat uit stront kan worden teruggewonnen, wordt de totale hoeveelheid en dus de fosfaatbelasting beperkt. Maar de fabrikanten hebben niet zoveel aan het zand, dat in de as zit. Ik heb dus een proces bedacht waarin het fosfaat van het zand wordt gescheiden. Wat overblijft is een waardevolle grondstof voor kunstmest. Dit is struviet, een verbinding van fosfaat, magnesium en ammoniak.

uit: Campus, magazine van de Universiteit Twente voor aanstaande studenten

De bewering: „Als fosfaat uit stront kan worden teruggewonnen, wordt de totale hoeveelheid en dus de fosfaatbelasting beperkt.” geeft gebrekkig weer wat de student bedoelt te zeggen. Het is niet duidelijk wat hij bedoelt met ‘totale hoeveelheid’ en ‘fosfaatbelasting’.

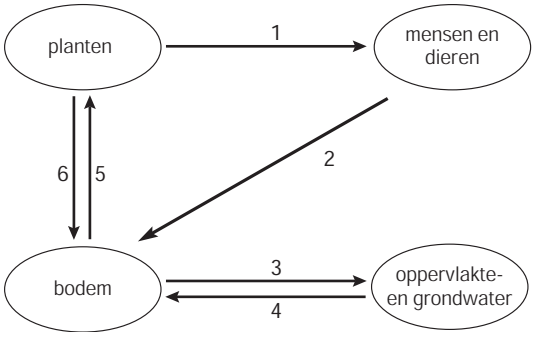
2p **14** ☐ Verbeter de zin zo dat de bedoeling wel duidelijk is. Begin je zin met: „Als fosfaat uit stront kan worden teruggewonnen, …”.

Struviet is een slecht oplosbaar zout dat bestaat uit drie ionsoorten. De formule is $MgNH_4PO_4$.

4p **15** ☐ Beschrijf een methode, die de student zou kunnen hebben bedacht, om struviet uit de as te verkrijgen. Ga ervan uit dat het fosfaat in de vorm van calciumfosfaat in de as zit en niet in de vorm van struviet. Gebruik het gegeven dat het fosfaation een base is.

In figuur 1 is een gedeelte van de natuurlijke fosforkringloop door middel van een eenvoudig schema weergegeven. In deze kringloop zijn uitsluitend de belangrijkste natuurlijke processen weergegeven. Menselijke activiteiten zoals het op industriële schaal onttrekken van stoffen aan de bodem en het gebruik van kunstmest zijn niet in dit schema opgenomen.

figuur 1



1 = voedsel
2 = mest
3 = oplossen van mineralen
4 = afzetting van mineralen
5 = opnemen van mineralen
6 = afsterven van planten

Het bedrijf Thermphos wil dus bewerkstelligen dat er in de toekomst een fosforkringloop ontstaat, waarbij ze minder beslag hoeven te leggen op fosfaaterts. Met behulp van gegevens uit het artikel kunnen de huidige activiteiten van Thermphos en de activiteiten die in de toekomst wellicht kunnen worden uitgevoerd, in dit schema worden opgenomen. Op de uitwerkbijlage is het schema opnieuw weergegeven. Hierin is met een extra ovaal, aangeduid met ‘TH’, de plaats van Thermphos aangegeven.

4p **16** ☐ Teken in het schema op de uitwerkbijlage nog twee extra ovalen en extra pijlen op de manier zoals in het schema is gedaan, zodat de informatie uit het artikel duidelijk wordt gemaakt.
Zet in de extra ovalen: *RZI* (voor rioolwaterzuiveringsinstallatie) en *VI* (voor verbrandingsinstallatie). Zet bij de extra pijlen op de juiste plaats de nummers 7 tot en met 13.
Deze nummers staan voor de volgende aanduidingen:

7 = fosfaaterts
8 = fosforzuur en polyfosfaten
9 = afvalwater (rioolwater)
10 = slib
11 = as
12 = mest
13 = gezuiverd rioolwater

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Sikkelcel-anemie

Zuurstof wordt in het bloed getransporteerd door hemoglobine.
Hemoglobinemoleculen bestaan onder andere uit vier polypeptideketens: twee ketens van zogenoemd globine α en twee ketens van globine β.
In een keten van globine β is de volgorde van de eerste acht aminozuren als volgt:

Val – His – Leu – Thr – Pro – Glu – Glu – Lys ~ globine β

Bij een bepaalde ziekte, sikkelcel-anemie, is in de ketens van globine β een verandering opgetreden. De hemoglobine van mensen met sikkelcel-anemie wordt hemoglobine S genoemd. Normaal hemoglobine wordt hemoglobine A genoemd.
De globine β in hemoglobine S wordt in het vervolg van deze opgave aangeduid met globine β_S.
Globine β_S en globine β verschillen van elkaar in het zesde aminozuur: in globine β_S is dat valine (Val) en in globine β is dat glutaminezuur (Glu). De volgorde van de eerste acht aminozuren in een keten van globine β_S is dus als volgt:

Val – His – Leu – Thr – Pro –Val – Glu – Lys ~ globine β_S

3p **17** ☐ Geef het gedeelte ~ Thr – Pro – Val ~ van globine β_S in structuurformule weer.

In een hemoglobinemolecuul is de structuur van de globineketens zodanig dat de zijketens van de glutaminezuureenheden op de zesde positie van de ketens van globine β zich aan de buitenkant van het hemoglobinemolecuul bevinden.
Bij mensen met sikkelcel-anemie bevinden de zijketens van de valine-eenheden op de zesde positie van de ketens van globine β_S zich eveneens aan de buitenkant van het hemoglobinemolecuul.
Wat betreft de structuur van eiwitten maakt men onderscheid tussen de primaire, de secundaire en de tertiaire structuur.

2p **18** ☐ Leg uit welk van de gegevens die vanaf het begin van deze opgave zijn verstrekt, betrekking heeft op de tertiaire structuur.

Mensen met sikkelcel-anemie hebben sikkelvormige rode bloedcellen in hun bloed. Men veronderstelt dat deze afwijkend gevormde cellen ontstaan doordat onder bepaalde omstandigheden de hemoglobine samenklontert. Daarbij worden bindingen gevormd tussen $CH_3 – CH – CH_3$ groepen van de valine-eenheden die zich aan de buitenkant van de hemoglobinemoleculen bevinden. Omdat er per molecuul hemoglobine S twee ketens globine β_S aanwezig zijn, kunnen moleculen hemoglobine S polymeerachtige structuren vormen.
Moleculen hemoglobine A kunnen dergelijke polymeerachtige structuren niet vormen. De reden daarvoor is dat in globine β de COOH groepen van de glutaminezuureenheden grotendeels zijn omgezet tot COO^- groepen.

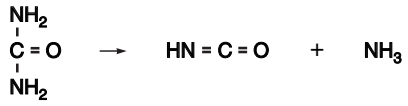
2p **19** ☐ Leg uit welk type binding tussen de $CH_3 – CH – CH_3$ groepen van de valine-eenheden wordt gevormd wanneer moleculen hemoglobine S bovengenoemde polymeerachtige structuren vormen.

1p **20** ☐ Geef aan waarom moleculen hemoglobine A bovengenoemde polymeerachtige structuren niet kunnen vormen.

De sikkelvormige cellen in het bloed van mensen met sikkelcel-anemie ontstaan vooral wanneer geen zuurstof is gebonden aan de hemoglobine, dus op plaatsen waar de zuurstofconcentratie in het bloed laag is, bijvoorbeeld in kleine adertjes.

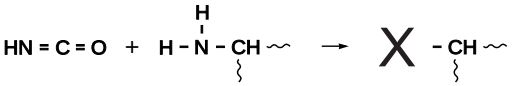
Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Hemoglobine S, waaraan zuurstof is gebonden, klontert niet samen. Daarvan maakt men gebruik bij een methode om de vorming van de afwijkende cellen tegen te gaan. Bij deze methode wordt de patiënt behandeld met ureum. In het bloed kan uit ureum isocyaanzuur (HN = C = O) worden gevormd:



ureum isocyaanzuur

De isocyaanzuurmoleculen reageren met de NH_2 uiteinden van de globineketens. Deze reactie kan worden opgevat als een additiereactie aan de N = C binding van het isocyaanzuurmolecuul. De hemoglobine die zo ontstaat, bindt zuurstof en klontert dus niet samen.
De reactie tussen isocyaanzuur en de NH_2 groep van een globineketen kan als volgt worden weergegeven:



2p **21** ☐ Geef de structuurformule van de groep die in bovenstaande reactievergelijking met X is weergegeven.

Deze behandeling vermindert de gevolgen van de aanwezigheid van globine β_S in de hemoglobine van mensen met sikkelcel-anemie.
Men zou ook kunnen proberen om ervoor te zorgen dat in het lichaam van lijders aan deze ziekte de aanmaak van globine β_S stopt en in plaats daarvan globine β wordt aangemaakt. Om dat te bereiken zou men in staat moeten zijn de eiwitsynthese te veranderen.

2p **22** ☐ Leg uit welke stof die bij de eiwitsynthese is betrokken in dat geval moet worden veranderd.

Let op: de laatste opgave van dit examen staat op de volgende pagina.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

EDTA

Oplossingen van natriumzouten van ethyleendiaminetetra-azijnzuur (EDTA) worden vaak gebruikt bij titraties om het gehalte van sommige metaalionen in een oplossing te bepalen. EDTA is een vierwaardig zwak zuur; het wordt vaak aangeduid met H_4Y. Bij titraties met EDTA maakt men meestal gebruik van een oplossing van het zout Na_2H_2Y. Dit zout is in water als volgt geïoniseerd:

$$Na_2H_2Y \rightarrow 2\ Na^+ + H_2Y^{2-}$$

H_2Y^{2-} is een amfolyt en kan dus als zuur en als base reageren.

3p **23** ☐ Geef de vergelijking van de reactie waarbij H_2Y^{2-} als zuur met water reageert en ook de vergelijking van de reactie waarbij H_2Y^{2-} als base met water reageert.
Noteer je antwoord als volgt:
als zuur: …
als base: …

Een Na_2H_2Y oplossing kan worden gebruikt ter bepaling van het gehalte aan Ca^{2+} en Mg^{2+} in bijvoorbeeld bronwater. Bij zo'n bepaling reageren de Ca^{2+} ionen en de Mg^{2+} ionen uitsluitend met ionen Y^{4-}.
Ter bepaling van het gehalte aan Ca^{2+} en het gehalte aan Mg^{2+} in een bepaald soort bronwater werden twee titraties met Na_2H_2Y oplossing uitgevoerd. In beide gevallen werd uitgegaan van 250 mL bronwater.
Bij de eerste titratie werd met een bufferoplossing de pH van de te titreren oplossing vooraf op 10,0 gebracht. Tijdens deze titratie traden de volgende reacties op:

$$H_2Y^{2-} + 2\ OH^- \rightarrow Y^{4-} + 2\ H_2O$$
$$Ca^{2+} + Y^{4-} \rightarrow CaY^{2-}$$
$$Mg^{2+} + Y^{4-} \rightarrow MgY^{2-}$$

Bij de tweede titratie werd met een andere bufferoplossing de pH van de te titreren oplossing vooraf op 12,0 gebracht (T = 298 K). Daarbij sloeg alle Mg^{2+} als magnesiumhydroxide neer. Het neerslag werd afgefiltreerd en het filtraat werd getitreerd.

Bij de eerste titratie was 5,34 mL 0,0122 M Na_2H_2Y oplossing nodig.
Bij de tweede titratie was voor het filtraat 4,72 mL 0,0122 M Na_2H_2Y oplossing nodig.

3p **24** ☐ Bereken van het onderzochte bronwater het gehalte aan Ca^{2+} in mg per liter.
2p **25** ☐ Bereken van het onderzochte bronwater het gehalte aan Mg^{2+} in mg per liter.

Einde

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

scheikunde 1

Examen VWO

Voorbereidend
Wetenschappelijk
Onderwijs

20 05

Tijdvak 1
Maandag 23 mei
13.30 – 16.30 uur

Informatieboekje

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Kringloopfosfaat

DE EUROPESE fosfaatindustrie wil dat in 2010 een kwart van het fosfaat wordt teruggewonnen uit afvalwater en mest.
Een van de bedrijven die zich sterk maken voor hergebruik van fosfaat uit afvalwater en dierlijke mest is Thermphos in Vlissingen. Thermphos importeert jaarlijks 600.000 ton fosfaaterts uit Noord-Afrika en Rusland (overeenkomend met 200.000 ton fosfaat) en maakt daar fosforzuur en polyfosfaat van. Fosforzuur wordt onder meer gebruikt in voedingsmiddelen en frisdranken en, in geconcentreerde vorm, voor het schoonmaken van metalen. Polyfosfaat wordt tegenwoordig veelal gebruikt bij onder meer de bereiding van levensmiddelen (kaas en bakpoeder) en het veredelen van papier en textiel.
Thermphos heeft zich tot doel gesteld om in vijf jaar tijd twintig procent van de aanvoer van fosfaaterts te vervangen door andere fosfaatbronnen.
Er valt nog een hoop te doen. "Dat gebeurt ook", zegt dr. ir. Rob de Ruiter, directeur productie en technologie van Thermphos. "We kijken naar reststromen die vrijkomen bij het zuiveren van afvalwater en bij het verbranden van dierlijke mest."
Rioolwater bevat een gering percentage fosfaat, dat er voornamelijk via onze spijsvertering in terecht is gekomen. In de zuiveringsinstallatie wordt fosfaat er voor een groot deel uitgehaald, hetzij door de bacteriën in de zuivering, die het ophopen, hetzij door het te laten reageren met ijzerchloriden. In beide gevallen komt het in het slib terecht. Het slib wordt verbrand of gedroogd en gestort. De as die vrijkomt bij verbranden, zou een interessante grondstof kunnen zijn, ware het niet dat er stoffen in zitten die bij verdere verwerking problemen geven, bijvoorbeeld ijzer. Het ijzer in de as is voornamelijk afkomstig van ijzerchloriden die de zuiveraars toevoegen om fosfor uit afvalwater te verwijderen. Het zou beter zijn als daarvoor aluminiumchloride of calciumhydroxide wordt gebruikt, maar dat heeft weer als nadeel dat het duur is. Bovendien is het niet te vermijden dat er een beetje aluminium uit de zuivering in het oppervlaktewater terechtkomt en dat is slecht voor het waterleven. Andere metalen die problemen opleveren, zijn koper en zink, afkomstig uit leidingen en goten.
Wat geldt voor de as van zuiveringsslib, geldt ook voor de as die vrijkomt bij het verbranden van kippenmest, een andere bron van fosfaat. De hoeveelheid fosfaat in dierlijke mest is in principe voldoende om de fosfaatbehoefte van Thermphos te dekken, maar in de praktijk komt daar nog weinig van terecht. Thermphos is in gesprek met de Stichting Duurzame Energie Pluimveemest. Deze stichting wil bij Moerdijk een elektriciteitscentrale bouwen die wordt gestookt met kippenmest. De as die daarbij vrijkomt bevat fosfaat, maar (helaas) ook koper en zink. Die worden zelfs aan het voer toegevoegd om de kippen beter te laten groeien. Vanwege de problemen die beide metalen veroorzaken bij de verwerking van gebruikt fosfaat is Thermphos inmiddels in gesprek met de leveranciers van kippenvoer om te kijken of het gehalte omlaag kan.

naar: NRC Handelsblad

Einde

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Uitwerkbijlage bij de vragen 1 en 16

Examen VWO 2005

Tijdvak 1
Maandag 23 mei
13.30 – 16.30 uur

Examennummer

.....

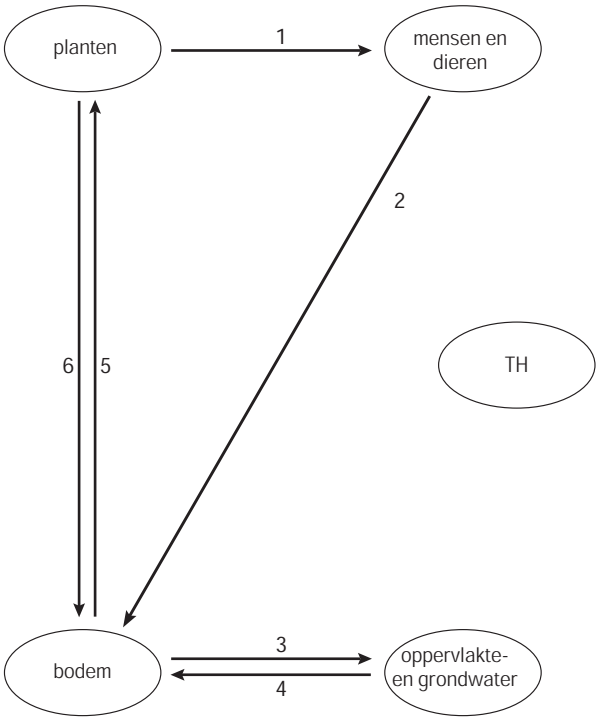
Naam

.....

Vraag 1

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Vraag 16



Einde

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

scheikunde 1,2

Examen VWO

Voorbereidend
Wetenschappelijk
Onderwijs

20 05

Tijdvak 1
Maandag 23 mei
13.30 – 16.30 uur

Voor dit examen zijn maximaal 68 punten te behalen; het examen bestaat uit 23 vragen.
Voor elk vraagnummer is aangegeven hoeveel punten met een goed antwoord behaald kunnen worden.
Voor de uitwerking van de vragen 1 en 13 is een uitwerkbijlage toegevoegd.
Bij dit examen hoort een informatieboekje.

Als bij een vraag een verklaring, uitleg, berekening of afleiding gevraagd wordt, worden aan het antwoord meestal geen punten toegekend als deze verklaring, uitleg, berekening of afleiding ontbreekt.

Geef niet meer antwoorden (redenen, voorbeelden e.d.) dan er worden gevraagd. Als er bijvoorbeeld twee redenen worden gevraagd en je geeft meer dan twee redenen, dan worden alleen de eerste twee in de beoordeling meegeteld.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

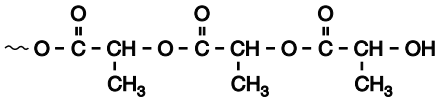
Polymelkzuur

Van melkzuur (2-hydroxypropaanzuur) bestaan twee stereo-isomeren, die respectievelijk D- en L-melkzuur worden genoemd.
L-melkzuur speelt een rol in de stofwisseling in het menselijk lichaam.
Hieronder is weergegeven hoe de bindingen rondom een asymmetrisch koolstofatoom zijn georiënteerd:

In deze structuur liggen de bindingen die zijn getekend met – in het vlak van tekening; de binding die is getekend met ► komt uit het vlak van tekening naar voren en de binding die is getekend met ··· ligt achter het vlak van tekening.
Op de uitwerkbijlage bij deze opgave is deze ruimtelijke structuur nog tweemaal opgenomen.

2p **1** ☐ Teken op de uitwerkbijlage de ruimtelijke structuurformules van beide stereo-isomeren van melkzuur, door het tekenen van een waterstofatoom, een methylgroep, een alcoholgroep en een carbonzuurgroep aan de bindingen in elk van de gegeven structuren. Noteer hierin het waterstofatoom als H, de methylgroep als CH_3, de alcoholgroep als OH en de carbonzuurgroep als COOH.

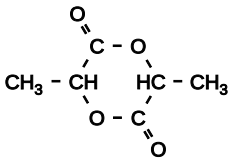
Het polymeer van melkzuur, het zogenoemde polymelkzuur, wordt onder meer gebruikt als chirurgisch hechtdraad. Hieronder is een uiteinde van een polymelkzuurmolecuul weergegeven:



In het lichaam wordt polymelkzuur, bijvoorbeeld na gebruik als hechtdraad, geleidelijk door hydrolyse afgebroken tot melkzuur.

3p **2** ☐ Geef de reactievergelijking van de hydrolyse van het hierboven weergegeven fragment waarbij uit dit fragment onder andere twee melkzuurmoleculen ontstaan. Noteer hierin de organische stoffen in structuurformules.

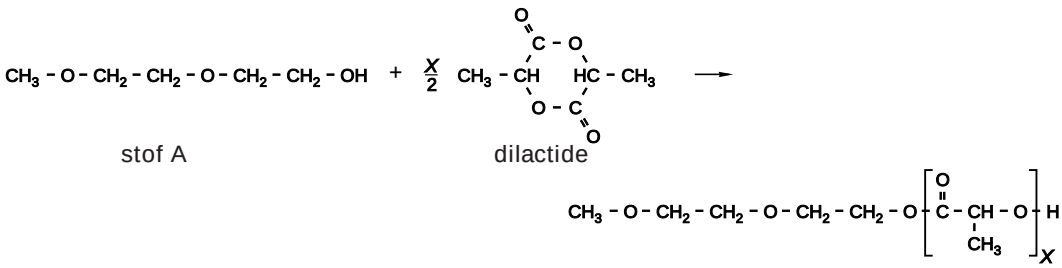
Polymelkzuur wordt vaak gemaakt uit het zogenoemde dilactide:



dilactide

Het dilactidemolecuul is op te vatten als een koppelingsproduct dat is ontstaan uit twee melkzuurmoleculen.
Uit een dilactide kunnen behalve polymeren van melkzuur ook zogenoemde oligomeren van melkzuur worden gevormd. Oligomeren van melkzuur zijn opgebouwd uit veel minder melkzuureenheden dan polymeren. Oligomeren van melkzuur kunnen worden gemaakt via reactie 1:

reactie 1



stof A dilactide

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

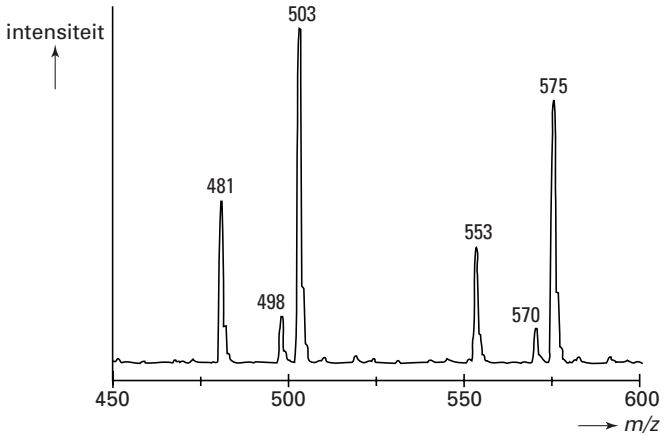
Stof A en het dilactide worden, samen met een katalysator, verwarmd tot 130 °C. In het vloeibare mengsel treedt dan de vorming van oligomeren op. Het aantal melkzuureenheden per oligomeermolecuul wordt de polymerisatiegraad genoemd. Bij reactie 1 ontstaat een mengsel van oligomeren. De gemiddelde polymerisatiegraad van de oligomeren in dit mengsel wordt bepaald door de gekozen molverhouding tussen stof A en het dilactide.

3p **3** ☐ Bereken hoeveel mmol stof A nodig is om 69 mmol (10 g) dilactide volledig om te zetten tot oligomeren met een gemiddeld aantal van 10 melkzuureenheden per oligomeermolecuul. Ga ervan uit dat ook stof A volledig reageert en dat geen andere reactie optreedt dan reactie 1.

Na de synthese van oligomeren van melkzuur uit stof A en het dilactide is het mengsel van de ontstane oligomeren onderzocht met behulp van een bepaalde methode van massaspectrometrie. Hierbij vallen de moleculen niet uiteen in brokstukken. Ze blijven intact, maar worden voorzien van een positieve lading door ze te behandelen met een oplossing waarin H^+ ionen, NH_4^+ ionen en Na^+ ionen voorkomen. Zo'n positief geladen oligomeerion ontstaat doordat een ongeladen oligomeermolecuul een H^+ ion of een NH_4^+ ion of een Na^+ ion bindt.
In het massaspectrum dat zo wordt verkregen, is een regelmatig patroon te zien van steeds groepjes van drie pieken. Dit is duidelijk te zien in figuur 1 waarin een deel is weergegeven van het massaspectrum van een mengsel van oligomeren.

De eerste piek in elk groepje van drie is toe te kennen aan een oligomeermolecuul dat een H^+ ion heeft gebonden. De andere twee pieken zijn toe te kennen aan oligomeermoleculen die een NH_4^+ ion respectievelijk een Na^+ ion hebben gebonden.

figuur 1



Uit het massaspectrum blijkt dat bij de synthese zowel oligomeren zijn ontstaan met een even als met een oneven aantal melkzuureenheden per oligomeermolecuul.

4p **4** ☐ Bereken de polymerisatiegraad van de oligomeer waaraan de piek bij *m/z* = 575 moet worden toegekend.

2p **5** ☐ Leg uit dat uit figuur 1 de conclusie over het even en oneven aantal melkzuureenheden per oligomeermolecuul kan worden getrokken.

De onderzoeker die deze synthese uitvoerde, verbaasde zich over het feit dat ook oligomeren met oneven aantallen melkzuureenheden waren ontstaan.

2p **6** ☐ Stel een hypothese op waarmee het ontstaan van oligomeren met oneven aantallen melkzuureenheden kan worden verklaard.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Kringloopfosfaat

Deze opgave gaat over het artikel "Kringloopfosfaat" dat is afgedrukt in het informatieboekje dat bij dit examen hoort. Lees dit artikel en beantwoord daarna de volgende vragen.

Fosfaaterts is een delfstof die onder andere bestaat uit fluorapatiet, $Ca_5(PO_4)_3F$. Voorafgaand aan de verwerking tot fosforzuur en polyfosfaat, wordt in de fabriek uit het fosfaaterts eerst gasvormig fosfor (P_4) gemaakt. Dit gebeurt door het erts te verhitten met cokes (C) en grind (SiO_2). Bij deze reactie ontstaan tevens koolstofmonooxide, calciumsilicaat ($CaSiO_3$) en calciumfluoride.

4p **7** ☐ Geef de vergelijking van deze reactie.

Hoewel de formule van fosfaat PO_4^{3-} is, wordt het in de industrie vaak weergegeven als difosforpentaoxide, P_2O_5. Met behulp van een berekening kan worden nagegaan of in het artikel met 'fosfaat' inderdaad difosforpentaoxide wordt bedoeld.

4p **8** ☐ Geef die berekening. Gebruik daarvoor de volgende gegevens:
- de in het artikel vermelde hoeveelheid fosfaaterts die Thermphos importeert;
- de in het artikel vermelde hoeveelheid fosfaat die daarmee overeenkomt;
- het fosfaaterts dat Thermphos importeert, bevat 15 massaprocent P.

Een mogelijke grondstof die Thermphos als vervanger voor fosfaaterts onderzoekt, is slib uit afvalwater.
In het artikel wordt onder andere aluminiumchloride genoemd als stof die kan worden gebruikt om 'fosfor' uit afvalwater te verwijderen. Als nadeel wordt daarbij genoemd: „Bovendien is het niet te vermijden dat er een beetje aluminium (...) in het oppervlaktewater terechtkomt".
Met 'aluminium' worden hier aluminiumionen bedoeld.

2p **9** ☐ Ben je het eens met het gestelde dat het niet te vermijden is dat er een beetje aluminium in het oppervlaktewater terechtkomt? Ondersteun je standpunt met een argument dat je aan de chemie ontleent.

Kippenmest is een andere bron die als vervanger voor fosfaaterts wordt onderzocht.
Een ingenieursbureau is bezig met de ontwikkeling van een elektriciteitscentrale die wordt gestookt met kippenmest. Een student Chemische Technologie die stage liep bij dit ingenieursbureau, schreef daarover het volgende.

tekstfragment

De mest van kippen is droger dan mest van koeien of varkens en is daardoor het meest geschikt. Na de verbranding blijft er as over. Deze as bestaat voornamelijk uit zand en fosfaat. Ik onderzoek de toepassingsmogelijkheden voor deze reststoffen. Het fosfaat kan natuurlijk worden gebruikt door de fabrikanten van kunstmest. Zij gebruiken nu fosfaaterts dat uit Afrika wordt aangevoerd. Als fosfaat uit stront kan worden teruggewonnen, wordt de totale hoeveelheid en dus de fosfaatbelasting beperkt. Maar de fabrikanten hebben niet zoveel aan het zand, dat in de as zit. Ik heb dus een proces bedacht waarin het fosfaat van het zand wordt gescheiden. Wat overblijft is een waardevolle grondstof voor kunstmest. Dit is struviet, een verbinding van fosfaat, magnesium en ammoniak.

uit: Campus, magazine van de Universiteit Twente voor aanstaande studenten

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

De bewering: „Als fosfaat uit stront kan worden teruggewonnen, wordt de totale hoeveelheid en dus de fosfaatbelasting beperkt.” geeft gebrekkig weer wat de student bedoelt te zeggen. Het is niet duidelijk wat hij bedoelt met ‘totale hoeveelheid’ en ‘fosfaatbelasting’.

2p **10** ☐ Verbeter de zin zo dat de bedoeling wel duidelijk is. Begin je zin met: „Als fosfaat uit stront kan worden teruggewonnen, …”.

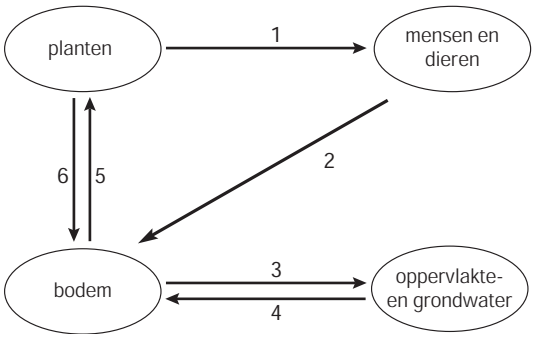
Struviet is een slecht oplosbaar zout dat bestaat uit drie ionsoorten. De beschrijving die de student van struviet geeft, is niet geheel juist. Met name het gebruik van het woord ‘ammoniak’ is verkeerd. Toch kan met behulp van die beschrijving wel worden afgeleid wat de formule van struviet is.

2p **11** ☐ Geef de formules van de ionen die in struviet voorkomen en leid daarmee de formule van struviet af.

4p **12** ☐ Beschrijf een methode, die de student zou kunnen hebben bedacht, om struviet uit de as te verkrijgen. Ga ervan uit dat het fosfaat in de vorm van calciumfosfaat in de as zit en niet in de vorm van struviet. Gebruik het gegeven dat het fosfaation een base is.

In figuur 2 is een gedeelte van de natuurlijke fosforkringloop door middel van een eenvoudig schema weergegeven. In deze kringloop zijn uitsluitend de belangrijkste natuurlijke processen weergegeven. Menselijke activiteiten zoals het op industriële schaal onttrekken van stoffen aan de bodem en het gebruik van kunstmest zijn niet in dit schema opgenomen.

figuur 2



1 = voedsel 3 = oplossen van mineralen 5 = opnemen van mineralen
2 = mest 4 = afzetting van mineralen 6 = afsterven van planten

Het bedrijf Thermphos wil dus bewerkstelligen dat er in de toekomst een fosforkringloop ontstaat, waarbij ze minder beslag hoeven te leggen op fosfaaterts. Met behulp van gegevens uit het artikel kunnen de huidige activiteiten van Thermphos en de activiteiten die in de toekomst wellicht kunnen worden uitgevoerd, in dit schema worden opgenomen. Op de uitwerkbijlage is het schema opnieuw weergegeven. Hierin is met een extra ovaal, aangeduid met ‘TH’, de plaats van Thermphos aangegeven.

4p **13** ☐ Teken in het schema op de uitwerkbijlage nog twee extra ovalen en extra pijlen op de manier zoals in het schema is gedaan, zodat de informatie uit het artikel duidelijk wordt gemaakt.
Zet in de extra ovalen: *RZI* (voor rioolwaterzuiveringsinstallatie) en *VI* (voor verbrandingsinstallatie). Zet bij de extra pijlen op de juiste plaats de nummers 7 tot en met 13.
Deze nummers staan voor de volgende aanduidingen:

7 = fosfaaterts 10 = slib 13 = gezuiverd rioolwater
8 = fosforzuur en polyfosfaten 11 = as
9 = afvalwater (rioolwater) 12 = mest

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Witte verf

Voor witte verf wordt vaak titaan(IV)oxide (TiO_2) als pigment gebruikt. Deze stof wordt bereid uit het erts ilmeniet.
Ilmeniet is van oorsprong ijzer(II)titanaat ($FeTiO_3$).
In de loop van de tijd heeft echter een deel van het ijzer(II)titanaat met zuurstof uit de lucht gereageerd. Door deze reactie bestaat het erts behalve uit ijzer(II)titanaat ook uit ijzer(III)titanaat ($Fe_2(TiO_3)_3$) en ijzer(III)oxide (Fe_2O_3).

2p **14** ☐ Leg uit waarin het massapercentage titaan het hoogst is: in zuiver ijzer(II)titanaat of in erts waarvan een deel van het ijzer(II)titanaat met zuurstof heeft gereageerd.

Bij de bereiding van titaan(IV)oxide laat men het erts eerst reageren met een zwavelzuuroplossing. Hierbij treden reacties op waarbij onder andere TiO_3^{2-} wordt omgezet tot TiO^{2+}. Door reactie met water wordt vervolgens TiO^{2+} omgezet tot TiO_2. Deze laatste reactie is geen redoxreactie.

3p **15** ☐ Geef de vergelijking van de reactie van TiO^{2+} met water onder vorming van onder andere TiO_2.

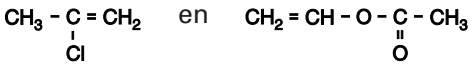
In de oplossing die ontstaat nadat de zwavelzuuroplossing is toegevoegd, komen ook Fe^{3+} ionen voor. Voor het verkrijgen van het witte pigment is de aanwezigheid van geel Fe^{3+} ongewenst. Daarom wordt Fe^{3+} verwijderd vóórdat water wordt toegevoegd. Dit gebeurt door toevoeging van een overmaat ijzer (Fe). Bij de reactie tussen Fe^{3+} en Fe ontstaat Fe^{2+}. Door het toegevoegde ijzer wordt ook een klein deel van het TiO^{2+} omgezet tot Ti^{3+}. De vergelijking van de halfreactie voor de omzetting van TiO^{2+} tot Ti^{3+} is:

$$TiO^{2+} + 2\,H^+ + e^- \rightarrow Ti^{3+} + H_2O$$

Voor deze halfreactie geldt $V^0 = +0{,}06$ V.
Het ontstane Ti^{3+} verhindert dat na verwijdering van het overgebleven Fe, het Fe^{2+} door opgeloste zuurstof weer wordt omgezet tot Fe^{3+}.

2p **16** ☐ Geef hiervoor een verklaring aan de hand van bovenstaande gegevens en een gegeven uit Binas.

Een verf bevat behalve pigment ook een oplosmiddel en een bindmiddel. Bij veel soorten verf vormt het bindmiddel na verdampen van het oplosmiddel een vast laagje op het geverfde voorwerp. De pigmentdeeltjes zitten dan in het vaste bindmiddel opgesloten. Bindmiddelen die in deze soorten verf voorkomen, zijn additiepolymeren van onverzadigde verbindingen.
Een voorbeeld van zo'n bindmiddel is het polymeer dat kan worden verkregen uit de volgende monomeren:

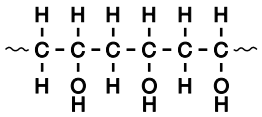


stof A stof B

3p **17** ☐ Geef de structuurformule van een stukje uit het midden van het polymeer dat uit stof A en stof B kan ontstaan. Dit stukje moet vier monomeereenheden bevatten: twee van stof A en twee van stof B.

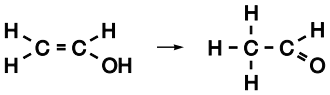
Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Polyvinylalcohol kan als volgt in een structuurformule worden weergegeven:



polyvinylalcohol

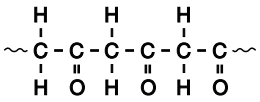
Polyvinylalcohol is op te vatten als het polymeer van vinylalcohol. Polyvinylalcohol kan niet uit vinylalcohol worden gemaakt omdat vinylalcohol niet stabiel is. Deze verbinding wordt namelijk omgezet tot ethanal volgens de reactievergelijking:



Voor deze reactie geldt dat de reactiewarmte (bij 298 K en $p = p_0$) in de gasfase $-1{,}0 \cdot 10^5$ J mol^{-1} bedraagt.

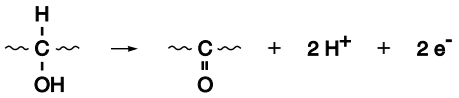
3p **18** ☐ Bereken de vormingswarmte in J mol^{-1} (bij 298 K en $p = p_0$) van vinylalcohol. Maak hierbij gebruik van Binas-tabel 57.

Bij een methode om lichtgevoelige stoffen in een bepaald patroon aan te brengen op bijvoorbeeld het oppervlak van de beeldbuis van een kleurentelevisie wordt op dat oppervlak een lak aangebracht waaruit polyvinylalcohol kan ontstaan. Nadat het polyvinylalcohol is gevormd, wordt de laklaag behandeld met een aangezuurde oplossing van kaliumdichromaat ($K_2Cr_2O_7$).
Het op te brengen patroon wordt vervolgens met licht van een bepaalde golflengte op de beeldbuis geprojecteerd. Op de plaatsen waar de laklaag wordt belicht, wordt polyvinylalcohol omgezet tot polyvinylketon.
De structuurformule van polyvinylketon kan als volgt worden weergegeven:



polyvinylketon

De vergelijking van de halfreactie voor de omzetting van een C - OH groep in polyvinylalcohol tot een C = O groep in polyvinylketon is hieronder weergegeven:



De vergelijking van de halfreactie van $Cr_2O_7^{2-}$ in zuur milieu staat in Binas-tabel 48.

5p **19** ☐ Bereken hoeveel mL 0,500 M aangezuurde kaliumdichromaatoplossing minstens nodig is om 1,00 gram polyvinylalcohol volledig om te zetten tot polyvinylketon.

Polyvinylalcohol is veel beter oplosbaar in water dan polyvinylketon. Daarom kan de laklaag op plaatsen waar deze niet is belicht op eenvoudige wijze met water worden weggespoeld. De laklaag op de belichte plaatsen lost vrijwel niet op in water.

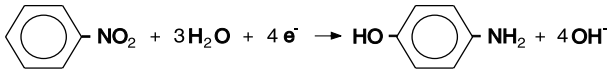
2p **20** ☐ Geef mede aan de hand van een kenmerkend verschil tussen een molecuul polyvinylalcohol en een molecuul polyvinylketon een mogelijke verklaring voor het feit dat polyvinylalcohol beter in water oplost dan polyvinylketon.

Let op: de laatste opgave van dit examen staat op de volgende pagina.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

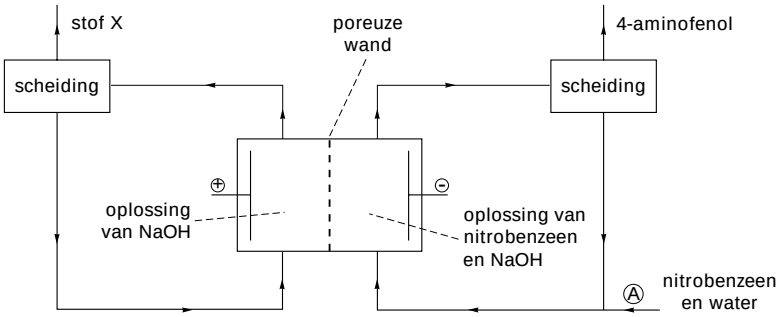
Elektrosynthese

De bereiding van stoffen door middel van elektrolyse wordt wel elektrosynthese genoemd. Bij de elektrosynthese van 4-aminofenol gaat men uit van nitrobenzeen. De elektrolyse vindt plaats met onaantastbare elektroden. De vergelijking van de reactie die hierbij aan de negatieve elektrode optreedt, is:



De elektrosynthese van 4-aminofenol wordt uitgevoerd in een continu proces dat als volgt schematisch kan worden weergegeven:

blokschema



De poreuze wand is doorlaatbaar voor Na^+, OH^- en H_2O, maar niet doorlaatbaar voor de organische stoffen.
Behalve 4-aminofenol ontstaat bij het beschreven proces een stof X.

3p **21** ☐ Geef de vergelijking van de reactie die optreedt aan de positieve elektrode en geef de formule van stof X.

2p **22** ☐ Leg uit in welke molverhouding nitrobenzeen en water bij Ⓐ (zie blokschema) moeten worden ingeleid om er voor te zorgen dat het hele proces continu verloopt.

Een fabriek streeft ernaar om door middel van het beschreven continu proces per etmaal (24 uur) 100 kg 4-aminofenol te produceren. Daarvoor is een hoge stroomsterkte nodig.

5p **23** ☐ Bereken de stroomsterkte in ampère (1 ampère = 1 coulomb per seconde) die nodig is om per etmaal 100 kg 4-aminofenol te produceren. Maak hierbij onder andere gebruik van het gegeven dat de lading van een mol elektronen gelijk is aan $9{,}65 \cdot 10^4$ C.

Einde

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

scheikunde 1,2

Examen VWO

Voorbereidend
Wetenschappelijk
Onderwijs

20 05

Tijdvak 1
Maandag 23 mei
13.30 – 16.30 uur

Informatieboekje

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Kringloopfosfaat

DE EUROPESE fosfaatindustrie wil dat in 2010 een kwart van het fosfaat wordt teruggewonnen uit afvalwater en mest.
Een van de bedrijven die zich sterk maken voor hergebruik van fosfaat uit afvalwater en dierlijke mest is Thermphos in Vlissingen. Thermphos importeert jaarlijks 600.000 ton fosfaaterts uit Noord-Afrika en Rusland (overeenkomend met 200.000 ton fosfaat) en maakt daar fosforzuur en polyfosfaat van. Fosforzuur wordt onder meer gebruikt in voedingsmiddelen en frisdranken en, in geconcentreerde vorm, voor het schoonmaken van metalen. Polyfosfaat wordt tegenwoordig veelal gebruikt bij onder meer de bereiding van levensmiddelen (kaas en bakpoeder) en het veredelen van papier en textiel.
Thermphos heeft zich tot doel gesteld om in vijf jaar tijd twintig procent van de aanvoer van fosfaaterts te vervangen door andere fosfaatbronnen.
Er valt nog een hoop te doen. "Dat gebeurt ook", zegt dr. ir. Rob de Ruiter, directeur productie en technologie van Thermphos. "We kijken naar reststromen die vrijkomen bij het zuiveren van afvalwater en bij het verbranden van dierlijke mest."
Rioolwater bevat een gering percentage fosfaat, dat er voornamelijk via onze spijsvertering in terecht is gekomen. In de zuiveringsinstallatie wordt fosfaat er voor een groot deel uitgehaald, hetzij door de bacteriën in de zuivering, die het ophopen, hetzij door het te laten reageren met ijzerchloriden. In beide gevallen komt het in het slib terecht. Het slib wordt verbrand of gedroogd en gestort. De as die vrijkomt bij verbranden, zou een interessante grondstof kunnen zijn, ware het niet dat er stoffen in zitten die bij verdere verwerking problemen geven, bijvoorbeeld ijzer. Het ijzer in de as is voornamelijk afkomstig van ijzerchloriden die de zuiveraars toevoegen om fosfor uit afvalwater te verwijderen. Het zou beter zijn als daarvoor aluminiumchloride of calciumhydroxide wordt gebruikt, maar dat heeft weer als nadeel dat het duur is. Bovendien is het niet te vermijden dat er een beetje aluminium uit de zuivering in het oppervlaktewater terechtkomt en dat is slecht voor het waterleven. Andere metalen die problemen opleveren, zijn koper en zink, afkomstig uit leidingen en goten.
Wat geldt voor de as van zuiveringsslib, geldt ook voor de as die vrijkomt bij het verbranden van kippenmest, een andere bron van fosfaat. De hoeveelheid fosfaat in dierlijke mest is in principe voldoende om de fosfaatbehoefte van Thermphos te dekken, maar in de praktijk komt daar nog weinig van terecht. Thermphos is in gesprek met de Stichting Duurzame Energie Pluimveemest. Deze stichting wil bij Moerdijk een elektriciteitscentrale bouwen die wordt gestookt met kippenmest. De as die daarbij vrijkomt bevat fosfaat, maar (helaas) ook koper en zink. Die worden zelfs aan het voer toegevoegd om de kippen beter te laten groeien. Vanwege de problemen die beide metalen veroorzaken bij de verwerking van gebruikt fosfaat is Thermphos inmiddels in gesprek met de leveranciers van kippenvoer om te kijken of het gehalte omlaag kan.

naar: NRC Handelsblad

Einde

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Uitwerkbijlage bij de vragen 1 en 13

Examen VWO 2005

Tijdvak 1
Maandag 23 mei
13.30 – 16.30 uur

Examennummer

.....

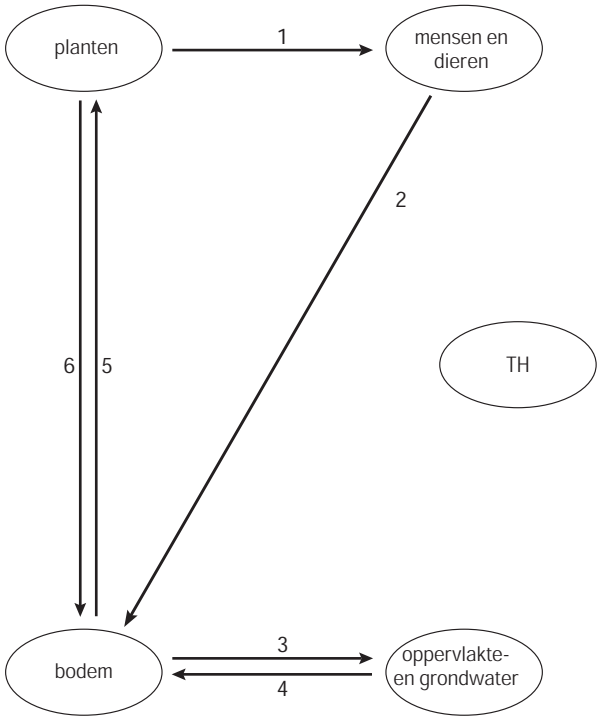
Naam

.....

Vraag 1

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Vraag 13



Einde

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

scheikunde 1

Examen VWO

Voorbereidend
Wetenschappelijk
Onderwijs

20 05

Tijdvak 2
Woensdag 22 juni
13.30 – 16.30 uur

Voor dit examen zijn maximaal 70 punten te behalen; het examen bestaat uit 26 vragen. Voor elk vraagnummer is aangegeven hoeveel punten met een goed antwoord behaald kunnen worden.

Als bij een vraag een verklaring, uitleg, berekening of afleiding gevraagd wordt, worden aan het antwoord meestal geen punten toegekend als deze verklaring, uitleg, berekening of afleiding ontbreekt.

Geef niet meer antwoorden (redenen, voorbeelden e.d.) dan er worden gevraagd. Als er bijvoorbeeld twee redenen worden gevraagd en je geeft meer dan twee redenen, dan worden alleen de eerste twee in de beoordeling meegeteld.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Alcoholtest

Na alcoholconsumptie komt er alcohol (ethanol) in het bloed terecht. In de lever wordt alcohol onder invloed van het enzym alcohol-dehydrogenase omgezet tot aceetaldehyde (ethanal). Vervolgens wordt aceetaldehyde omgezet tot azijnzuur (ethaanzuur) onder invloed van het enzym aldehyde-dehydrogenase.
Een te hoge concentratie aceetaldehyde veroorzaakt misselijkheid. Mensen met een alcoholprobleem krijgen wel eens een middel voorgeschreven dat de werking van één van de genoemde enzymen blokkeert. Wanneer men dit middel gebruikt, voelt men zich al na het drinken van weinig alcohol misselijk.

2p **1** ☐ Leg uit van welk van de twee genoemde enzymen de werking wordt geblokkeerd door dat middel.

Niet alle alcohol wordt, na alcoholconsumptie, in de lever onmiddellijk afgebroken. Daardoor komt het ook, via de longen, in uitgeademde lucht terecht.
Er is uitgebreid onderzoek geweest of het alcoholgehalte in de uitgeademde lucht mag worden gebruikt om vast te stellen of iemand 'onder invloed' deelneemt aan het verkeer. Mede naar aanleiding van dit onderzoek is vastgelegd dat men in Nederland strafbaar is als men aan het verkeer deelneemt met meer dan 220 μg alcohol per dm^3 uitgeademde lucht.
Twee leerlingen willen voor hun profielwerkstuk een zogenoemd blaaspijpje maken, waarmee ze het alcoholgehalte in uitgeademde lucht kunnen bepalen. Op internet hebben ze onderstaande informatie voor het maken van zo'n blaaspijpje gevonden:

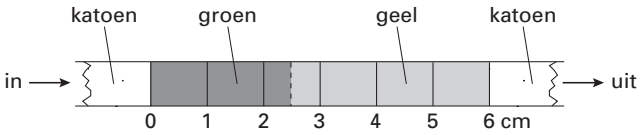
> De omzetting van het gele dichromaat-ion tot het groene chroom(III)ion wordt gebruikt:
>
> $$2\ Cr_2O_7^{2-} + 3\ C_2H_5OH + 16\ H^+ \rightarrow 4\ Cr^{3+} + 3\ CH_3COOH + 11\ H_2O$$
>
> Laat 1,0 g silicagel een dag liggen in een oplossing van 20 mL 0,10 M $K_2Cr_2O_7$ en 10 mL 6 M zwavelzuur. Het silicagel absorbeert 0,20 procent van de opgeloste hoeveelheid kaliumdichromaat (plus voldoende zwavelzuur).
> Filtreer het mengsel en laat de nu geel gekleurde korreltjes een dag drogen aan de lucht. Sluit een glazen buisje met wat katoen aan één kant af. Breng alle gedroogde silicagel in het buisje en sluit het andere eind ook af met wat katoen.

De reactie waarvan de vergelijking is gegeven, is een redoxreactie.

3p **2** ☐ Geef de vergelijking van de halfreactie voor de omzetting van alcohol tot azijnzuur zoals die in het blaaspijpje plaatsvindt. Gebruik hierin voor alcohol en ethaanzuur molecuulformules. Naast deze molecuulformules komen in de reactievergelijking onder andere ook H_2O en H^+ voor.

Met behulp van bovengenoemde hoeveelheden maken de leerlingen één blaaspijpje.
De korreltjes silicagel met het geabsorbeerde kaliumdichromaat (plus zwavelzuur) worden in het glazen buisje verdeeld over een lengte van 6,0 cm.
Wanneer uitgeademde lucht die alcohol bevat, in zo'n blaaspijpje wordt geblazen, worden de eerste korrels groen. Het grensvlak tussen groen en geel in zo'n blaaspijpje schuift meer naar rechts, naarmate er meer alcohol in zo'n pijpje wordt geblazen. Het resultaat is in figuur 1 weergegeven.

figuur 1



Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Nadat ze op de beschreven manier een blaaspijpje hebben gemaakt, gaan de leerlingen het ijken. De bedoeling daarvan is dat ze voor de gehele lengte van het buisje nagaan hoeveel alcohol per cm reageert.

3p **3** ☐ Beschrijf een werkplan om zo'n blaaspijpje over de gehele lengte te ijken.

Uit de ijking blijkt dat 40 µg alcohol heeft gereageerd wanneer het blaaspijpje over een lengte van 1,0 cm groen is geworden en dat dit geldt voor de gehele lengte van het pijpje. Kennelijk heeft in het groene gebied niet alle kaliumdichromaat gereageerd. Met behulp van de gegevens van internet (zie het kader op de vorige pagina) kun je namelijk berekenen dat meer dan 40 µg alcohol kan reageren met de hoeveelheid kaliumdichromaat in 1,0 cm van het blaaspijpje.

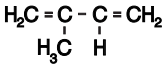
5p **4** ☐ Geef deze berekening.

Hierna maken de leerlingen een tweede blaaspijpje op precies dezelfde manier als het eerste. Dit blaaspijpje wordt uitgeprobeerd op een cafébezoeker. Hij blaast 0,50 dm^3 adem door het blaaspijpje. Dit kleurt groen over een lengte van 3,2 cm.

2p **5** ☐ Ga door middel van een berekening na of de cafébezoeker strafbaar zou zijn als hij aan het verkeer deelneemt.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Isopreen is de triviale naam van de stof met onderstaande structuurformule:



Isopreen kan met waterstofbromide reageren. Daarbij treedt additie op. Eén van de manieren waarop deze additie kan plaatsvinden, is dat de atomen van een molecuul waterstofbromide worden gebonden aan de koolstofatomen van één van beide dubbele bindingen van het isopreenmolecuul. Behalve deze soort additie kan additie van een molecuul waterstofbromide aan een molecuul isopreen ook op een andere manier plaatsvinden. Daarbij worden de atomen van het waterstofbromidemolecuul aan de buitenste koolstofatomen van een isopreenmolecuul gebonden. In dat geval spreekt men van 1,4-additie. Een voorbeeld van een 1,4-additie van een molecuul waterstofbromide aan een molecuul isopreen is hieronder in een reactievergelijking weergegeven:

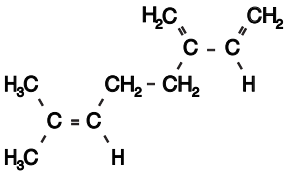
stof A

3p **6** ☐ Geef de systematische naam van stof A.

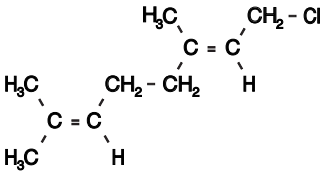
Veel stoffen die in de natuur voorkomen, zijn op te vatten als producten die zijn ontstaan uit isopreen. Een voorbeeld van zo'n stof is natuurrubber. Men kan zich indenken dat een molecuul natuurrubber is ontstaan door 1,4-polyadditie van isopreenmoleculen.

3p **7** ☐ Geef de structuurformule van een gedeelte uit het midden van een molecuul natuurrubber. In dit gedeelte moeten drie eenheden isopreen voorkomen.

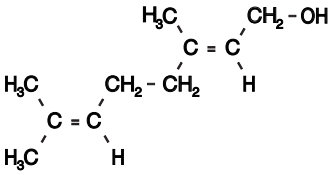
In veel planten komen koolwaterstoffen voor die men terpenen noemt. Terpenen hebben de molecuulformule $C_{10}H_{16}$. Men kan zich indenken dat een molecuul van een terpeen is ontstaan door onderlinge additie van twee moleculen isopreen.
Een voorbeeld van een terpeen is myrceen.
Myrceen dient als grondstof voor de bereiding van diverse geurstoffen. Eén zo'n geurstof is geraniol, een stof die naar rozen ruikt. Bij de bereiding van geraniol uit myrceen wordt als tussenproduct onder andere geranylchloride gevormd.
De structuurformules van myrceen, geranylchloride en geraniol zijn als volgt:



myrceen



geranylchloride

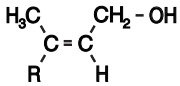


geraniol

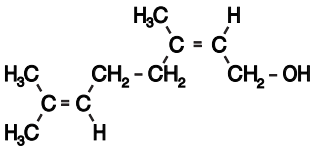
De omzetting van myrceen tot geraniol verloopt in drie stappen.
Stap 1: Myrceen laat men in de molverhouding 1 : 1 met waterstofchloride reageren. Hierbij ontstaat een mengsel van chloriden, waaronder geranylchloride.
Stap 2: Het mengsel van chloriden dat in stap 1 is ontstaan, laat men reageren met natriumethanoaat. Het geranylchloride wordt hierbij omgezet tot geranylethanoaat, de ester van geraniol en ethaanzuur.
Stap 3: Door reactie met een oplossing van een stof X wordt het geranylethanoaat omgezet tot geraniol. Hierbij ontstaat behalve geraniol ook opgelost natriumethanoaat.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

2p **8** ☐ Geef de naam van de stof X die in stap 3 wordt gebruikt.

3p **9** ☐ Geef de reactievergelijking voor de omzetting van geranylethanoaat tot geraniol. Gebruik hierin voor geraniol de volgende verkorte structuurformule:  en voor geranylethanoaat een vergelijkbare verkorte structuurformule.

Behalve geraniol ontstaat bij deze bereiding ook de stereo-isomeer van geraniol, nerol. Deze stof ruikt ook naar rozen.
Nerol wordt ook wel *cis*-geraniol genoemd. De structuurformule van nerol is hieronder weergegeven:

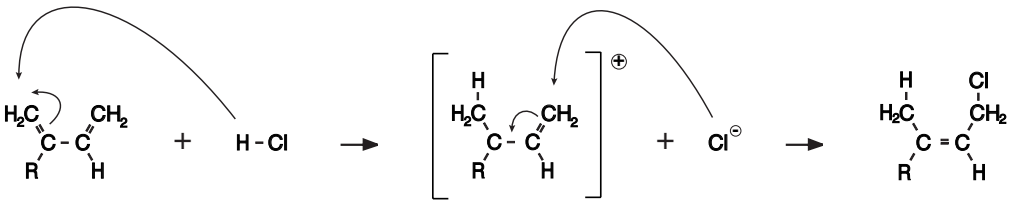


nerol

Het ontstaan van nerol kan worden verklaard met behulp van het reactiemechanisme van stap 1. Voor het verloop van stap 1 is het volgende reactiemechanisme voorgesteld.

Bij de additie van een waterstofchloridemolecuul aan een molecuul myrceen wordt eerst een H^+ ion aan het myrceenmolecuul gebonden. Daarna wordt aan het ontstane positieve ion een Cl^- ion gebonden (zie figuur 2).

figuur 2



In deze figuren is met kromme pijlen aangegeven hoe achtereenvolgens het H^+ ion en het Cl^- ion worden gebonden en hoe de bindingen in het molecuul veranderen. Voor de structuurformule van myrceen is een verkorte schrijfwijze gebruikt.

2p **10** ☐ Leg uit hoe het ontstaan van nerol kan worden verklaard met het hierboven weergegeven reactiemechanisme voor de vorming van geranylchloride.

In een Amerikaanse publicatie over de hierboven beschreven bereiding van geraniol staat het volgende:

tekst-fragment 1

In dit proces wordt myrceen omgezet tot geranylchloride en nerylchloride. Het mengsel van chloriden wordt dan omgezet tot een mengsel van geranylethanoaat en nerylethanoaat. Dit mengsel wordt vervolgens gehydrolyseerd en gezuiverd, zodat geraniol en nerol worden verkregen.

vertaald uit: The Flavor and Fragrance High Production Volume Consortia, The Terpene Consortium

Je zou verwachten dat in het mengsel dat in stap 1 uit myrceen en waterstofchloride ontstaat ook andere chloriden voorkomen dan de twee genoemde.

2p **11** ☐ Leg uit dat het mogelijk is dat in het mengsel dat in stap 1 ontstaat, behalve geranylchloride en nerylchloride, ook andere chloriden voorkomen. Geef in je uitleg ook de structuurformule van een chloride dat naar verwachting in stap 1 ook kan ontstaan. Gebruik voor de structuurformule de hiervoor vermelde verkorte schrijfwijze.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Versnelde verwering

Het gebruik van fossiele brandstoffen heeft de laatste decennia gezorgd voor een aanzienlijke toename van het koolstofdioxide-gehalte van de atmosfeer. Men neemt aan dat deze toename invloed heeft op het klimaat op aarde: het versterkte broeikaseffect. In het artikel 'Versnelde verwering', dat in mei 2002 in het tijdschrift Natuur en Techniek heeft gestaan, wordt een methode besproken om koolstofdioxide uit de atmosfeer vast te leggen via een natuurlijk proces: de verwering van het mineraal olivijn. Onderstaande tekst bevat delen uit dit artikel. Lees deze tekst en beantwoord vervolgens de vragen van deze opgave.

tekst

Chemische verwering houdt CO_2 binnen de perken

De mensheid onttrekt enorme massa's materiaal aan de aarde (ertsen en mineralen, fossiele brandstoffen, grondwater) of voegt ze eraan toe (kunstmest, bevloeiing, opslag van afval, CO_2), vrijwel zonder zich zorgen te maken om de consequenties. Tegelijkertijd bestaat er grote huiver tegen grootschalig gebruik van bestaande natuurlijke processen om de schadelijke gevolgen van menselijke ingrepen om te buigen. Te denken valt aan voorstellen om voedselarme delen van de oceaan bij te mesten met mestoverschotten. De verhoogde algengroei zou CO_2 aan de atmosfeer onttrekken. Het voorstel om de natuurlijke verwering van het mineraal olivijn (zie kader onderaan de pagina) een handje te helpen, om de door de mens veroorzaakte toename van het CO_2-gehalte van de atmosfeer terug te dringen, roept onmiddellijk dezelfde weerstand op. Vreemd, omdat bekalking van landbouwgronden een algemeen aanvaarde maatregel is, hoewel kalk (in tegenstelling tot olivijn) geen gunstig effect heeft op de CO_2-vastlegging.

Onlangs is het voorstel gelanceerd om CO_2 bij puntbronnen zoals olieraffinaderijen en kolencentrales af te vangen en daarmee bij verhoogde temperatuur silicaten om te zetten in carbonaten. Met het silicaat olivijn blijkt de reactie snel te verlopen – binnen hooguit enkele uren – en de producten zijn gehydrateerde amorfe silica (H_4SiO_4) en magnesiumcarbonaat. Een nadeel is dat deze twee vaste stoffen gemengd vrijkomen; het proces zou met een simpele scheidingsstap moeten worden uitgebreid om deze twee vaste fasen in min of meer zuivere vorm te verkrijgen. Naar verwachting kan het gevormde silica in bouwmaterialen worden toegepast. Kostenbesparend bij deze technologie kan wellicht zijn dat aparte ontzwavelingsinstallaties niet meer nodig zijn. In de rookgassen aanwezig zwaveldioxide en zwavelzuur worden namelijk ook door olivijn geneutraliseerd en vastgelegd als $MgSO_4$.

Behalve als technologie om puntbronnen van CO_2 te behandelen, kan dezelfde reactie ook op een extensieve, goedkopere en meer natuurlijke manier worden ingezet. Ter bestrijding van de effecten van zure regen wordt veel akkerland regelmatig bekalkt. Om de paar jaar moet deze behandeling worden herhaald. In Nederland willen we de komende jaren een vrij groot landbouwareaal aan de landbouw onttrekken en transformeren tot bossen. Een olivijnbehandeling van het land, voordat zo'n bos wordt geplant, is dan aan te bevelen. Daarmee wordt ook het effect van zure regen tegengegaan.

Chemische verwering van olivijn verloopt als volgt:

$$Mg_{1,85}Fe_{0,15}SiO_4 + 4\ CO_2 + 4\ H_2O \rightarrow 1,85\ Mg^{2+} + 0,15\ Fe^{2+} + H_4SiO_4 + 4\ HCO_3^-$$

Deze reactie wordt gevolgd door:

$$1,85\ Mg^{2+} + 0,15\ Fe^{2+} + 4\ HCO_3^- \rightarrow Mg_{1,85}Fe_{0,15}(CO_3)_2 + 2\ CO_2 + 2\ H_2O$$

Laten we als gedachte-experiment eens uitrekenen hoeveel olivijn we theoretisch nodig zouden hebben om 20% van alle CO_2 uit de atmosfeer om te zetten (naar het niveau van het jaar 1800). De massa van alle CO_2 in de atmosfeer is ongeveer $2,5 \cdot 10^{18}$ gram. Als we voor de dichtheid van olivijn 2,5 g cm^{-3} nemen, dan is er om 20% van het CO_2 uit de atmosfeer te halen ongeveer 320 km^3 olivijn nodig. Zo zou een stoflaagje olivijn op het land een serieuze bijdrage kunnen leveren aan de bestrijding van het broeikasgevaar.

naar: Natuur en Techniek, mei 2002

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

3p **12** ☐ Geef de naam van het proces dat plaatsvindt wanneer algen CO_2 aan de atmosfeer onttrekken. Geef ook de namen van de twee eindproducten die bij dit proces ontstaan.
Noteer je antwoord als volgt:
naam van het proces: …
namen van de eindproducten: … en …

Bij bekalking van landbouwgronden wordt kalk toegevoegd. De aanduiding ‘kalk’ is niet eenduidig: men kan er de stof ‘ongebluste kalk’, ‘gebluste kalk’ of ‘kalksteen’ mee bedoelen. Mede met behulp van een gegeven uit het artikel is op te maken welke stof hier wordt bedoeld.

1p **13** ☐ Welke reden wordt in het artikel genoemd om bekalking van landbouwgrond toe te passen?

4p **14** ☐ Leg aan de hand van de formules van de drie verschillende soorten kalk en een gegeven uit het artikel uit met welke stof(fen) men landbouwgrond bekalkt.

In regel 18 wordt voorgesteld om een ‘simpele scheidingsstap’ toe te passen waarbij twee stoffen ‘in min of meer zuivere vorm’ worden verkregen. Welke scheidingsmethode de schrijver van het artikel wil gebruiken, wordt niet duidelijk, maar het is aannemelijk dat hij extractie met water bedoelt.
Een leerling krijgt als practicumopdracht een mengsel van magnesiumcarbonaat en gehydrateerde amorfe silica te scheiden. Hij mag ervan uitgaan dat de gehydrateerde amorfe silica onoplosbaar is. Het magnesiumcarbonaat zorgt daarbij voor een probleem.

1p **15** ☐ Waarom zorgt magnesiumcarbonaat voor een probleem bij deze scheidingsmethode?

3p **16** ☐ Beschrijf een werkplan om het mengsel van magnesiumcarbonaat en gehydrateerde amorfe silica zo te scheiden dat beide stoffen zo zuiver mogelijk en in vaste toestand worden verkregen.

Het vastleggen van zwaveldioxide in de vorm van $MgSO_4$ is het resultaat van enkele elkaar opvolgende reacties.

4p **17** ☐ Geef van die reacties de reactievergelijkingen. Ga ervan uit dat in olivijn als positief ion uitsluitend Mg^{2+}, en geen Fe^{2+}, voorkomt en dat de reacties niet in oplossing plaatsvinden. Behalve $MgSO_4$ ontstaat ook H_4SiO_4.

5p **18** ☐ Ga door middel van een berekening na of de uitkomst (320 km^3 olivijn nodig) van het ‘gedachte-experiment’ juist is. Gebruik de gegevens uit het kader dat op de vorige pagina staat.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Vislucht

Trimethylamine, $(CH_3)_3N$, is bij kamertemperatuur een gasvormige stof met een onaangename geur (rotte vis). Deze stof wordt onder invloed van bacteriën in het lichaam uit voedsel gevormd. In de lever wordt trimethylamine omgezet tot trimethylamineoxide, $(CH_3)_3NO$. Deze omzetting gebeurt onder invloed van een enzym dat wordt aangeduid met FMO. Trimethylamineoxide is reukloos en wordt via de urine uitgescheiden.
Er zijn mensen die het enzym FMO niet, of in onvoldoende hoeveelheid, kunnen aanmaken. De omzetting van trimethylamine tot trimethylamineoxide gebeurt daardoor niet of in zeer geringe mate. Trimethylamine hoopt zich bij deze mensen op in het lichaam. Uitscheiding van trimethylamine gebeurt via de urine, maar voor een niet onbelangrijk deel ook via de adem en het zweet. Deze mensen verspreiden daarbij een onaangename vislucht. Ze geraken daardoor vaak in een sociaal isolement. Deze aandoening staat bekend als het visluchtsyndroom.
Voedsel bestaat hoofdzakelijk uit eiwitten, koolhydraten en vetten. Mensen die lijden aan het visluchtsyndroom krijgen vaak een eiwitarm dieet voorgeschreven.

2p **19** ☐ Leg uit waarom een dieet met weinig eiwit wel helpt bij het visluchtsyndroom en een dieet met weinig vet niet. Betrek in je uitleg de samenstelling van de genoemde stoffen.

1p **20** ☐ Geef aan waarom niet een dieet zonder eiwit wordt voorgeschreven.

Zweet bestaat uit water waarin een groot aantal verschillende stoffen is opgelost. Zweet heeft als functie de temperatuur van het lichaam te reguleren. Bij het verdampen van zweet wordt warmte aan het lichaam onttrokken. Wanneer trimethylamine in het zweet is opgelost, verdampt dat mee, waardoor de betreffende persoon naar vis ruikt.
Wassen met bepaalde soorten zeep kan de vislucht verminderen. In een Engels tijdschrift staat hierover het volgende:

tekst-fragment 2

Uit onderzoek is gebleken dat door gebruik van zepen met een pH waarde 5,5 – 6,5 bij sommige patiënten de stank drastisch afnam. De werking van die zepen berust erop dat uitgescheiden trimethylamine (een sterke base) wordt vastgehouden in de vorm van een veel minder vluchtig zout.

vertaald naar: H. U. Rehman, Fish odour syndrome, Postgrad Med J 1999

2p **21** ☐ Geef een verklaring voor het ontstaan van het zout dat in tekstfragment 2 wordt bedoeld.

3p **22** ☐ Leg uit dat trimethylamine een vluchtiger stof is dan het zout waarvan in tekstfragment 2 sprake is. Betrek in je uitleg soorten bindingen die in de desbetreffende stoffen voorkomen.

Of iemand wel of niet aan het visluchtsyndroom lijdt, is niet altijd duidelijk. Mensen met een milde vorm van deze afwijking verspreiden slechts af en toe een vislucht.
De ernst van de aandoening kan door onderzoek worden vastgesteld. De man of vrouw die wordt onderzocht, krijgt een hoeveelheid trimethylamine toegediend waarna zijn/haar urine gedurende een aantal uren wordt verzameld. Bij dit onderzoek wordt de waarde van het quotiënt $\frac{[TMAO]}{[TMAO] + [TMA]}$ berekend. Hierin is [TMAO] de concentratie van trimethylamineoxide in de verzamelde urine en [TMA] de concentratie van trimethylamine in de verzamelde urine. Bij mensen die niet aan het visluchtsyndroom lijden, is de waarde van dit quotiënt 0,9 of hoger. Bij de ernstige vorm van het visluchtsyndroom is de waarde van de breuk kleiner dan 0,4. Bij de milde vorm schommelt de waarde van het quotiënt tussen de genoemde grenzen.
Bij het onderzoek wordt een methode gebruikt waarbij alleen TMA wordt bepaald. Daarom wordt tijdens de bepaling de verzamelde urine in twee delen verdeeld. In het ene deel bepaalt men rechtstreeks de hoeveelheid TMA. Deze hoeveelheid wordt omgerekend naar de hoeveelheid TMA in de verzamelde urine.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Aan het andere deel wordt een Ti^{3+} oplossing toegevoegd. Alle aanwezige trimethylamineoxide wordt hierdoor omgezet tot trimethylamine; Ti^{3+} reageert hierbij tot Ti^{4+}. De reactievergelijking is als volgt:

$$(CH_3)_3NO + 2\ H^+ + 2\ Ti^{3+} \rightarrow (CH_3)_3N + H_2O + 2\ Ti^{4+}$$

Men bepaalt ook de totale hoeveelheid TMA die aanwezig is in de oplossing na toevoeging van de Ti^{3+} oplossing. Aan de hand daarvan wordt berekend hoeveel TMA aanwezig zou zijn wanneer alle verzamelde urine met de Ti^{3+} oplossing zou zijn behandeld.
De resultaten van één zo'n onderzoek waren als volgt:
- de hoeveelheid TMA in de verzamelde urine was 131 µmol;
- de hoeveelheid TMA die aanwezig zou zijn wanneer alle verzamelde urine met de Ti^{3+} oplossing zou zijn behandeld, was 420 µmol.

3p **23** ☐ Ga door middel van een berekening na of de onderzochte persoon lijdt aan een milde of aan een ernstige vorm van het visluchtsyndroom.

Het enzym FMO is een eiwit dat 533 aminozuren lang is. De primaire structuur is bekend. Een deel van het enzym is hieronder weergegeven:

Aminozuur nummer	152	153	154
Afkorting aminozuur	~ Tyr —	Pro —	Asn ~

3p **24** ☐ Geef het hierboven weergegeven fragment uit het enzym FMO in structuurformule weer.

De oorzaak dat het enzym FMO bij sommige mensen niet of onvoldoende wordt aangemaakt, is genetisch van aard. Er zijn verschillende DNA mutaties bekend die de afwijking veroorzaken. Eén van deze mutaties is een zogenoemde puntmutatie in het gen dat codeert voor de aminozuurvolgorde in het enzym FMO. Bij deze puntmutatie is op de coderende streng één base in het triplet CCC anders: op de plaats van één van de cytosinegroepen zit een andere base. Daardoor komt op plaats 153 in het enzym geen proline maar leucine.

3p **25** ☐ Leg mede met behulp van Binas-tabel 70 uit welke andere base op de plaats van de cytosinegroep zit.

2p **26** ☐ Leg mede met behulp van Binas-tabel 70E uit wat het nummer van het basenpaar van het gen is dat in het DNA is gemuteerd. Ga ervan uit dat de code voor het eerste aminozuur in FMO begint bij het eerste basenpaar van het gen in het DNA dat codeert voor FMO.

Einde

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

scheikunde 1,2

Examen VWO

Voorbereidend
Wetenschappelijk
Onderwijs

20 05

Tijdvak 2
Woensdag 22 juni
13.30 – 16.30 uur

Voor dit examen zijn maximaal 70 punten te behalen; het examen bestaat uit 25 vragen. Voor elk vraagnummer is aangegeven hoeveel punten met een goed antwoord behaald kunnen worden.

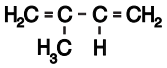
Als bij een vraag een verklaring, uitleg, berekening of afleiding gevraagd wordt, worden aan het antwoord meestal geen punten toegekend als deze verklaring, uitleg, berekening of afleiding ontbreekt.

Geef niet meer antwoorden (redenen, voorbeelden e.d.) dan er worden gevraagd. Als er bijvoorbeeld twee redenen worden gevraagd en je geeft meer dan twee redenen, dan worden alleen de eerste twee in de beoordeling meegeteld.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Rozengeur

Isopreen is de triviale naam van de stof met onderstaande structuurformule:



Isopreen kan met waterstofbromide reageren. Daarbij treedt additie op. Eén van de manieren waarop deze additie kan plaatsvinden, is dat de atomen van een molecuul waterstofbromide worden gebonden aan de koolstofatomen van één van beide dubbele bindingen van het isopreenmolecuul. Behalve deze soort additie kan additie van een molecuul waterstofbromide aan een molecuul isopreen ook op een andere manier plaatsvinden. Daarbij worden de atomen van het waterstofbromidemolecuul aan de buitenste koolstofatomen van een isopreenmolecuul gebonden. In dat geval spreekt men van 1,4-additie. Een voorbeeld van een 1,4-additie van een molecuul waterstofbromide aan een molecuul isopreen is hieronder in een reactievergelijking weergegeven:

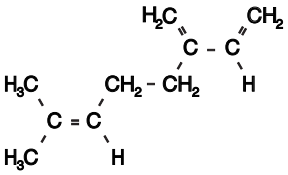
stof A

3p **1** ☐ Geef de systematische naam van stof A.

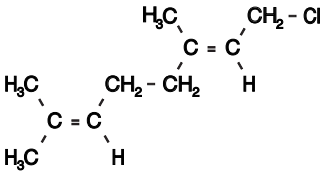
Veel stoffen die in de natuur voorkomen, zijn op te vatten als producten die zijn ontstaan uit isopreen. Een voorbeeld van zo'n stof is natuurrubber. Men kan zich indenken dat een molecuul natuurrubber is ontstaan door 1,4-polyadditie van isopreenmoleculen.

3p **2** ☐ Geef de structuurformule van een gedeelte uit het midden van een molecuul natuurrubber. In dit gedeelte moeten drie eenheden isopreen voorkomen.

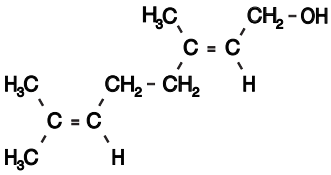
In veel planten komen koolwaterstoffen voor die men terpenen noemt. Terpenen hebben de molecuulformule $C_{10}H_{16}$. Men kan zich indenken dat een molecuul van een terpeen is ontstaan door onderlinge additie van twee moleculen isopreen.
Een voorbeeld van een terpeen is myrceen.
Myrceen dient als grondstof voor de bereiding van diverse geurstoffen. Eén zo'n geurstof is geraniol, een stof die naar rozen ruikt. Bij de bereiding van geraniol uit myrceen wordt als tussenproduct onder andere geranylchloride gevormd.
De structuurformules van myrceen, geranylchloride en geraniol zijn als volgt:



myrceen



geranylchloride

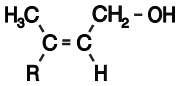


geraniol

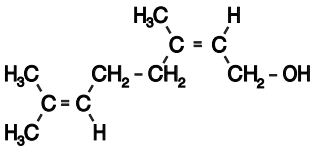
De omzetting van myrceen tot geraniol verloopt in drie stappen.
Stap 1: Myrceen laat men in de molverhouding 1 : 1 met waterstofchloride reageren. Hierbij ontstaat een mengsel van chloriden, waaronder geranylchloride.
Stap 2: Het mengsel van chloriden dat in stap 1 is ontstaan, laat men reageren met natriumethanoaat. Het geranylchloride wordt hierbij omgezet tot geranylethanoaat, de ester van geraniol en ethaanzuur.
Stap 3: Door reactie met een oplossing van een stof X wordt het geranylethanoaat omgezet tot geraniol. Hierbij ontstaat behalve geraniol ook opgelost natriumethanoaat.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

2p **3** ☐ Geef de naam van de stof X die in stap 3 wordt gebruikt.

3p **4** ☐ Geef de reactievergelijking voor de omzetting van geranylethanoaat tot geraniol. Gebruik hierin voor geraniol de volgende verkorte structuurformule:  en voor geranylethanoaat een vergelijkbare verkorte structuurformule.

Behalve geraniol ontstaat bij deze bereiding ook de stereo-isomeer van geraniol, nerol. Deze stof ruikt ook naar rozen.
Nerol wordt ook wel *cis*-geraniol genoemd. De structuurformule van nerol is hieronder weergegeven:

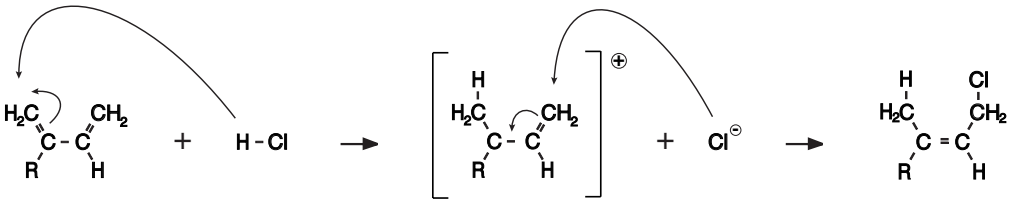


nerol

Het ontstaan van nerol kan worden verklaard met behulp van het reactiemechanisme van stap 1. Voor het verloop van stap 1 is het volgende reactiemechanisme voorgesteld.

Bij de additie van een waterstofchloridemolecuul aan een molecuul myrceen wordt eerst een H^+ ion aan het myrceenmolecuul gebonden. Daarna wordt aan het ontstane positieve ion een Cl^- ion gebonden (zie figuur 1).

figuur 1



In deze figuren is met kromme pijlen aangegeven hoe achtereenvolgens het H^+ ion en het Cl^- ion worden gebonden en hoe de bindingen in het molecuul veranderen. Voor de structuurformule van myrceen is een verkorte schrijfwijze gebruikt.

2p **5** ☐ Leg uit hoe het ontstaan van nerol kan worden verklaard met het hierboven weergegeven reactiemechanisme voor de vorming van geranylchloride.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Wanneer PVC wordt verbrand, ontstaan koolstofdioxide, waterdamp en gasvormig waterstofchloride, HCl.

4p **6** ☐ Geef de reactievergelijking van deze verbranding. Noteer PVC hierin als $(C_2H_3Cl)_n$.

Verbranden van PVC in vuilverbrandingsinstallaties heeft nadelige gevolgen. Deze nadelige gevolgen hangen onder andere samen met de vorming van HCl. PVC niet verbranden, maar storten op vuilstortplaatsen is geen alternatief, omdat PVC niet biologisch afbreekbaar is. Het storten leidt op den duur tot een enorme hoeveelheid afval.
Er bestaat nog geen economisch rendabel proces om PVC te recyclen tot bruikbaar nieuw PVC. PVC verbranden en het gevormde HCl verder verwerken lijkt daarom voorlopig de beste oplossing. In het vervolg van deze opgave komen twee verschillende processen aan de orde waarin PVC wordt verbrand en het gevormde HCl verder wordt verwerkt.

Proces 1
Dit reeds lang bestaande proces maakt gebruik van vast koperoxide, CuO. In een reactor laat men HCl bij 400 ^{o}C met CuO reageren. Bij deze reactie ontstaan onder andere waterdamp en chloorgas. De vergelijking van de reactie is:

$2\ CuO + 4\ HCl \rightarrow 2\ CuCl + 2\ H_2O + Cl_2$ (reactie 1)

Wanneer het grootste gedeelte van het CuO is omgezet, wordt het inleiden van HCl gestopt en wordt lucht in de reactorruimte geleid. Bij de reactie die dan plaatsvindt, ontstaat weer CuO. Tevens ontstaat chloorgas. De reactievergelijking is:

$2\ CuCl + O_2 \rightarrow 2\ CuO + Cl_2$ (reactie 2)

Reactie 2 is een redoxreactie, waarbij CuCl als reductor optreedt.

3p **7** ☐ Leg uit welke deeltjes uit CuCl (de koperdeeltjes of de chloordeeltjes of beide soorten deeltjes) bij deze reactie als reductor optreden. Verwerk in je uitleg de ladingsverandering(en) van de deeltjes.

Het was voor het ontwikkelen van het proces onder andere van belang om te weten of het totale proces (reactie 1 gevolgd door reactie 2) exotherm dan wel endotherm is. Dit kan worden nagegaan door met behulp van vormingswarmten het warmte-effect te berekenen voor deze omzetting van vier mol HCl tot 2 mol Cl_2. Voor deze berekening zijn de vormingswarmten van CuCl en CuO niet nodig.

2p **8** ☐ Leg uit dat voor bovengenoemde berekening de vormingswarmten van CuCl en CuO niet nodig zijn.

3p **9** ☐ Ga door middel van een berekening na of het totale proces exotherm of endotherm is. Ga ervan uit dat de gegevens uit Binas bij de berekening mogen worden gebruikt.

Proces 2
Bij dit proces om PVC te verwerken, wordt het gevormde HCl opgelost in water. Het gevormde zoutzuur wordt vervolgens geëlektrolyseerd. In dit continue proces worden drie ruimtes gebruikt: een verbrandingsruimte V, een zogenoemde absorptietoren A en een elektrolyseruimte E. In het vervolg van deze opgave wordt ervan uitgegaan dat in de elektrolyseruimte alle opgeloste waterstofchloride wordt omgezet.
PVC wordt in de verbrandingsruimte verbrand met ingeblazen lucht. De niet verbrande, verkoolde, vaste bestanddelen (slakken) worden afgevoerd. De gasvormige producten en de afgewerkte lucht worden naar de absorptietoren gevoerd.
Het hete gasmengsel uit de reactieruimte wordt onder in de absorptietoren geleid. Van boven stroomt koud water als een douche naar beneden. Het waterstofchloride lost op in het water. Daarbij ontstaat zoutzuur. Dit zoutzuur wordt naar de elektrolyseruimte gevoerd.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

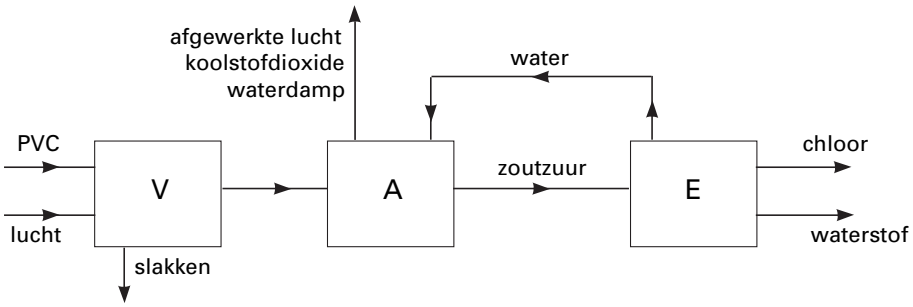
Door de hoge temperatuur van het gasmengsel verdampt er wat water. Dit wordt samen met de koolstofdioxide en de afgewerkte lucht aan de bovenkant van de absorptietoren afgevoerd.
In de elektrolyseruimte ontstaat aan de negatieve elektrode waterstof en aan de positieve elektrode chloor:

$2\ H^+ + 2\ e^- \rightarrow H_2$
$2\ Cl^- \rightarrow Cl_2 + 2\ e^-$

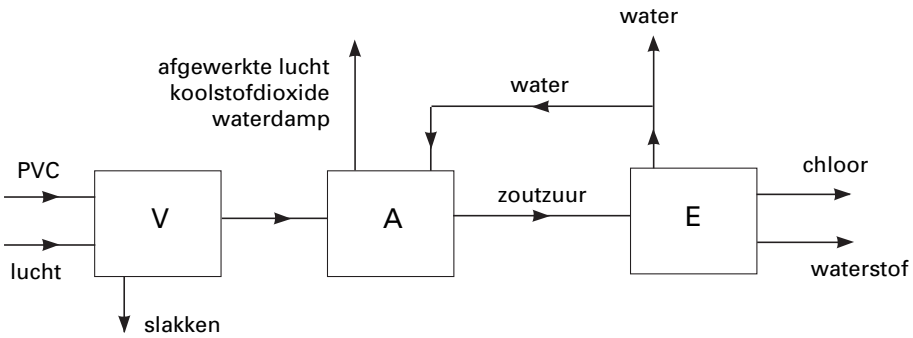
Waterstof en chloor worden gescheiden van elkaar uit de elektrolyseruimte afgevoerd.
Uit de elektrolyseruimte wordt water teruggevoerd naar de absorptietoren.

Dit continue proces kan worden weergegeven met een blokschema. Hieronder zijn twee blokschema's getekend die proces 2 zouden kunnen weergeven.

blok-schema 1



blok-schema 2



3p **10** ☐ Leg voor elk van beide blokschema's uit of dit een juiste weergave van het proces kan zijn.

In de installatie die volgens proces 2 werkt, kan per jaar een hoeveelheid afval worden verwerkt waarin $9{,}2 \cdot 10^3$ ton PVC aanwezig is. De installatie is gedurende een jaar $8{,}3 \cdot 10^3$ uur in bedrijf.

2p **11** ☐ Bereken hoeveel ton chloorgas maximaal uit $9{,}2 \cdot 10^3$ ton PVC kan worden verkregen (een ton is 10^3 kg).

4p **12** ☐ Bereken de gemiddelde stroomsterkte, in ampère, die voor de elektrolyse nodig is wanneer $9{,}2 \cdot 10^3$ ton PVC wordt verwerkt. Maak bij je berekening onder andere gebruik van het gegeven dat de lading van één mol elektronen gelijk is aan $9{,}65 \cdot 10^4$ C (1 ampère = 1 C s^{-1}).

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Versnelde verwering

Het gebruik van fossiele brandstoffen heeft de laatste decennia gezorgd voor een aanzienlijke toename van het koolstofdioxide-gehalte van de atmosfeer. Men neemt aan dat deze toename invloed heeft op het klimaat op aarde: het versterkte broeikaseffect. In het artikel 'Versnelde verwering', dat in mei 2002 in het tijdschrift Natuur en Techniek heeft gestaan, wordt een methode besproken om koolstofdioxide uit de atmosfeer vast te leggen via een natuurlijk proces: de verwering van het mineraal olivijn. Onderstaande tekst bevat delen uit dit artikel. Lees deze tekst en beantwoord vervolgens de vragen van deze opgave.

tekst

Chemische verwering houdt CO_2 binnen de perken

De mensheid onttrekt enorme massa's materiaal aan de aarde (ertsen en mineralen, fossiele brandstoffen, grondwater) of voegt ze eraan toe (kunstmest, bevloeiing, opslag van afval, CO_2), vrijwel zonder zich zorgen te maken om de consequenties. Tegelijkertijd bestaat er grote huiver tegen grootschalig gebruik van bestaande natuurlijke processen om de schadelijke gevolgen van menselijke ingrepen om te buigen. Te denken valt aan voorstellen om voedselarme delen van de oceaan bij te mesten met mestoverschotten. De verhoogde algengroei zou CO_2 aan de atmosfeer onttrekken. Het voorstel om de natuurlijke verwering van het mineraal olivijn (zie kader onderaan de pagina) een handje te helpen, om de door de mens veroorzaakte toename van het CO_2-gehalte van de atmosfeer terug te dringen, roept onmiddellijk dezelfde weerstand op. Vreemd, omdat bekalking van landbouwgronden een algemeen aanvaarde maatregel is, hoewel kalk (in tegenstelling tot olivijn) geen gunstig effect heeft op de CO_2-vastlegging.

Onlangs is het voorstel gelanceerd om CO_2 bij puntbronnen zoals olieraffinaderijen en kolencentrales af te vangen en daarmee bij verhoogde temperatuur silicaten om te zetten in carbonaten. Met het silicaat olivijn blijkt de reactie snel te verlopen – binnen hooguit enkele uren – en de producten zijn gehydrateerde amorfe silica (H_4SiO_4) en magnesiumcarbonaat. Een nadeel is dat deze twee vaste stoffen gemengd vrijkomen; het proces zou met een simpele scheidingsstap moeten worden uitgebreid om deze twee vaste fasen in min of meer zuivere vorm te verkrijgen. Naar verwachting kan het gevormde silica in bouwmaterialen worden toegepast. Kostenbesparend bij deze technologie kan wellicht zijn dat aparte ontzwavelingsinstallaties niet meer nodig zijn. In de rookgassen aanwezig zwaveldioxide en zwavelzuur worden namelijk ook door olivijn geneutraliseerd en vastgelegd als $MgSO_4$.

Behalve als technologie om puntbronnen van CO_2 te behandelen, kan dezelfde reactie ook op een extensieve, goedkopere en meer natuurlijke manier worden ingezet. Ter bestrijding van de effecten van zure regen wordt veel akkerland regelmatig bekalkt. Om de paar jaar moet deze behandeling worden herhaald. In Nederland willen we de komende jaren een vrij groot landbouwareaal aan de landbouw onttrekken en transformeren tot bossen. Een olivijnbehandeling van het land, voordat zo'n bos wordt geplant, is dan aan te bevelen. Daarmee wordt ook het effect van zure regen tegengegaan.

Chemische verwering van olivijn verloopt als volgt:

$$Mg_{1,85}Fe_{0,15}SiO_4 + 4\ CO_2 + 4\ H_2O \rightarrow 1,85\ Mg^{2+} + 0,15\ Fe^{2+} + H_4SiO_4 + 4\ HCO_3^-$$

Deze reactie wordt gevolgd door:

$$1,85\ Mg^{2+} + 0,15\ Fe^{2+} + 4\ HCO_3^- \rightarrow Mg_{1,85}Fe_{0,15}(CO_3)_2 + 2\ CO_2 + 2\ H_2O$$

Laten we als gedachte-experiment eens uitrekenen hoeveel olivijn we theoretisch nodig zouden hebben om 20% van alle CO_2 uit de atmosfeer om te zetten (naar het niveau van het jaar 1800). De massa van alle CO_2 in de atmosfeer is ongeveer $2,5 \cdot 10^{18}$ gram. Als we voor de dichtheid van olivijn 2,5 g cm^{-3} nemen, dan is er om 20% van het CO_2 uit de atmosfeer te halen ongeveer 320 km^3 olivijn nodig. Zo zou een stoflaagje olivijn op het land een serieuze bijdrage kunnen leveren aan de bestrijding van het broeikasgevaar.

naar: Natuur en Techniek, mei 2002

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

3p **13** ☐ Geef de naam van het proces dat plaatsvindt wanneer algen CO_2 aan de atmosfeer onttrekken. Geef ook de namen van de twee eindproducten die bij dit proces ontstaan.
Noteer je antwoord als volgt:
naam van het proces: …
namen van de eindproducten: … en …

Bij bekalking van landbouwgronden wordt kalk toegevoegd. De aanduiding 'kalk' is niet eenduidig: men kan er de stof 'ongebluste kalk', 'gebluste kalk' of 'kalksteen' mee bedoelen. Mede met behulp van een gegeven uit het artikel is op te maken welke stof hier wordt bedoeld.

1p **14** ☐ Welke reden wordt in het artikel genoemd om bekalking van landbouwgrond toe te passen?

4p **15** ☐ Leg aan de hand van de formules van de drie verschillende soorten kalk en een gegeven uit het artikel uit met welke stof(fen) men landbouwgrond bekalkt.

In regel 18 wordt voorgesteld om een 'simpele scheidingsstap' toe te passen waarbij twee stoffen 'in min of meer zuivere vorm' worden verkregen. Welke scheidingsmethode de schrijver van het artikel wil gebruiken, wordt niet duidelijk, maar het is aannemelijk dat hij extractie met water bedoelt.
Een leerling krijgt als practicumopdracht een mengsel van magnesiumcarbonaat en gehydrateerde amorfe silica te scheiden. Hij mag ervan uitgaan dat de gehydrateerde amorfe silica onoplosbaar is. Het magnesiumcarbonaat zorgt daarbij voor een probleem.

1p **16** ☐ Waarom zorgt magnesiumcarbonaat voor een probleem bij deze scheidingsmethode?

3p **17** ☐ Beschrijf een werkplan om het mengsel van magnesiumcarbonaat en gehydrateerde amorfe silica zo te scheiden dat beide stoffen zo zuiver mogelijk en in vaste toestand worden verkregen.

Het vastleggen van zwaveldioxide in de vorm van $MgSO_4$ is het resultaat van enkele elkaar opvolgende reacties.

4p **18** ☐ Geef van die reacties de reactievergelijkingen. Ga ervan uit dat in olivijn als positief ion uitsluitend Mg^{2+}, en geen Fe^{2+}, voorkomt en dat de reacties niet in oplossing plaatsvinden. Behalve $MgSO_4$ ontstaat ook H_4SiO_4.

5p **19** ☐ Ga door middel van een berekening na of de uitkomst (320 km^3 olivijn nodig) van het 'gedachte-experiment' juist is. Gebruik de gegevens uit het kader dat op de vorige pagina staat.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Vislucht

Trimethylamine, $(CH_3)_3N$, is bij kamertemperatuur een gasvormige stof met een onaangename geur (rotte vis). Deze stof wordt onder invloed van bacteriën in het lichaam uit voedsel gevormd. In de lever wordt trimethylamine omgezet tot trimethylamineoxide, $(CH_3)_3NO$. Deze omzetting gebeurt onder invloed van een enzym dat wordt aangeduid met FMO. Trimethylamineoxide is reukloos en wordt via de urine uitgescheiden.
Er zijn mensen die het enzym FMO niet, of in onvoldoende hoeveelheid, kunnen aanmaken. De omzetting van trimethylamine tot trimethylamineoxide gebeurt daardoor niet of in zeer geringe mate. Trimethylamine hoopt zich bij deze mensen op in het lichaam. Uitscheiding van trimethylamine gebeurt via de urine, maar voor een niet onbelangrijk deel ook via de adem en het zweet. Deze mensen verspreiden daarbij een onaangename vislucht. Ze geraken daardoor vaak in een sociaal isolement. Deze aandoening staat bekend als het visluchtsyndroom.
Voedsel bestaat hoofdzakelijk uit eiwitten, koolhydraten en vetten. Mensen die lijden aan het visluchtsyndroom krijgen vaak een eiwitarm dieet voorgeschreven.

2p **20** ☐ Leg uit waarom een dieet met weinig eiwit wel helpt bij het visluchtsyndroom en een dieet met weinig vet niet. Betrek in je uitleg de samenstelling van de genoemde stoffen.

Zweet bestaat uit water waarin een groot aantal verschillende stoffen is opgelost. Zweet heeft als functie de temperatuur van het lichaam te reguleren. Bij het verdampen van zweet wordt warmte aan het lichaam onttrokken. Wanneer trimethylamine in het zweet is opgelost, verdampt dat mee, waardoor de betreffende persoon naar vis ruikt.
Wassen met bepaalde soorten zeep kan de vislucht verminderen. In een Engels tijdschrift staat hierover het volgende:

tekst-fragment 1

Uit onderzoek is gebleken dat door gebruik van zepen met een pH waarde 5,5 – 6,5 bij sommige patiënten de stank drastisch afnam. De werking van die zepen berust erop dat uitgescheiden trimethylamine (een sterke base) wordt vastgehouden in de vorm van een veel minder vluchtig zout.

vertaald naar: H. U. Rehman, Fish odour syndrome, Postgrad Med J 1999

2p **21** ☐ Geef een verklaring voor het ontstaan van het zout dat in tekstfragment 1 wordt bedoeld.

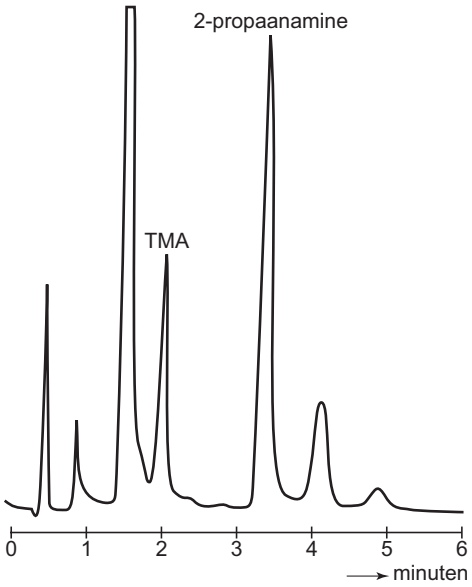
Of iemand wel of niet aan het visluchtsyndroom lijdt, is niet altijd duidelijk. Mensen met een milde vorm van deze afwijking verspreiden slechts af en toe een vislucht.
De ernst van de aandoening kan door onderzoek worden vastgesteld. De man of vrouw die wordt onderzocht, krijgt een hoeveelheid trimethylamine toegediend waarna zijn/haar urine gedurende een periode van 8 uur wordt verzameld. Bij dit onderzoek wordt de waarde van het quotiënt $\frac{[TMAO]}{[TMAO] + [TMA]}$ berekend. Hierin is [TMAO] de concentratie van trimethylamineoxide in de verzamelde urine en [TMA] de concentratie van trimethylamine in de verzamelde urine. Bij mensen die niet aan het visluchtsyndroom lijden, is de waarde van dit quotiënt 0,9 of hoger. Bij de ernstige vorm van het visluchtsyndroom is de waarde van de breuk kleiner dan 0,4. Bij de milde vorm schommelt de waarde van het quotiënt tussen de genoemde grenzen.
Bij deze bepaling, die met een gaschromatograaf wordt uitgevoerd, wordt aan de verzamelde urine eerst een kleine hoeveelheid 2-propaanamine toegevoegd. Dit 2-propaanamine dient uitsluitend als referentiestof; tijdens de bepaling reageert het niet met andere stoffen. De oplossing die is ontstaan na het toevoegen van 2-propaanamine wordt in twee delen verdeeld, oplossing A en oplossing B.
Aan oplossing A wordt een Ti^{3+} oplossing toegevoegd. Alle aanwezige trimethylamineoxide wordt hierdoor omgezet tot trimethylamine; Ti^{3+} reageert hierbij tot Ti^{4+}.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

5p **22** ☐ Leid met behulp van de vergelijkingen van de twee halfreacties de vergelijking af van de totale redoxreactie tussen trimethylamineoxide en Ti^{3+}. In de vergelijking van de halfreactie van trimethylamineoxide komen behalve de formules van trimethylamineoxide en trimethylamine ook nog H_2O, H^+ en elektronen voor.

Aan oplossing B worden geen andere stoffen toegevoegd.
In een gaschromatograaf wordt een hoeveelheid (5,0 µL) van oplossing B gebracht. Een gedeelte van het chromatogram (chromatogram 1) dat daarbij ontstaat, is hieronder afgebeeld. De piek bij retentietijd 2,1 minuten is van trimethylamine en de piek bij retentietijd 3,4 minuten is van 2-propaanamine.

chromato-
gram 1



Van de oplossing die is ontstaan nadat de Ti^{3+} oplossing aan oplossing A is toegevoegd, wordt ook een chromatogram opgenomen (chromatogram 2 – niet afgebeeld). Bij het maken van de chromatogrammen wordt in beide gevallen dezelfde hoeveelheid oplossing (5,0 µL) in de gaschromatograaf gebracht.
In chromatogram 2 is de oppervlakte van de piek van trimethylamine aanzienlijk groter dan in chromatogram 1. Bovendien is de oppervlakte van de piek van 2-propaanamine in chromatogram 2 kleiner dan in chromatogram 1. Dit laatste verschil heeft op de uitkomst van het onderzoek geen invloed.
Bij een onderzoek van iemand die aan het visluchtsyndroom lijdt, was de verhouding tussen de piekoppervlaktes van trimethylamine en 2-propaanamine in chromatogram 1 gelijk aan 0,35 : 1,0. Na de behandeling met de Ti^{3+} oplossing was de verhouding tussen de piekoppervlaktes van trimethylamine en 2-propaanamine 0,89 : 1,0.

1p **23** ☐ Geef een verklaring voor het feit dat de piekoppervlakte van 2-propaanamine in chromatogram 2 kleiner is dan in chromatogram 1.

2p **24** ☐ Leg uit waarom dit op de uitkomst van het onderzoek geen invloed heeft.

3p **25** ☐ Ga door middel van een berekening na of de onderzochte persoon lijdt aan een milde of aan een ernstige vorm van het visluchtsyndroom.

Einde

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

scheikunde 1 (nieuwe stijl)

Examen VWO

Voorbereidend
Wetenschappelijk
Onderwijs

20 **04**

Tijdvak 1
Woensdag 2 juni
13.30 – 16.30 uur

Voor dit examen zijn maximaal 67 punten te behalen; het examen bestaat uit 24 vragen. Voor elk vraagnummer is aangegeven hoeveel punten met een goed antwoord behaald kunnen worden.

Als bij een vraag een verklaring, uitleg, berekening of afleiding gevraagd wordt, worden aan het antwoord meestal geen punten toegekend als deze verklaring, uitleg, berekening of afleiding ontbreekt.

Geef niet meer antwoorden (redenen, voorbeelden e.d.) dan er worden gevraagd. Als er bijvoorbeeld twee redenen worden gevraagd en je geeft meer dan twee redenen, dan worden alleen de eerste twee in de beoordeling meegeteld.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Zink

Bij de winning van zink uit zinkerts blijft doorgaans 95% van het gedolven gesteente achter in de vorm van zuur slib. Dit slib wordt gedumpt in door dijken omgeven bassins. In april 1998 is bij een zinkmijn in Spanje een dijk van zo'n bassin doorgebroken. Tussen de vijf en zeven miljoen m^3 zuur slib stroomde weg. Een deel van het slib kon met dijken tot stilstand gebracht worden. Een ander deel kwam in een belangrijk natuurgebied terecht en veroorzaakte de dood van vele vissen en vogels. Naar aanleiding van deze milieuramp verscheen in een Nederlandse krant het commentaar van een grondstoffendeskundige:

tekst-fragment 1

Neem wat ijzersulfide, het glimmende mineraal pyriet; zinksulfide of kopersulfide mag ook. Vermaal het. Voeg water toe. Doe de lakmoesproef. De oplossing zal zuur blijken. Zwavelzuur, kan nadere analyse nog onthullen. Mits op voldoende grote schaal uitgevoerd, is dit het recept voor een milieuramp. De schaal van een ertsmijn bijvoorbeeld. Overal waar sulfidisch gesteente aan het oppervlak wordt gebracht, ontstaan grote hoeveelheden zuur afvalslib. Dat is een chemische onvermijdelijkheid.

naar: de Volkskrant van 9 mei 1998

In de eerste regel worden ijzersulfide en pyriet genoemd. In het krantenbericht wordt daarmee één en dezelfde stof bedoeld. De formule van deze stof is FeS_2 en pyriet is de triviale naam ervan. De stof is opgebouwd uit ionen.

2p **1** ☐ Leg aan de hand van formules van ionen uit of ijzersulfide een juiste systematische naam voor pyriet is. Ga er daarbij vanuit dat er twee soorten ijzerionen bestaan.

2p **2** ☐ Beschrijf hoe de vermelde lakmoesproef moet worden uitgevoerd en wat je dan waarneemt.

Pyriet wordt door zuurstof uit de lucht en water omgezet tot een oplossing die, behalve H^+ ionen, ook Fe^{3+} ionen en SO_4^{2-} ionen bevat. Deze reactie is een redoxreactie.
De vergelijking van de halfreactie van FeS_2 is hieronder onvolledig weergegeven:
$FeS_2 + H_2O \rightarrow Fe^{3+} + SO_4^{2-} + H^+$
In deze vergelijking ontbreken de elektronen en er moeten nog coëfficiënten worden geplaatst.

3p **3** ☐ Geef de volledige vergelijking van de halfreactie van FeS_2.
2p **4** ☐ Leid met behulp van deze halfreactie en de halfreactie van zuurstof de totale reactievergelijking af van deze omzetting van pyriet door zuurstof en water.

Volgens deskundigen is de dambreuk ontstaan doordat onder de dijken mergel aanwezig is. Mergel bevat onder andere calciumcarbonaat. Het calciumcarbonaat reageerde met de grote hoeveelheid H^+ ionen uit het slib. De dam verloor door deze reactie zijn stabiliteit en brak door.

3p **5** ☐ Geef de vergelijking van de reactie tussen het calciumcarbonaat in de mergel en de H^+ ionen waardoor de dambreuk is ontstaan. Neem aan dat het calciumcarbonaat met de H^+ ionen reageerde in de molverhouding 1 : 2.

Ruim vier maanden na de ramp werd in de pers melding gemaakt van scherpe kritiek op de opruimingswerkzaamheden:

tekst-fragment 2

Niet alleen kwam de waterzuivering pas een maand geleden op gang, ook twijfelt men of de speciaal aangelegde installatie en het meertje waarin het sterk verzuurde slib werd geneutraliseerd met natriumcarbonaat, goed heeft gefunctioneerd.

naar: NRC Handelsblad van 10 september 1998

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

In een scheikundeles worden de tekstfragmenten besproken. Een leerling brengt naar voren dat er waarschijnlijk veel natriumcarbonaat nodig is om al het zure slib te neutraliseren. Het natriumcarbonaat moet naar het meertje worden vervoerd. Het meertje is wellicht niet goed bereikbaar. Dit zou wel eens één van de redenen kunnen zijn waarom de neutralisatie van het zure slib zo langzaam verloopt. De leerlingen krijgen opdracht een berekening uit te voeren om te schatten hoeveel kg natriumcarbonaat naar het meertje moet worden vervoerd. Ze moeten uitgaan van de volgende veronderstellingen:

- 3 miljoen m^3 zuur slib moet in het meertje worden geneutraliseerd;
- 50 volumeprocent van het slib bestaat uit vaste, niet zure bestanddelen;
- de pH van de te neutraliseren vloeistof is 2,5;
- het natriumcarbonaat wordt aangevoerd in de vorm van soda ($Na_2CO_3 . 10H_2O$);
- natriumcarbonaat en H^+ ionen reageren in de molverhouding 1 : 2.

5p **6** ☐ Bereken met deze veronderstellingen hoeveel kg soda naar het meertje zou moeten worden vervoerd. De massa van een mol $Na_2CO_3 . 10H_2O$ is 286,2 g.

Nitrosylchloride

Stikstofmonooxide en chloor kunnen met elkaar reageren onder vorming van nitrosylchloride, NOCl. Het volgende evenwicht stelt zich in:

$$2\ NO + Cl_2 \rightleftarrows 2\ NOCl$$

De reactie naar rechts is exotherm.
Men heeft 0,200 mol NO en 0,100 mol Cl_2 samengevoegd in een afgesloten ruimte van 1,0 dm^3. Toen het evenwicht zich had ingesteld, bleek 85% van het Cl_2 te zijn omgezet. De temperatuur was 500 K. Bij deze temperatuur zijn alle bij het evenwicht betrokken stoffen gasvormig.

5p **7** ☐ Bereken de waarde van de evenwichtsconstante van het evenwicht
$2\ NO + Cl_2 \rightleftarrows 2\ NOCl$ bij 500 K.

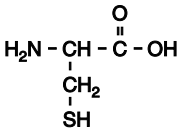
Men herhaalt het bovenbeschreven experiment bij 750 K.

2p **8** ☐ Leg uit of dan in de evenwichtstoestand ook 85% van het Cl_2 zal zijn omgezet of dat er meer of minder dan 85% van het Cl_2 is omgezet.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

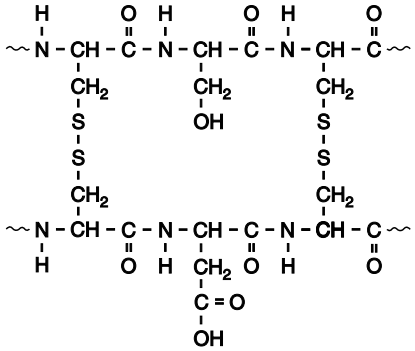
Haarkleuring

De buitenkant van een haar, de zogenoemde haarschacht, bestaat hoofdzakelijk uit keratine. Keratine is een eiwit met een hoog gehalte aan cysteïne-eenheden. Het aminozuur cysteïne heeft de volgende structuurformule:



Aminozuren worden vaak weergegeven met een drieletter-symbool. Het drieletter-symbool voor cysteïne is Cys.
De SH groepen van cysteïne-eenheden kunnen in polypeptideketens zogenoemde zwavelbruggen vormen. Omdat in een keratinemolecuul veel cysteïne-eenheden voorkomen, worden er ook veel zwavelbruggen gevormd. Hieraan ontleent keratine zijn sterkte. In figuur 1 is een kenmerkend gedeelte van een keratinemolecuul met twee van deze zwavelbruggen weergegeven.

figuur 1



In dit gedeelte zijn, behalve cysteïne-eenheden, ook eenheden opgenomen van twee andere aminozuren. Het hierboven weergegeven fragment kan ook met behulp van drieletter-symbolen schematisch worden weergegeven.

2p **9** ☐ Geef de structuurformules van die twee andere aminozuren.

2p **10** ☐ Geef de schematische weergave van dit fragment met behulp van drieletter-symbolen. Geef hierin de zwavelbruggen met – S – S – weer.

De vorming van een zwavelbrug uit de SH groepen van twee cysteïne-eenheden is een redoxreactie. De vergelijking van de halfreactie voor de vorming van een zwavelbrug is hieronder schematisch en onvolledig weergegeven:

~ S – H + H – S ~ → ~ S – S ~

In deze vergelijking ontbreken onder andere de elektronen.

3p **11** ☐ Geef de volledige vergelijking van de halfreactie voor de vorming van een zwavelbrug uit de SH groepen van twee cysteïne-eenheden. Gebruik de hierboven gegeven schematische weergave.

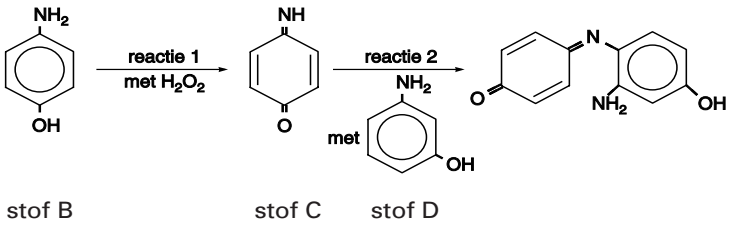
1p **12** ☐ Leg uit of voor de vorming van de zwavelbruggen de SH groepen met een oxidator of met een reductor moeten reageren.

Om haar te kleuren zijn verschillende middelen in de handel. Bij gebruik van sommige middelen verdwijnt al na enkele wasbeurten de kleurstof uit het haar. De oorzaak daarvan is dat de stof die voor de kleur zorgt zich aan de buitenkant van de haarschacht hecht en dat die hechting niet stevig is.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Middelen waarmee haar blijvend gekleurd kan worden, bevatten onder meer kleurloze stoffen die uit kleine moleculen bestaan. Deze kleine moleculen kunnen door de haarschacht een haar binnendringen. Via een aantal omzettingen reageren de kleine moleculen vervolgens tot grotere moleculen die het haar kleur geven en te groot zijn om zich weer door de haarschacht naar buiten te verplaatsen.
De kleurstof zit dus binnenin de haar opgesloten en verdwijnt niet na een aantal wasbeurten zoals het geval is met tijdelijke kleuringen.
In figuur 2 zijn schematisch de omzettingen weergegeven waarop een blijvende kleuring berust, in dit geval met een rode kleurstof.
In reactie 1 reageert stof B met waterstofperoxide, onder vorming van onder andere stof C.
In reactie 2 reageren de stoffen C en D met elkaar onder vorming van het rode reactieproduct. Ook voor deze reactie is waterstofperoxide nodig.
De stoffen B, waterstofperoxide en D maken deel uit van verschillende oplossingen die bij de kleuring worden gebruikt.

figuur 2



4p **13** ☐ Geef de systematische naam van stof B.

Bij de reactie van stof B met waterstofperoxide ontstaat, behalve stof C, slechts één andere stof.

3p **14** ☐ Geef de vergelijking van de reactie tussen stof B en waterstofperoxide waarbij onder andere stof C wordt gevormd. Noteer hierin de organische stoffen in structuurformules.

Stof D kan niet met waterstofperoxide reageren op een manier die overeenkomt met de manier waarop stof B met waterstofperoxide reageert. Moleculen met een dubbel gebonden NH groep en een dubbel gebonden O atoom op de plaats waar de NH_2 groep respectievelijk de OH groep in een molecuul van stof D zaten, kunnen namelijk niet bestaan.

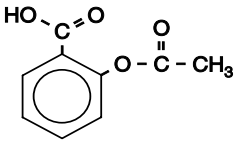
2p **15** ☐ Leg uit waarom deze moleculen niet kunnen bestaan.

Een haarkleuring met behulp van de stoffen B, waterstofperoxide en D wordt uitgevoerd met twee verschillende oplossingen: een oplossing van stof B en stof D en een oplossing van waterstofperoxide. De twee oplossingen worden eerst gemengd. Daarna wordt het haar met dit mengsel behandeld. Na enige tijd wordt het haar uitgespoeld en een blijvende kleuring is het resultaat.
Een leerling vraagt zich af waarom men de kleuring niet uitvoert met een oplossing van de stoffen C en D en een oplossing van waterstofperoxide.

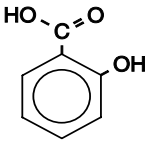
2p **16** ☐ Formuleer een veronderstelling waarom men de kleuring niet uitvoert met de stoffen C en D in de ene oplossing en waterstofperoxide in de andere oplossing. Betrek in je antwoord mogelijke verschillen tussen de snelheid van reactie 2 en snelheden waarmee moleculen door de haarschacht een haar binnendringen.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Wanneer je hoofdpijn hebt, of last hebt van een ontsteking, kun je een aspirientje innemen. Aspirientjes bevatten de stof acetylsalicylzuur. Behalve acetylsalicylzuur heeft ook salicylzuur, dat uit acetylsalicylzuur wordt gevormd, een pijnstillende werking. Hieronder zijn de structuurformules van acetylsalicylzuur en salicylzuur weergegeven.



acetylsalicylzuur



salicylzuur

Het ingenomen acetylsalicylzuur wordt gedeeltelijk omgezet tot salicylzuur. Om in de bloedbaan terecht te komen, moeten het acetylsalicylzuur en het salicylzuur de darmwand passeren. In de darmen heerst een pH tussen 5 en 8. Bij deze pH-waarden is een groot deel van de acetylsalicylzuurmoleculen en van de salicylzuurmoleculen omgezet tot zuurrestionen en H^+ (H_3O^+) ionen. Omdat de zuurrestionen moeilijker de darmwand passeren dan de moleculen van de beide zuren, gaat een deel van de pijnstiller verloren.

4p **17** ☐ Bereken hoeveel procent van de salicylzuurmoleculen is omgezet tot H^+ (H_3O^+) ionen en zuurrestionen, bij pH = 5,50. Gebruik hierbij voor salicylzuur de notatie HSz en voor het zuurrestion van salicylzuur de notatie Sz^-. Neem aan dat de K_z van salicylzuur de waarde $1{,}1 \cdot 10^{-3}$ heeft.

In onderstaand artikel wordt melding gemaakt van zogenoemd PolyAspirine™ als mogelijke vervanger voor acetylsalicylzuur uit het gangbare aspirientje.

artikel

GENEESMIDDELEN GEMAAKT VAN POLYMEREN, DE BOUWSTOF VAN KUNSTSTOFFEN

Een nieuwe vorm van aspirine zou een einde kunnen maken aan maagirritatie en andere bijwerkingen.

WASHINGTON, 22 augustus – Een mogelijk veiliger en krachtiger vorm van aspirine – gemaakt van polymeren, net als plastics – werd hier vandaag gepresenteerd op de 220ste nationale bijeenkomst van de American Chemical Society, de grootste wetenschappelijke vereniging ter wereld.

Al eerder werden polymeren gebruikt als dragermoleculen voor geneesmiddelen en werden medicijnen in kunststofcapsules toegediend. Maar dit is waarschijnlijk de eerste keer dat een polymeer zelf als medicijn wordt toegepast, zegt dr. Kathryn Uhrich, onderzoeksleidster en tevens professor in de chemie op Rutgers University in Piscataway, New Jersey.

„Het klinkt zo eenvoudig, maar dit is nog nooit eerder gedaan", zegt Uhrich, die voorspelt dat ook andere medicijnen in polymeervorm zullen worden gemaakt. „We denken dat er een groot aantal toepassingen mogelijk is voor deze polymeren." Het medicijn heeft de merknaam PolyAspirine™ en bestaat uit ongeveer 100 individuele aspirinemoleculen, in een ketting aan elkaar geregen tot een elastische verbinding, een polymeer. Het is een veelbelovend medicament tegen allerlei ziektes, van darmontsteking tot TBC, zonder de maagirritatie en andere bijwerkingen van aspirine, zo meldt de onderzoekster. Ze verwacht dat het medicijn binnen twee jaar in ziekenhuizen op mensen getest kan worden.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Er worden nog steeds nieuwe toepassingen van aspirine, of acetylsalicylzuur, ontdekt. Oorspronkelijk werd het vooral gebruikt tegen hoofd- en gewrichtspijn, maar het veelzijdige geneesmiddel helpt nu ook bij het voorkomen van hartaanvallen en beroertes. Sommige onderzoekers denken dat het ook bij zou kunnen dragen aan het voorkomen van kanker en de ziekte van Alzheimer.

Maar aspirine heeft een nadeel. In de maag wordt het afgebroken tot zijn actieve component, salicylzuur. Omdat de maagwand gevoelig is voor dit zuur kan langdurig gebruik van het medicijn leiden tot bloedingen en maagzweren.

De structuur van PolyAspirine™ zorgt ervoor dat het door het zure maagmilieu wordt heengeloodst en pas later tot salicylzuur wordt afgebroken – voornamelijk wanneer het in het basische darmmilieu terechtkomt – waar het wordt geabsorbeerd. „Hierdoor wordt het geneesmiddel efficiënter gebruikt omdat het beter en op de juiste plek terechtkomt", aldus Uhrich. „Als gevolg hiervan zouden de patiënten kleinere pillen kunnen gebruiken en ze minder vaak hoeven te gebruiken", zegt ze.

vertaald uit: News from ACS; www.acs.org

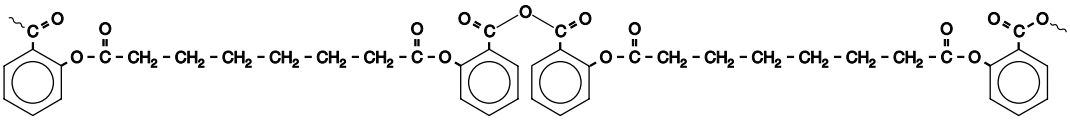
Uit het artikel kun je concluderen dat de omzetting van aspirine tot salicylzuur bij een andere pH plaatsvindt dan de omzetting van PolyAspirine™ tot salicylzuur.

3p **18** ☐ Vindt de omzetting van aspirine tot salicylzuur bij een hogere of lagere pH plaats dan de omzetting van PolyAspirine™ tot salicylzuur? Geef een verklaring voor je antwoord aan de hand van gegevens uit het artikel.

Het artikel spreekt zichzelf tegen over de aard van de stof PolyAspirine™. Enerzijds zou je uit het artikel kunnen opmaken dat PolyAspirine™ een polymeer is van acetylsalicylzuur. Maar de tekst bevat ook een aanwijzing dat PolyAspirine™ een polymeer is van salicylzuur.

3p **19** ☐ Leg aan de hand van tekstfragmenten uit dat je beide bovengenoemde opvattingen over de aard van PolyAspirine™ uit het artikel kunt halen.

PolyAspirine™ is echter noch een polymeer van acetylsalicylzuur, noch van salicylzuur. Een gedeelte uit het midden van een molecuul PolyAspirine™ is hieronder weergegeven:



Uit deze structuurformule kan worden afgeleid dat PolyAspirine™ een polymeer is van twee stoffen. Eén ervan is salicylzuur.

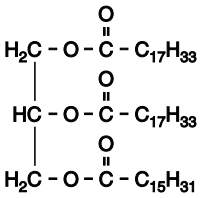
2p **20** ☐ Geef de structuurformule van de andere stof die gebruikt is bij de bereiding van PolyAspirine™.

Let op: de laatste opgave van dit examen staat op de volgende pagina.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Olijfolie

Olijfolie is een mengsel van hoofdzakelijk glyceryltri-esters. Deze glyceryltri-esters zijn esters van glycerol (1,2,3-propaantriol) en vetzuren. In de moleculen van olijfolie zijn verzadigde en onverzadigde vetzuren veresterd. De structuurformule van een glyceryltri-ester die in olijfolie voorkomt, kan als volgt worden weergegeven:



Hierin zijn twee verschillende vetzuren veresterd.

2p **21** ☐ Leg mede aan de hand van de hierboven weergegeven structuurformule uit hoeveel C = C bindingen een molecuul van deze glyceryltri-ester bevat.

Door middel van een eenvoudig proefje kun je nagaan dat olijfolie onverzadigde verbindingen bevat.

2p **22** ☐ Geef de naam van een stof of oplossing die je aan olijfolie kunt toevoegen om aan te tonen dat olijfolie onverzadigde verbindingen bevat. Geef de waarneming bij toevoeging van deze stof of oplossing waaruit blijkt dat olijfolie onverzadigde verbindingen bevat.

Naarmate een olie langer wordt bewaard, gaan de kwaliteit en de smaak van de olie achteruit. Dit komt doordat esterbindingen in de glyceryltri-esters worden omgezet, waarbij onder andere vrije vetzuren worden gevormd.
Olijfolie waarin geen vrije vetzuren voorkomen, bevat 1,04 mol glyceryltri-esters per liter. Een olijfolie van goede kwaliteit bevat ten hoogste 0,50 massaprocent vrije vetzuren.

4p **23** ☐ Bereken hoeveel procent van de esterbindingen in deze olijfolie per liter is omgezet. De gemiddelde massa van een mol vrij vetzuur in olijfolie is 282 g. Maak tevens gebruik van een gegeven uit Binas-tabel 11. Ga er bij je berekening vanuit dat in olijfolie zonder vrije vetzuren uitsluitend glyceryltri-esters voorkomen.

De mate waarin de omzetting van glyceryltri-esters tot vetzuren heeft plaatsgevonden, wordt uitgedrukt in het zogenoemde zuurgetal. Het zuurgetal van een olie of vet is het aantal mg kaliumhydroxide dat nodig is om te reageren met de vrije vetzuren die voorkomen in 1,00 g olie of vet. Door middel van titratie met een oplossing van kaliumhydroxide kan het zuurgetal worden bepaald.
Voor zo'n bepaling was 5,05 g olijfolie afgewogen en opgelost met alcohol tot 100 mL oplossing. Uit deze oplossing werd 10,00 mL overgebracht in een erlenmeyer. Dit werd getitreerd met een 0,0101 M oplossing van kaliumhydroxide. Voor deze titratie was 9,20 mL van de oplossing van kaliumhydroxide nodig. Tijdens de titratie reageerden uitsluitend de vrije vetzuren met de oplossing van kaliumhydroxide.

4p **24** ☐ Bereken het zuurgetal van de onderzochte olijfolie.

Einde

[redacted]

scheikunde 1,2 (nieuwe stijl)

Examen VWO

Voorbereidend
Wetenschappelijk
Onderwijs

20 **04**

Tijdvak 1
Woensdag 2 juni
13.30 – 16.30 uur

Voor dit examen zijn maximaal 71 punten te behalen; het examen bestaat uit 27 vragen. Voor elk vraagnummer is aangegeven hoeveel punten met een goed antwoord behaald kunnen worden.

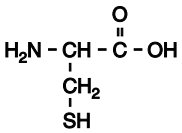
Als bij een vraag een verklaring, uitleg, berekening of afleiding gevraagd wordt, worden aan het antwoord meestal geen punten toegekend als deze verklaring, uitleg, berekening of afleiding ontbreekt.

Geef niet meer antwoorden (redenen, voorbeelden e.d.) dan er worden gevraagd. Als er bijvoorbeeld twee redenen worden gevraagd en je geeft meer dan twee redenen, dan worden alleen de eerste twee in de beoordeling meegeteld.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

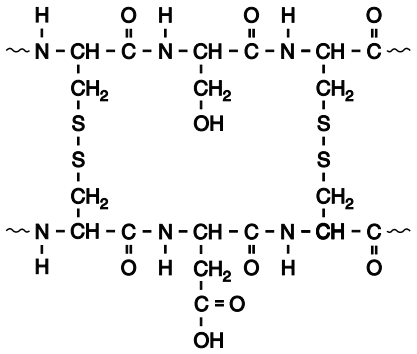
Haarkleuring

De buitenkant van een haar, de zogenoemde haarschacht, bestaat hoofdzakelijk uit keratine. Keratine is een eiwit met een hoog gehalte aan cysteïne-eenheden. Het aminozuur cysteïne heeft de volgende structuurformule:



Aminozuren worden vaak weergegeven met een drieletter-symbool. Het drieletter-symbool voor cysteïne is Cys.
De SH groepen van cysteïne-eenheden kunnen in polypeptideketens zogenoemde zwavelbruggen vormen. Omdat in een keratinemolecuul veel cysteïne-eenheden voorkomen, worden er ook veel zwavelbruggen gevormd. Hieraan ontleent keratine zijn sterkte. In figuur 1 is een kenmerkend gedeelte van een keratinemolecuul met twee van deze zwavelbruggen weergegeven:

figuur 1



In dit gedeelte zijn, behalve cysteïne-eenheden, ook eenheden opgenomen van twee andere aminozuren. Het hierboven weergegeven fragment kan ook met behulp van drieletter-symbolen schematisch worden weergegeven.

2p **1** ☐ Geef de structuurformules van die twee andere aminozuren.

2p **2** ☐ Geef de schematische weergave van dit fragment met behulp van drieletter-symbolen. Geef hierin de zwavelbruggen met – S – S – weer.

De vorming van een zwavelbrug uit de SH groepen van twee cysteïne-eenheden is een redoxreactie. De vergelijking van de halfreactie voor de vorming van een zwavelbrug is hieronder schematisch en onvolledig weergegeven:

~ S – H + H – S ~ → ~ S – S ~

In deze vergelijking ontbreken onder andere de elektronen.

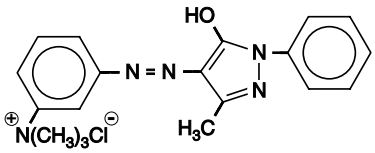
3p **3** ☐ Geef de volledige vergelijking van de halfreactie voor de vorming van een zwavelbrug uit de SH groepen van twee cysteïne-eenheden. Gebruik de hierboven gegeven schematische weergave.

1p **4** ☐ Leg uit of voor de vorming van de zwavelbruggen de SH groepen met een oxidator of met een reductor moeten reageren.

Om haar te kleuren zijn verschillende middelen in de handel. Bij gebruik van sommige middelen verdwijnt al na enkele wasbeurten de kleurstof uit het haar. De oorzaak daarvan is dat de stof die voor de kleur zorgt zich aan de buitenkant van de haarschacht hecht en dat die hechting niet stevig is.

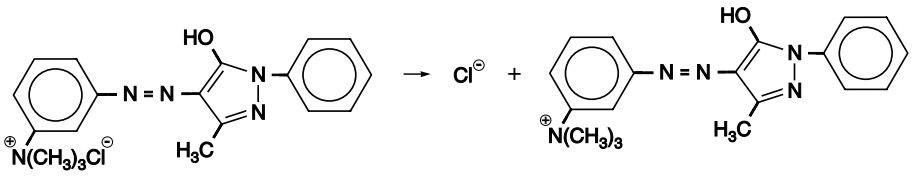
Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

De structuurformule van zo'n kleurstof, stof A, is hieronder weergegeven:



stof A

Bij het kleuren van haar met behulp van stof A wordt een oplossing van stof A in water gebruikt. Stof A lost als volgt op in water:



Bij het kleuren van haar met een oplossing van stof A komen bindingen tot stand tussen deeltjes uit de oplossing van stof A en keratinemoleculen van de haarschacht. Daarvoor is het nodig dat een groot deel van de COOH groepen in de keratinemoleculen is omgezet tot COO^- groepen. Het percentage van de COOH groepen dat is omgezet tot COO^- groepen is afhankelijk van de pH: hoe hoger de pH hoe meer COO^- groepen worden gevormd. De pH van de oplossing die wordt gebruikt om haar te kleuren, hoeft echter niet hoog te zijn, want zelfs bij pH = 6,50 is een zeer groot deel van de COOH groepen in de keratinemoleculen omgezet tot COO^- groepen.

4p **5** ☐ Bereken hoeveel procent van de COOH groepen in de keratinemoleculen is omgezet tot COO^- groepen bij pH = 6,50. Bij deze berekening mogen de COOH groepen en de COO^- groepen als opgelost worden beschouwd. Ga uit van een K_z waarde van de COOH groepen in keratinemoleculen van $2{,}0 \cdot 10^{-5}$.

Uit het feit dat de kleuring van het haar met stof A moet plaatsvinden bij een pH waarbij een groot deel van de COOH groepen in de keratinemoleculen is omgezet tot COO^- groepen, kan worden afgeleid hoe de bindingen tot stand komen tussen de deeltjes uit de oplossing van stof A en de keratinemoleculen.

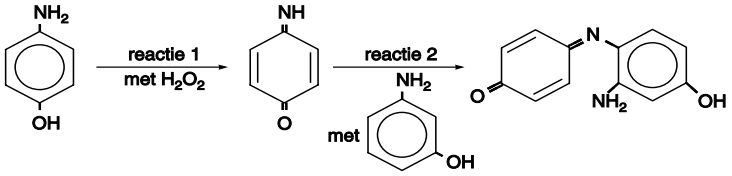
2p **6** ☐ Leg aan de hand van bovenstaande gegevens uit hoe de bindingen tot stand komen tussen de deeltjes uit de oplossing van stof A en de keratinemoleculen wanneer haar met stof A wordt gekleurd.

De positieve ionen van stof A zijn te groot om door de haarschacht een haar binnen te dringen. Ze zitten aan de buitenkant van de haren en zijn na een aantal keren wassen verdwenen.
Middelen waarmee haar blijvend gekleurd kan worden, bevatten onder meer kleurloze stoffen die uit kleine moleculen bestaan. Deze kleine moleculen kunnen wel door de haarschacht een haar binnendringen. Via een aantal omzettingen reageren de kleine moleculen vervolgens tot grotere moleculen die het haar kleur geven en te groot zijn om zich weer door de haarschacht naar buiten te verplaatsen. De kleurstof zit dus binnenin de haar opgesloten en verdwijnt niet na een aantal wasbeurten zoals het geval is met tijdelijke kleuringen.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

In figuur 2 zijn schematisch de omzettingen weergegeven waarop een blijvende kleuring berust, in dit geval met een rode kleurstof.
In reactie 1 reageert stof B met waterstofperoxide, onder vorming van onder andere stof C.
In reactie 2 reageren de stoffen C en D met elkaar onder vorming van het rode reactieproduct. Ook voor deze reactie is waterstofperoxide nodig.
De stoffen B, waterstofperoxide en D maken deel uit van verschillende oplossingen die bij de kleuring worden gebruikt.

figuur 2



stof B stof C stof D

4p **7** ☐ Geef de systematische naam van stof B.

Bij de reactie van stof B met waterstofperoxide ontstaat, behalve stof C, slechts één andere stof.

3p **8** ☐ Geef de vergelijking van de reactie tussen stof B en waterstofperoxide waarbij onder andere stof C wordt gevormd. Noteer hierin de organische stoffen in structuurformules.

Stof D kan niet met waterstofperoxide reageren op een manier die overeenkomt met de manier waarop stof B met waterstofperoxide reageert. Moleculen met een dubbel gebonden NH groep en een dubbel gebonden O atoom op de plaats waar de NH_2 groep respectievelijk de OH groep in een molecuul van stof D zaten, kunnen namelijk niet bestaan.

2p **9** ☐ Leg uit waarom deze moleculen niet kunnen bestaan.

Een haarkleuring met behulp van de stoffen B, waterstofperoxide en D wordt uitgevoerd met twee verschillende oplossingen: een oplossing van stof B en stof D en een oplossing van waterstofperoxide. De twee oplossingen worden eerst gemengd. Daarna wordt het haar met dit mengsel behandeld. Na enige tijd wordt het haar uitgespoeld en een blijvende kleuring is het resultaat.
Een leerling vraagt zich af waarom men de kleuring niet uitvoert met een oplossing van de stoffen C en D en een oplossing van waterstofperoxide.

2p **10** ☐ Formuleer een veronderstelling waarom men de kleuring niet uitvoert met de stoffen C en D in de ene oplossing en waterstofperoxide in de andere oplossing. Betrek in je antwoord mogelijke verschillen tussen de snelheid van reactie 2 en snelheden waarmee moleculen door de haarschacht een haar binnendringen.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Zink

Bij de winning van zink uit zinkerts blijft doorgaans 95% van het gedolven gesteente achter in de vorm van zuur slib. Dit slib wordt gedumpt in door dijken omgeven bassins. In april 1998 is bij een zinkmijn in Spanje een dijk van zo'n bassin doorgebroken. Tussen de vijf en zeven miljoen m^3 zuur slib stroomde weg. Een deel van het slib kon met dijken tot stilstand gebracht worden. Een ander deel kwam in een belangrijk natuurgebied terecht en veroorzaakte de dood van vele vissen en vogels. Naar aanleiding van deze milieuramp verscheen in een Nederlandse krant het commentaar van een grondstoffendeskundige:

tekst-fragment 1

Neem wat ijzersulfide, het glimmende mineraal pyriet; zinksulfide of kopersulfide mag ook. Vermaal het. Voeg water toe. Doe de lakmoesproef. De oplossing zal zuur blijken. Zwavelzuur, kan nadere analyse nog onthullen. Mits op voldoende grote schaal uitgevoerd, is dit het recept voor een milieuramp. De schaal van een ertsmijn bijvoorbeeld. Overal waar sulfidisch gesteente aan het oppervlak wordt gebracht, ontstaan grote hoeveelheden zuur afvalslib. Dat is een chemische onvermijdelijkheid.

naar: de Volkskrant van 9 mei 1998

In de eerste regel worden ijzersulfide en pyriet genoemd. In het krantenbericht wordt daarmee één en dezelfde stof bedoeld. De formule van deze stof is FeS_2 en pyriet is de triviale naam ervan. De stof is opgebouwd uit ionen.

2p **11** ☐ Leg aan de hand van formules van ionen uit of ijzersulfide een juiste systematische naam voor pyriet is. Ga er daarbij vanuit dat er twee soorten ijzerionen bestaan.

2p **12** ☐ Beschrijf hoe de vermelde lakmoesproef moet worden uitgevoerd en wat je dan waarneemt.

Pyriet wordt door zuurstof uit de lucht en water omgezet tot een oplossing die, behalve H^+ ionen, ook Fe^{3+} ionen en SO_4^{2-} ionen bevat. Deze reactie is een redoxreactie.
De vergelijking van de halfreactie van FeS_2 is hieronder onvolledig weergegeven:
$FeS_2 + H_2O \rightarrow Fe^{3+} + SO_4^{2-} + H^+$
In deze vergelijking ontbreken de elektronen en er moeten nog coëfficiënten worden geplaatst.

3p **13** ☐ Geef de volledige vergelijking van de halfreactie van FeS_2.
2p **14** ☐ Leid met behulp van deze halfreactie en de halfreactie van zuurstof de totale reactievergelijking af van deze omzetting van pyriet door zuurstof en water.

Volgens deskundigen is de dambreuk ontstaan doordat onder de dijken mergel aanwezig is. Mergel bevat onder andere calciumcarbonaat. Het calciumcarbonaat reageerde met de grote hoeveelheid H^+ ionen uit het slib. De dam verloor door deze reactie zijn stabiliteit en brak door.

3p **15** ☐ Geef de vergelijking van de reactie tussen het calciumcarbonaat in de mergel en de H^+ ionen waardoor de dambreuk is ontstaan. Neem aan dat het calciumcarbonaat met de H^+ ionen reageerde in de molverhouding 1 : 2.

Ruim vier maanden na de ramp werd in de pers melding gemaakt van scherpe kritiek op de opruimingswerkzaamheden:

tekst-fragment 2

Niet alleen kwam de waterzuivering pas een maand geleden op gang, ook twijfelt men of de speciaal aangelegde installatie en het meertje waarin het sterk verzuurde slib werd geneutraliseerd met natriumcarbonaat, goed heeft gefunctioneerd.

naar: NRC Handelsblad van 10 september 1998

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

In een scheikundeles worden de tekstfragmenten besproken. Een leerling brengt naar voren dat er waarschijnlijk veel natriumcarbonaat nodig is om al het zure slib te neutraliseren. Het natriumcarbonaat moet naar het meertje worden vervoerd. Het meertje is wellicht niet goed bereikbaar. Dit zou wel eens één van de redenen kunnen zijn waarom de neutralisatie van het zure slib zo langzaam verloopt. De leerlingen krijgen opdracht een berekening uit te voeren om te schatten hoeveel kg natriumcarbonaat naar het meertje moet worden vervoerd. Ze moeten uitgaan van de volgende veronderstellingen:

- 3 miljoen m^3 zuur slib moet in het meertje worden geneutraliseerd;
- 50 volumeprocent van het slib bestaat uit vaste, niet zure bestanddelen;
- de pH van de te neutraliseren vloeistof is 2,5;
- het natriumcarbonaat wordt aangevoerd in de vorm van soda ($Na_2CO_3 . 10H_2O$);
- natriumcarbonaat en H^+ ionen reageren in de molverhouding 1 : 2.

5p **16** ☐ Bereken met deze veronderstellingen hoeveel kg soda naar het meertje zou moeten worden vervoerd. De massa van een mol $Na_2CO_3 . 10H_2O$ is 286,2 g.

Scheerkoppen

Sommige soorten roestvast staal bestaan uit een mengsel van ijzer en chroom.
Men wil van een soort roestvast staal dat uitsluitend uit ijzer en chroom bestaat het massapercentage ijzer bepalen. Daartoe wordt een afgewogen hoeveelheid van dat staal in een zwavelzuuroplossing gebracht; het opgeloste zwavelzuur is in overmaat aanwezig. Er treedt een reactie op waarbij het staal volledig in Fe^{2+} en Cr^{3+} wordt omgezet. De ontstane oplossing is lichtgroen van kleur. De hoeveelheid Fe^{2+} in de oplossing wordt vervolgens bepaald door een titratie met een oplossing van kaliumpermanganaat ($KMnO_4$); bij het bereiken van het eindpunt van deze titratie treedt een duidelijke kleurverandering op.

1p **17** ☐ Leg aan de hand van de samenstelling van de oplossing uit hoe het komt dat de kleur van de oplossing vlak voor het eindpunt anders is dan na het eindpunt.

2p **18** ☐ Geef voor deze titratie aan welke kleurverandering optreedt bij het bereiken van het eindpunt.

Het slijpen van voorwerpen van roestvast staal levert niet altijd de gewenste gladheid. Met behulp van elektrolyse kan een gladder oppervlak worden verkregen. Dit 'elektrolytisch etsen' van roestvast stalen voorwerpen wordt bijvoorbeeld toegepast bij het bewerken van scheerkoppen van scheerapparaten. Daartoe wordt de roestvast stalen scheerkop opgenomen als positieve elektrode in een elektrolyse-opstelling. Het gebruikte roestvaste staal bevat ijzer en chroom in de molverhouding 4,0 : 1,0. Tijdens de elektrolyse worden ijzer en chroom in deze verhouding weggeëtst. Hierbij wordt Fe omgezet tot Fe^{3+} en Cr tot $Cr_2O_7^{2-}$. Aangenomen mag worden dat deze ionen niet aan de negatieve elektrode reageren.
De verkregen oplossing mag niet worden geloosd. Bij een methode om deze oplossing te zuiveren, wordt eerst een oplossing van een ijzer(II)zout toegevoegd. Door het ijzer(II)zout in overmaat toe te voegen, wordt al het $Cr_2O_7^{2-}$ omgezet:

$$Cr_2O_7^{2-} + 14\ H^+ + 6\ Fe^{2+} \rightarrow 2\ Cr^{3+} + 7\ H_2O + 6\ Fe^{3+}$$

Vervolgens wordt aan de ontstane oplossing zoveel natronloog toegevoegd dat alle Fe^{2+}, Fe^{3+} en Cr^{3+} neerslaan; hierbij ontstaan de vaste stoffen $Fe(OH)_2$, $Fe(OH)_3$ en $Cr(OH)_3$.
De stoffen $Fe(OH)_3$ en $Cr(OH)_3$ ontstaan in een andere molverhouding dan 4,0 : 1,0.

3p **19** ☐ Leid de molverhouding $Fe(OH)_3$: $Cr(OH)_3$ af waarin deze stoffen ontstaan.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Omdat $Cr(OH)_3$ een milieubelastende stof is, mag het ontstane mengsel van hydroxiden niet als afval worden gestort. Daarom heeft men een ander zuiveringsproces ontwikkeld, waarbij alleen $Cr(OH)_3$ en $Fe(OH)_3$, gescheiden van elkaar, ontstaan. Bij dit moderne zuiveringsproces maakt men gebruik van de reactie tussen $Cr_2O_7^{2-}$ en H_2. Het waterstofgas wordt in overmaat ingeleid.
Deze reactie kan alleen in zuur milieu plaatsvinden:

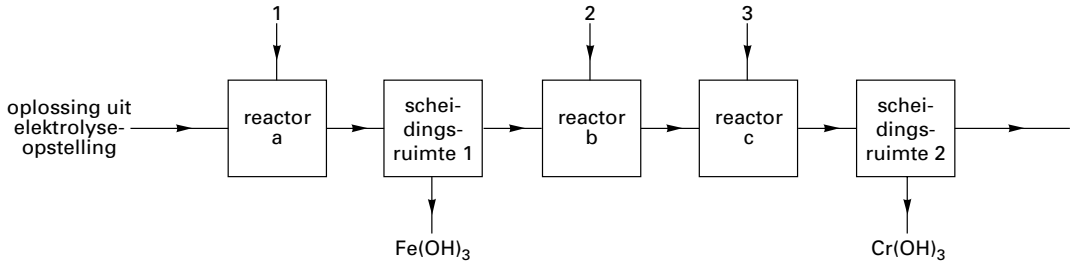
$$Cr_2O_7^{2-} + 8\ H^+ + 3\ H_2 \rightarrow 2\ Cr^{3+} + 7\ H_2O$$

Van een oplossing die op deze manier moet worden ontdaan van $Cr_2O_7^{2-}$ blijkt $[Cr_2O_7^{2-}] = 1{,}62\ mol\ L^{-1}$ te zijn.

3p **20** ☐ Bereken hoeveel m^3 H_2 ($T = 298$ K en $p = p_0$) nodig is om 100 liter van deze oplossing te ontdoen van alle $Cr_2O_7^{2-}$.

Bij het moderne zuiveringsproces van de oplossing (met onder andere Fe^{3+} en $Cr_2O_7^{2-}$) die na het etsen uit de elektrolyse-opstelling komt, past men, behalve de genoemde behandeling met H_2, nog een aantal bewerkingen toe.
Door die bewerkingen in de juiste volgorde te laten plaatsvinden, kunnen $Fe(OH)_3$ en $Cr(OH)_3$ gescheiden van elkaar worden verkregen.
De bewerkingen kunnen in een continu proces worden uitgevoerd. Dit continue proces is hieronder in een nog onvolledig blokschema weergegeven:

blokschema



Bij de pijlen 1, 2 en 3 worden stoffen of oplossingen van stoffen ingeleid die meteen in de desbetreffende reactor reageren.

4p **21** ☐ Geef de namen van de stoffen of oplossingen van stoffen die respectievelijk bij 1, 2 en 3 moeten worden ingeleid. Houd daarbij rekening met de mogelijkheid dat per pijl meer dan één stof moet worden ingeleid.
Noteer je antwoord als volgt:
bij 1: …
bij 2: …
bij 3: …

Het $Cr(OH)_3$ dat scheidingsruimte 2 verlaat, wordt niet als afval gestort, maar weer omgezet tot chroom.
De omzetting van $Cr(OH)_3$ tot chroom vindt plaats in een aantal stappen. Allereerst wordt $Cr(OH)_3$ door verhitting omgezet tot Cr_2O_3. Verdere ontleding van deze stof door verhitting blijkt in de praktijk niet mogelijk. Er zijn echter meerdere mogelijkheden om uit Cr_2O_3 chroom te maken.

2p **22** ☐ Noem een manier om uit Cr_2O_3 chroom te maken. Als bij de door jou gekozen manier één of meer extra stoffen nodig zijn, geef dan ook de naam (namen) van die stof(fen).

Let op: de laatste opgave van dit examen staat op de volgende pagina.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Nitrosylchloride

Stikstofmonooxide en chloor kunnen met elkaar reageren onder vorming van nitrosylchloride, NOCl. Het volgende evenwicht stelt zich in:

$$2\ NO + Cl_2 \rightleftarrows 2\ NOCl$$

De reactiewarmte voor de reactie naar rechts is $-0{,}38 \cdot 10^5$ J per mol NOCl (298 K, $p = p_0$).

3p **23** ☐ Bereken de vormingswarmte van NOCl in J per mol (298 K, $p = p_0$).

Men heeft 0,200 mol NO en 0,100 mol Cl_2 samengevoegd in een afgesloten ruimte van 1,0 dm^3. Toen het evenwicht zich had ingesteld, bleek 85% van het Cl_2 te zijn omgezet. De temperatuur was 500 K. Bij deze temperatuur zijn alle bij het evenwicht betrokken stoffen gasvormig.

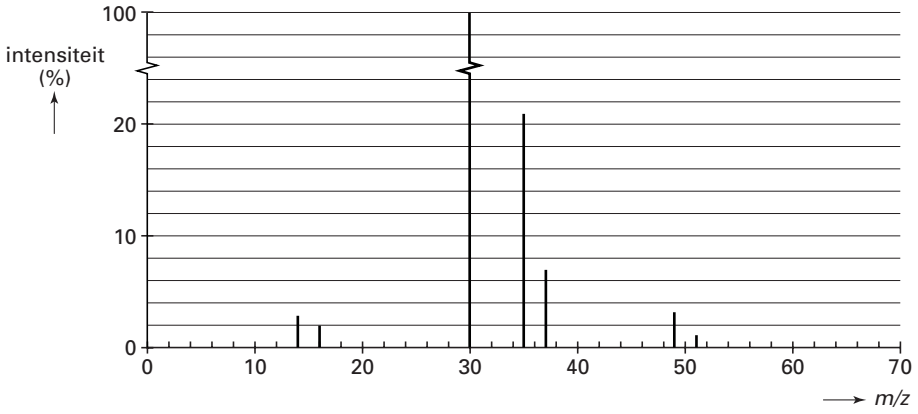
5p **24** ☐ Bereken de waarde van de evenwichtsconstante van het evenwicht
$2\ NO + Cl_2 \rightleftarrows 2\ NOCl$ bij 500 K.

Men herhaalt het bovenbeschreven experiment bij 750 K.

2p **25** ☐ Leg uit of dan in de evenwichtstoestand ook 85% van het Cl_2 zal zijn omgezet of dat er meer of minder dan 85% van het Cl_2 is omgezet.

De formule van nitrosylchloride wordt meestal geschreven als NOCl. Dat hoeft echter niet te betekenen dat dit daadwerkelijk de volgorde van de atomen in het molecuul weergeeft. Er van uitgaande dat een nitrosylmolecuul niet cyclisch is, zijn er in principe drie mogelijkheden voor de volgorde van de atomen in het molecuul: NOCl, ONCl of NClO. Met behulp van massaspectroscopie is na te gaan welke van deze drie mogelijkheden de juiste is.
In figuur 3 is het massaspectrum van nitrosylchloride weergegeven. Bij het opnemen van dit spectrum was de massaspectrometer zo afgesteld dat de uiterst kleine piekjes die veroorzaakt worden door ionen waarin de isotopen N-15, O-17 en O-18 voorkomen, niet worden weergegeven. Voor de ionen die zijn ontstaan uit moleculen nitrosylchloride hoeft dus uitsluitend rekening te worden gehouden met de isotopen N-14, O-16, Cl-35 en Cl-37. De hoogste piek in het massaspectrum van nitrosylchloride is in figuur 3 gedeeltelijk weergegeven.

figuur 3



1p **26** ☐ Geef de formule van de ionsoort die de piek bij $m/z = 30$ in het massaspectrum veroorzaakt.

3p **27** ☐ Leid met behulp van het massaspectrum af welke van de drie genoemde mogelijkheden voor de volgorde van de atomen in een nitrosylchloridemolecuul de juiste is.

Einde

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

scheikunde 1 (nieuwe stijl)

Examen VWO

Voorbereidend
Wetenschappelijk
Onderwijs

20 **04**

Tijdvak 2
Woensdag 23 juni
13.30 – 16.30 uur

Als bij een vraag een verklaring, uitleg, berekening of afleiding gevraagd wordt, worden aan het antwoord meestal geen punten toegekend als deze verklaring, uitleg, berekening of afleiding ontbreekt.

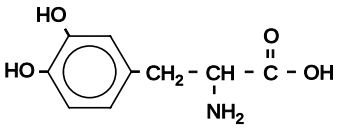
Voor dit examen zijn maximaal 68 punten te behalen; het examen bestaat uit 24 vragen.
Voor elk vraagnummer is aangegeven hoeveel punten met een goed antwoord behaald kunnen worden.
Bij dit examen hoort een informatieboekje.

Geef niet meer antwoorden (redenen, voorbeelden e.d.) dan er worden gevraagd. Als er bijvoorbeeld twee redenen worden gevraagd en je geeft meer dan twee redenen, dan worden alleen de eerste twee in de beoordeling meegeteld.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Parkinson

De ziekte van Parkinson is een neurologische aandoening. Wanneer van een bepaalde soort hersencellen een aanzienlijk deel is afgestorven, komt deze ziekte tot uiting. Deze hersencellen produceren de stof dopamine. Dopamine speelt een rol in de overdracht van impulsen vanuit de hersenen naar het ruggenmerg.
In deze hersencellen wordt dopamine gevormd via twee opeenvolgende reacties.
In de eerste reactie wordt uit L-tyrosine met behulp van een enzym L-dopa gevormd. De structuurformule van L-dopa is:



In de tweede reactie ontstaat dopamine uit L-dopa, onder invloed van het enzym L-dopadecarboxylase. Bij deze reactie ontleedt L-dopa tot dopamine en koolstofdioxide.
De aanduiding ‘L’ in L-tyrosine en L-dopa geeft informatie over de ruimtelijke structuur van de moleculen van deze stoffen. In de naam van dopamine is de aanduiding ‘L’ niet nodig.

3p **1** ☐ Geef de reactievergelijking voor de ontleding van L-dopa tot dopamine en koolstofdioxide. Gebruik daarbij structuurformules voor L-dopa en voor dopamine.

2p **2** ☐ Leg aan de hand van de structuurformules uit waarom in L-dopa de aanduiding ‘L’ wel nodig is en waarom die aanduiding in de stofnaam dopamine ontbreekt.

L-dopa wordt vaak aan Parkinson-patiënten toegediend. De bedoeling is dat het toegediende L-dopa in de hersenen wordt omgezet tot dopamine. Het enzym L-dopadecarboxylase komt echter ook in de bloedbaan voor, zodat de omzetting van L-dopa tot dopamine al voor een groot deel buiten de hersenen plaatsvindt. Om dit te voorkomen, wordt het L-dopa vaak samen met een zogenoemde enzymremmer toegediend. Deze enzymremmer bestaat uit moleculen die niet tot de hersencellen kunnen doordringen.

2p **3** ☐ Stel een hypothese op waarmee kan worden verklaard dat de enzymremmer de omzetting van L-dopa tot dopamine in de bloedbaan tegengaat.

Over de oorzaak van het afsterven van dopamine-producerende hersencellen bestaan verschillende theorieën. Veel onderzoek wordt gedaan naar een mogelijk genetische oorsprong van deze ziekte.
In een artikel in NRC Handelsblad wordt melding gemaakt van de ontdekking van een gen dat bij de ziekte van Parkinson is betrokken: het gen DJ-1. Dit gen bevat de code voor een eiwit, dat ook de naam DJ-1 heeft. De functie van dit eiwit is nog niet geheel duidelijk. Wel heeft men aanwijzingen gevonden dat verlies van de functie van DJ-1 leidt tot het afsterven van de dopamine-producerende hersencellen.
Een Italiaanse onderzoeksgroep heeft onderzoek gedaan binnen één familie waarin de ziekte van Parkinson veel voorkomt. In het artikel waarin dit onderzoek wordt beschreven, staat onder andere het volgende:

tekst-fragment

Mensen uit deze familie bleken een fout in hetzelfde gen te hebben. Dat was een puntmutatie. Het veranderde basenpaar leidt bij die patiënten tot een ander aminozuur in het eiwit DJ-1. Het aminozuur proline werd ingebouwd op de plaats van een leucine. Dat verstoort de kokervorm (α-helix) die het eiwitmolecuul daar heeft.

naar: NRC Handelsblad

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

In het normale eiwit DJ-1 komt het fragment ~ Ala – Leu – Ala ~ voor, in het afwijkende eiwit het fragment ~ Ala – Pro – Ala ~. Dit zijn de aminozuren 165, 166 en 167 van het eiwit.
In het tekstfragment wordt verwezen naar de secundaire structuur van het eiwit: de 'kokervorm' of α-helix. Deze structuur wordt door een bepaalde soort bindingen in stand gehouden. Blijkbaar heeft het inbouwen van het aminozuur proline invloed op deze bindingen.

3p **4** ☐ Geef het fragment ~ Ala – Pro – Ala ~ in een structuurformule weer.

2p **5** ☐ Leg mede aan de hand van deze structuurformule uit dat de aanwezigheid van proline op de plaats van leucine de 'kokervorm' van het eiwit kan verstoren. Noem in je uitleg ook de soort bindingen die de 'kokervorm' in stand houdt.

Een DNA molecuul is opgebouwd uit twee ketens (strengen): de coderende streng en de matrijsstreng. Aan de matrijsstreng wordt bij de eiwitsynthese het messenger-RNA (m-RNA) gevormd.
In het tekstfragment wordt het begrip puntmutatie genoemd. Men spreekt van een puntmutatie wanneer één basenpaar op het betreffende gen afwijkend is. Onder een gen wordt hier verstaan de verzameling basenparen op het DNA die de informatie voor de volgorde van de aminozuren in een eiwit bevat.
De code voor het eerste aminozuur van een bepaald eiwit begint bij het eerste basenpaar (basenpaar nummer 1) op het gen dat codeert voor dat eiwit.

3p **6** ☐ Leid met behulp van Binas-tabel 70E en gegevens uit deze opgave af wat het nummer is van het basenpaar van de puntmutatie op het gen dat codeert voor het (foute) eiwit DJ-1.

3p **7** ☐ Leid met behulp van Binas-tabel 70E en gegevens uit deze opgave af wat het basenpaar van de puntmutatie is op het afwijkende gen en wat het overeenkomstige basenpaar op het normale gen is.
Vermeld in je antwoord:
- de base die op de matrijsstreng zit met het gebruikelijke symbool;
- de base die daartegenover op de coderende streng zit met het gebruikelijke symbool.

Doe dit zowel voor het afwijkende gen als voor het normale gen.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Broom in het bad

Deze opgave gaat over het artikel 'Bromaat in kuurbad bedreigt heilzaam imago' dat gedeeltelijk is afgedrukt in het informatieboekje dat bij dit examen is verstrekt. Lees dit artikel en maak vervolgens de vragen van deze opgave.

Het werkzame bestanddeel van het desinfectiemiddel chloorbleekloog is onderchlorigzuur, een zwak zuur met de formule HClO. Om de vorming van bromaat te verklaren, veronderstelt een leerlinge, Jos, dat het bromaat ontstaat doordat onderchlorigzuur in een evenwichtsreactie reageert met bromide. De vergelijking voor deze evenwichtsreactie is:

$3\ HClO + Br^- \leftrightarrows 3\ Cl^- + 3\ H^+ + BrO_3^-$ (reactie 1)

In de reactie naar rechts van dit evenwicht treedt HClO als oxidator op. De vergelijkingen van de halfreacties voor de reactie naar rechts zijn hieronder gedeeltelijk weergegeven:

$HClO + H^+ \rightarrow Cl^- + H_2O$
$Br^- + H_2O \rightarrow BrO_3^- + H^+$

3p **8** ☐ Maak de vergelijkingen van beide halfreacties af door op de juiste plaats coëfficiënten en aantallen elektronen te zetten.

Behalve het artikel gebruikt Jos de brochure 'Broom in het bad', waarnaar in de literatuurlijst bij het artikel wordt verwezen. Daarin staat het volgende:

brochure

Voor de vorming van bromaat (BrO_3^-) bij de chlorering van *zee*water is een aantal reacties voorgesteld. De primaire stap is de vorming van onderbromigzuur (HBrO) volgens:

$HClO + Br^- \rightarrow HBrO + Cl^-$ (reactie 2)

Bij hoge doses chloorbleekloog treedt de vorming van bromaat op volgens:

$2\ HClO + HBrO \rightarrow BrO_3^- + 3\ H^+ + 2\ Cl^-$ (reactie 3)

Bij chlorering verloopt de vorming van bromaat vanuit onderbromigzuur, dus bij lage pH. Hier zou een verhoging van de pH deze vormingsreactie onderdrukken.
Of vermindering van de vorming van bromaat in de praktijk inderdaad optreedt, dient experimenteel te worden vastgesteld: de literatuur wijst niet uit of de voorgestelde reactie 3 inderdaad de juiste en enige route is voor de vorming van bromaat bij chlorering.

Hypobromiet (BrO^-) is echter pas bij pH groter dan 9 de overheersende vorm. Dit is hoger dan de maximaal toegestane pH van het badwater. Wettelijk ligt de pH van zwemwater tussen 6,8 en 7,8. Ook bij pH = 7,8 is circa 90% van het broom in de vorm van onderbromigzuur aanwezig; de rest komt voor in de vorm van hypobromiet. De mogelijkheden om bij de behandeling van zwemwater de pH te variëren zijn dus beperkt.

naar: 'Broom in het bad', Chemiewinkel RU Groningen

Onderbromigzuur is een zwak zuur:

$HBrO + H_2O \leftrightarrows BrO^- + H_3O^+$

Met behulp van gegevens uit bovenstaand tekstfragment uit de brochure kan een waarde voor de K_z van onderbromigzuur worden berekend.

4p **9** ☐ Geef die berekening.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Als de veronderstelling van Jos juist is dat de vorming van het bromaat via reactie 1 verloopt, komt zij tot een andere conclusie met betrekking tot de invloed van de pH op de vorming van bromaat dan de conclusie die in de brochure staat over de invloed van de pH.

3p **10** ☐ Leg dit uit aan de hand van een evenwichtsbeschouwing aan reactie 1.

Na het lezen van de brochure weet Jos nog steeds niet hoe de vorming van het bromaat verloopt. Daarom besluit zij een onderzoek uit te voeren om meer inzicht te verkrijgen over de invloed van de pH op de vorming van bromaat.

3p **11** ☐ Beschrijf hoe zij zo'n onderzoek kan uitvoeren.

De normen voor bromaat die in het artikel 'Bromaat in kuurbad bedreigt heilzaam imago' voor drinkwater en voor zwemwater zijn genoemd, mogen worden opgevat als MAC-waarden. Het lijkt alsof de norm voor zwemwater veel soepeler is dan de norm voor drinkwater. Toch is de hoeveelheid bromaat die een gebruiker van het kuurbad jaarlijks binnen mag krijgen aanzienlijk minder dan de hoeveelheid bromaat die men jaarlijks via het drinkwater binnen mag krijgen.

4p **12** ☐ Bereken:
- hoeveel µg bromaat men jaarlijks maximaal via het drinkwater volgens de norm binnen mag krijgen;
- hoeveel µg bromaat een gebruiker van het kuurbad via het zwembadwater jaarlijks maximaal volgens de norm binnen mag krijgen.

Gebruik gegevens uit het artikel 'Bromaat in kuurbad bedreigt heilzaam imago'. Neem daarnaast aan dat men gemiddeld 2,0 L water per dag consumeert en dat het volume van een slok 25 mL is.

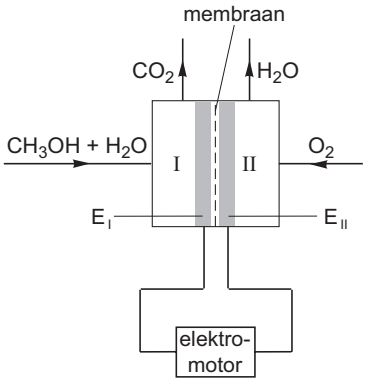
2p **13** ☐ Leg uit waarom de bromaatnorm voor zwemwater zo is gesteld dat de hoeveelheid bromaat die een gebruiker van het kuurbad via het zwembadwater jaarlijks binnen mag krijgen aanzienlijk kleiner is dan de hoeveelheid bromaat die men jaarlijks via het drinkwater binnen mag krijgen.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Ky-auto

Personenauto's die op benzine rijden, produceren koolstofdioxide. In december 1997 is in Kyoto (Japan) afgesproken dat in 2012 de hoeveelheid koolstofdioxide per gereden km gemiddeld met minstens 40% moet zijn teruggebracht. Daarom doet de auto-industrie uitgebreide research om de uitstoot van koolstofdioxide te verlagen. Eén van de onderzoeken richt zich op een auto uitgerust met een elektromotor. De elektrische stroom voor de elektromotor wordt geleverd door een zogenoemde directe methanol-brandstofcel. In figuur 1 is de directe methanol-brandstofcel met elektromotor schematisch weergegeven. In het vervolg van deze opgave duiden we zo'n cel kortheidshalve aan met brandstofcel.

figuur 1



In compartiment I van de brandstofcel wordt een mengsel van methanol en water geleid. In compartiment II wordt zuurstof (lucht) geleid. Aan de poreuze platina-elektroden (E_I en E_{II}) treden de volgende halfreacties op:

$CH_3OH + H_2O \rightarrow CO_2 + 6\ H^+ + 6\ e^-$ (halfreactie 1)

$O_2 + 4\ H^+ + 4\ e^- \rightarrow 2\ H_2O$ (halfreactie 2)

Tussen de poreuze elektroden bevindt zich een membraan dat alleen H^+ ionen doorlaat. Koolstofdioxide en waterdamp worden uit de brandstofcel afgevoerd.

2p **14** ☐ Leg uit of de elektronen via de elektromotor stromen van E_I naar E_{II} of van E_{II} naar E_I.

Een auto die is uitgerust met deze brandstofcel hoeft alleen methanol te tanken. Het water dat voor halfreactie 1 nodig is, wordt geleverd door halfreactie 2. Omdat er in compartiment II meer water ontstaat dan voor halfreactie 1 nodig is, wordt een deel van dat water afgevoerd.

3p **15** ☐ Leid aan de hand van de gegeven halfreacties af hoeveel procent van het in compartiment II gevormde water moet worden afgevoerd.

Een personenauto, uitgerust met een brandstofcel en een elektromotor, gaat waarschijnlijk evenveel kilometers op 1,0 L methanol rijden, als een vergelijkbare benzineauto op 1,0 L benzine.
In het informatieboekje dat bij dit examen hoort, staat het zogenoemde brandstofetiket afgebeeld van een Nissan Primera, bouwjaar 2003. Een dergelijk etiket zit sinds 2001 op elke nieuwe auto. Volgens de dealer zijn de prestaties van deze auto wat betreft benzineverbruik en koolstofdioxide-uitstoot sinds 1997 vrijwel niet veranderd. Mede met behulp van gegevens uit het informatieboekje kan worden nagegaan of de uitstoot van koolstofdioxide per gereden kilometer gemiddeld minstens 40% minder is wanneer zo'n personenauto wordt uitgerust met deze brandstofcel en een elektromotor.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

3p **16** ☐ Bereken hoeveel gram koolstofdioxide ontstaat wanneer 1,0 L vloeibare methanol volledig wordt verbrand (293 K).

4p **17** ☐ Ga na of de Nissan Primera van het brandstofetiket de in Kyoto gemaakte afspraak haalt (gemiddeld minstens 40% minder uitstoot van koolstofdioxide per gereden kilometer) wanneer hij wordt uitgerust met een directe methanol-brandstofcel en elektromotor.

Op een internetsite over de mogelijkheden van dit nieuwe type auto staat de volgende uitspraak: „Als de methanol waarop deze auto rijdt, uit biomassa (suikerriet, gft-afval, houtsoorten, enz.) wordt bereid, dan rijdt de auto CO_2 neutraal."

2p **18** ☐ Leg uit wat met deze uitspraak wordt bedoeld.

Waterbepaling

Geconcentreerd fosforzuur is in de handel verkrijgbaar in de vorm van een oplossing die circa 85 massaprocent H_3PO_4 (15 M) bevat. De rest is water. Een groepje leerlingen kreeg als opdracht het fosforzuurgehalte van geconcentreerd fosforzuur door middel van een zuur-base titratie te controleren. Ze moesten daarbij gebruik maken van een 0,1000 M oplossing van natriumhydroxide. De leerlingen stelden een werkplan op. In hun werkplan stond het volgende:

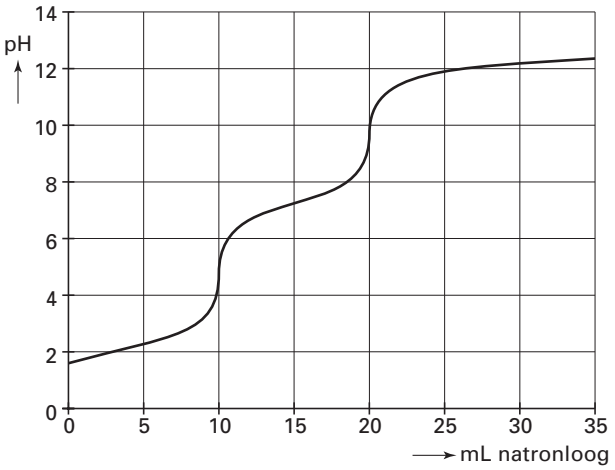
- we brengen 10,00 mL van het geconcentreerde fosforzuur in een erlenmeyer;
- we voegen een paar druppels indicator toe;
- we vullen een 50 mL buret met de natriumhydroxide-oplossing;
- we titreren tot de kleur van de indicator verandert.

Toen de docent dit werkplan had bekeken, was zijn eerste reactie: „Dat redden jullie nooit met één buret!"

2p **19** ☐ Laat met behulp van gegevens uit deze opgave zien dat de inhoud van één buret niet voldoende is om deze titratie uit te voeren.

De docent wilde ook weten welke indicator de leerlingen van plan waren te gebruiken. Om hen wat op weg te helpen, vertelde hij dat de leerlingen de titratiecurve moesten gebruiken om een goede keus te kunnen maken. Ze vonden op het internet de volgende titratiecurve voor een titratie van fosforzuur met een 0,1 M natriumhydroxide-oplossing.

titratiecurve



2p **20** ☐ Leg aan de hand van bovenstaande titratiecurve uit welke indicator je kunt gebruiken voor de titratie van een oplossing van fosforzuur met een oplossing van natriumhydroxide.

Let op: de laatste vragen van dit examen staan op de volgende pagina.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Je kunt het fosforzuurgehalte van geconcentreerd fosforzuur ook bepalen door het watergehalte ervan te bepalen. Dan weet je ook het gehalte aan fosforzuur.
Het Australische bedrijf Multitrator heeft een methode ontwikkeld om watergehaltes van mengsels te bepalen door middel van titratie met een oplossing van 2,2-dimethoxypropaan (DMP) in cyclohexaan. DMP reageert met water in de molverhouding 1 : 1 onder vorming van propanon en methanol.

4p **21** ☐ Geef de vergelijking van deze reactie van DMP met water. Noteer daarin de koolstofverbindingen in structuurformules.

Het eindpunt van de titratie wordt bij deze methode bepaald door gebruik te maken van het feit dat de reactie tussen DMP en water endotherm is.

2p **22** ☐ Leg uit hoe je, door gebruik te maken van het feit dat de reactie tussen DMP en water endotherm is, het eindpunt van de titratie kunt bepalen.

Geconcentreerd fosforzuur mengt niet goed met een oplossing van DMP in cyclohexaan. Wanneer men een oplossing van DMP in cyclohexaan toevoegt aan geconcentreerd fosforzuur, vormen zich twee vloeistoflagen: de oplossing van DMP in cyclohexaan ‘drijft’ op het geconcentreerde fosforzuur. De snelheid van de reactie tussen DMP en water is in dat geval niet groot.
Bij een titratie is het van belang dat de reactie, die tijdens de titratie optreedt, snel verloopt. Door flink te roeren tijdens het toevoegen van de oplossing van DMP in cyclohexaan aan het geconcentreerde fosforzuur kan men de reactie tussen DMP en water sneller laten plaatsvinden.

2p **23** ☐ Leg uit dat de reactie tussen DMP en water sneller verloopt wanneer men flink roert dan wanneer men niet zou roeren. Gebruik in je uitleg het ‘botsende-deeltjes-model’.

Ook met roeren verloopt de reactie echter niet snel genoeg. Daarom wordt bij de bepaling van het watergehalte van geconcentreerd fosforzuur voorafgaand aan de titratie het geconcentreerde fosforzuur opgelost in het oplosmiddel acetonitril. Alle stoffen die bij de titratie zijn betrokken, lossen in acetonitril goed op.
De gehele bepaling bestaat uit drie afzonderlijke titraties. De resultaten van zo’n bepaling staan hieronder vermeld.

1 Titratie van acetonitril met de oplossing van DMP in cyclohexaan.
Deze titratie is nodig omdat het acetonitril een (geringe) hoeveelheid water kan bevatten. Hiervoor werd 25,00 mL acetonitril getitreerd met de oplossing van DMP in cyclohexaan. Voor deze titratie was 0,300 mL DMP-oplossing nodig.

2 IJking van de oplossing van DMP in cyclohexaan.
Hiervoor werd aan 25,00 mL acetonitril 3,000 mL van een 2,015 M oplossing van water in 2-propanol toegevoegd. Het aldus verkregen mengsel werd getitreerd met de DMP-oplossing. Voor deze titratie was 3,216 mL van de DMP-oplossing nodig.

3 Titratie van het geconcentreerde fosforzuur.
Hiervoor werd 1,023 g van het geconcentreerde fosforzuur opgelost in 25,00 mL acetonitril. Deze oplossing werd getitreerd met de oplossing van DMP in cyclohexaan. Hiervan was 4,352 mL nodig.

Bij alle drie de titraties werd acetonitril gebruikt uit dezelfde voorraadfles. Ook de oplossing van DMP in cyclohexaan die bij de drie titraties werd gebruikt, kwam uit één fles.

5p **24** ☐ Bereken het massapercentage water in het onderzochte geconcentreerde fosforzuur.

Einde

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

scheikunde 1 (nieuwe stijl)

Examen VWO

Voorbereidend
Wetenschappelijk
Onderwijs

20 **04**

Tijdvak 2
Woensdag 23 juni
13.30 – 16.30 uur

Informatieboekje

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Bromaat in kuurbad bedreigt heilzaam imago

Het zoutwaterbad van een kuurcentrum in de provincie Groningen bleek vrij hoge concentraties bromaat (760 µg/L) te bevatten. Het zoute bronwater bevatte relatief veel - onschadelijk - bromide (28 mg/L) vergeleken met zoet oppervlaktewater of grondwater (0,1 - 1 mg/L). Bromaat komt echter van nature niet voor in het bronwater. Het bromaat komt dus in het water terecht, nadat het is opgepompt.
Zoals in veel (zwem)baden vindt desinfectie plaats door toevoeging van chloorbleekloog. Dit reageert met het bromide, waarbij onder meer bromaat ontstaat. Factoren als zonlicht, zuurgraad en de concentratie chloorbleekloog spelen hierbij een belangrijke rol. Daarnaast blijkt chloorbleekloog zelf al een aanzienlijke hoeveelheid bromaat te bevatten.
In het zwembad kan opname van bromaat via de mond plaatsvinden. Opname via de huid of door inademing is te verwaarlozen. De huidige (tijdelijke) drinkwaternorm voor bromaat - uitgaande van een kankerrisiconorm van 1 op 100.000 - bedraagt 5 µg/L. Op grond van de verwachte maximale opname door zwemmers heeft het RIVM de zwemwaternorm vastgesteld op 120 µg/L.
De concentratie bromaat kan worden verlaagd door de vorming hiervan te voorkomen of door het gevormde bromaat te verwijderen. Verlaging van de concentratie chloorbleekloog of het gebruik van chloorbleekloog met minder bromaat is een mogelijkheid. Inmiddels wordt al minder chloorbleekloog toegevoegd.
Desinfectie zonder chloorbleekloog lijkt een veel betere manier. Ozonisering - soms toegepast voor zuivering van water in zwembaden - is voor desinfectie van bronwater geen goede methode. Veel perspectief biedt de desinfectie door middel van ultraviolet licht. Testen op laboratoriumschaal moeten aantonen of deze methode kan worden toegepast om het water in het kuurbad te desinfecteren.
Een zegsman van de Dienst Zuiveringsbeheer benadrukt dat het probleem zich voordoet bij alle kuurbaden met bromidehoudend water. Er is geen reden om ongerust te zijn. „Bij het vaststellen van de norm is uitgegaan van het feit dat je 30 keer per jaar van het bad gebruik maakt en daarbij gemiddeld vier slokken water naar binnen krijgt. In de praktijk zal dat waarschijnlijk veel minder zijn. Bovendien is de gehanteerde risiconorm (1 op 1.000.000) een factor tien lager dan de huidige drinkwaternorm.”

naar: Chemisch Weekblad

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Energie

Personenauto

Fabrikant	NISSAN
Model	Primera III Sedan 2.0
Brandstof	Benzine
Brandstofverbruik gemeten volgens de test van de typegoedkeuring.	**8,7** liter / 100 km = 1 liter op 11,5 km
Zuinig A B C D E F G **Onzuinig**	**D**
CO_2-uitstoot CO_2 is het broeikasgas dat bij de wereldwijde klimaatverandering de belangrijkste rol speelt.	**208** gram / km
Jaar van toepassing	**2003**

Een gids betreffende het brandstofverbruik en de CO_2-uitstoot met gegevens voor alle nieuwe modellen personenauto's is gratis te verkrijgen in elk verkooppunt.

Naast de brandstofefficiëntie van een auto zijn ook het rijgedrag en andere, niet-technische factoren bepalend voor het brandstofverbruik en de CO_2-uitstoot van een auto.

Richtlijn 1999/94/EG: Etikettering personenauto's
RDC-deelnemer 4175
Volgnummer 128

VIN SJNBCAP12U0049493

Einde

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

scheikunde 1,2 (nieuwe stijl)

Examen VWO

Voorbereidend
Wetenschappelijk
Onderwijs

20 **04**

Tijdvak 2
Woensdag 23 juni
13.30 – 16.30 uur

Voor dit examen zijn maximaal 69 punten te behalen; het examen bestaat uit 22 vragen.
Voor elk vraagnummer is aangegeven hoeveel punten met een goed antwoord behaald kunnen worden.
Bij dit examen hoort een informatieboekje.
Voor de uitwerking van vraag 3 is een bijlage toegevoegd.

Als bij een vraag een verklaring, uitleg, berekening of afleiding gevraagd wordt, worden aan het antwoord meestal geen punten toegekend als deze verklaring, uitleg, berekening of afleiding ontbreekt.

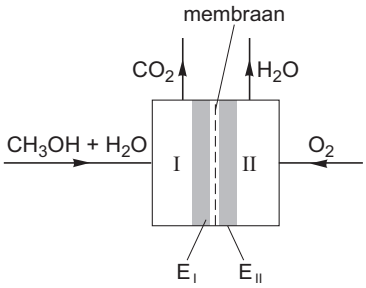
Geef niet meer antwoorden (redenen, voorbeelden e.d.) dan er worden gevraagd. Als er bijvoorbeeld twee redenen worden gevraagd en je geeft meer dan twee redenen, dan worden alleen de eerste twee in de beoordeling meegeteld.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Ky-auto

Personenauto's die op benzine rijden, produceren koolstofdioxide. In december 1997 is in Kyoto (Japan) afgesproken dat in 2012 de hoeveelheid koolstofdioxide per gereden km gemiddeld met minstens 40% moet zijn teruggebracht. Daarom doet de auto-industrie uitgebreide research om de uitstoot van koolstofdioxide te verlagen. Eén van de onderzoeken richt zich op een auto uitgerust met een elektromotor. De elektrische stroom voor de elektromotor wordt geleverd door een zogenoemde directe methanol-brandstofcel. In figuur 1 is de directe methanol-brandstofcel schematisch weergegeven. In het vervolg van deze opgave duiden we zo'n cel kortheidshalve aan met brandstofcel.

figuur 1



In compartiment I van de brandstofcel wordt een mengsel van methanol en water geleid. In compartiment II wordt zuurstof (lucht) geleid. Aan de poreuze platina-elektroden (E_I en E_{II}) treden de volgende halfreacties op:

$$CH_3OH + H_2O \rightarrow CO_2 + 6\,H^+ + 6\,e^- \qquad \text{(halfreactie 1)}$$

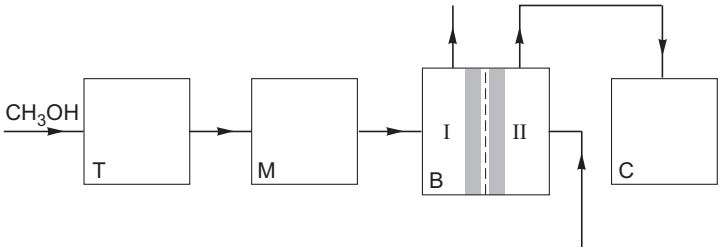
$$O_2 + 4\,H^+ + 4\,e^- \rightarrow 2\,H_2O \qquad \text{(halfreactie 2)}$$

Tussen de poreuze elektroden bevindt zich een membraan dat alleen H^+ ionen doorlaat. Koolstofdioxide en waterdamp worden uit de brandstofcel afgevoerd.

2p **1** ☐ Leg uit of de elektrode waaraan zuurstof reageert de positieve of de negatieve elektrode van de brandstofcel is.

Een auto die is uitgerust met deze brandstofcel hoeft alleen methanol te tanken. Het water dat voor halfreactie 1 nodig is, wordt geleverd door halfreactie 2. In figuur 2 is de werking van de brandstofcel in een auto schematisch weergegeven. Het grootste deel van de stofstromen ontbreekt.

figuur 2



Tijdens het rijden wordt voortdurend uit de tank (T) methanol naar een mixtank (M) gepompt. Naar deze mixtank wordt ook een deel van het water geleid dat bij halfreactie 2 ontstaat. Uit de mixtank gaat het water-methanol mengsel naar compartiment I van de brandstofcel (B). Een deel van de methanol en een deel van het water worden hier omgezet (halfreactie 1). De ontstane koolstofdioxide verdwijnt uit de brandstofcel. De niet omgezette methanol en het niet omgezette water worden teruggeleid naar de mixtank.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.
Pagina: 841

In compartiment II wordt lucht geleid. Zuurstof uit deze lucht reageert met H^+ ionen tot waterdamp (halfreactie 2). De waterdamp wordt samen met de overgebleven lucht (omdat daar minder zuurstof in zit wordt de overgebleven lucht in de verdere opgave restlucht genoemd) door een condensor (C) geleid. In de condensor condenseert de waterdamp. De restlucht verdwijnt uit de condensor. Omdat in de condensor meer water condenseert dan voor halfreactie 1 nodig is, wordt niet al het water naar de mixtank geleid. Een deel wordt afgevoerd.

3p **2** ☐ Leid aan de hand van de gegeven halfreacties af hoeveel procent van het in compartiment II gevormde water naar de mixtank moet worden geleid.

Op de bijlage is het schema met de vier blokken T, M, B en C (figuur 2) nogmaals weergegeven. De nummers 3 en 5 die staan bij de stofstromen tussen de tank T en de mixtank M en tussen de mixtank M en de brandstofcel B staan voor respectievelijk methanol en water. Bij de overige getekende stofstromen staat geen nummer, en er ontbreekt een aantal stofstromen.

5p **3** ☐ Maak het schema op de bijlage af door het plaatsen van lijnen met pijlen.
Zet bij de reeds getekende lijnen én bij de zelf getekende lijnen, de bijbehorende stof of het bijbehorende mengsel. Doe dit met behulp van de nummers 1 t/m 6:
1 = koolstofdioxide;
2 = lucht;
3 = methanol;
4 = restlucht;
5 = water;
6 = waterdamp.
Houd rekening met het feit dat er meerdere nummers bij één lijn kunnen staan en dat nummers meerdere malen kunnen worden gebruikt.

Een personenauto, uitgerust met een brandstofcel en een elektromotor, gaat waarschijnlijk evenveel kilometers op 1,0 L methanol rijden, als een vergelijkbare benzineauto op 1,0 L benzine.
Op pagina 2 van het informatieboekje dat bij dit examen hoort, staat het zogenoemde brandstofetiket afgebeeld van een Nissan Primera, bouwjaar 2003. Een dergelijk etiket zit sinds 2001 op elke nieuwe auto. Volgens de dealer zijn de prestaties van deze auto wat betreft benzineverbruik en koolstofdioxide-uitstoot sinds 1997 vrijwel niet veranderd. Mede met behulp van gegevens uit het informatieboekje kan worden nagegaan of de uitstoot van koolstofdioxide per gereden kilometer gemiddeld minstens 40% minder is wanneer zo'n personenauto wordt uitgerust met deze brandstofcel en een elektromotor.

3p **4** ☐ Bereken hoeveel gram koolstofdioxide ontstaat wanneer 1,0 L vloeibare methanol volledig wordt verbrand (293 K).

4p **5** ☐ Ga na of de Nissan Primera van het brandstofetiket de in Kyoto gemaakte afspraak haalt (gemiddeld minstens 40% minder uitstoot van koolstofdioxide per gereden kilometer) wanneer hij wordt uitgerust met een directe methanol-brandstofcel en elektromotor.

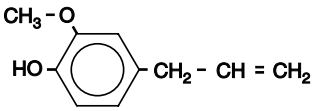
Op een internetsite over de mogelijkheden van dit nieuwe type auto staat de volgende uitspraak: „Als de methanol waarop deze auto rijdt, uit biomassa (suikerriet, gft-afval, houtsoorten, enz.) wordt bereid, dan rijdt de auto CO_2 neutraal."

2p **6** ☐ Leg uit wat met deze uitspraak wordt bedoeld.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Eugenol

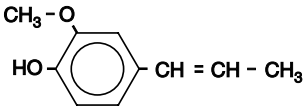
Kruidnagel heeft een kenmerkende geur die wordt veroorzaakt door de stof eugenol. De structuurformule van eugenol is:



eugenol

3p **7** ☐ Geef de systematische naam van eugenol. Gebruik de systematische naam (2-propenyl) voor de zijtak $-CH_2-CH=CH_2$.

Eén van de isomeren van eugenol is iso-eugenol. De structuurformules van eugenol en van iso-eugenol lijken sterk op elkaar. Niettemin verschillen deze stoffen in een aantal eigenschappen. Eén van die eigenschappen is de geur: iso-eugenol is verantwoordelijk voor de geur van nootmuskaat.
De structuurformule van iso-eugenol kan als volgt worden weergegeven:

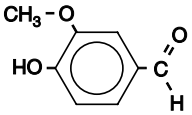


iso-eugenol

De gegeven structuurformule van eugenol heeft betrekking op één stof. De structuurformule die voor iso-eugenol is gegeven, heeft betrekking op twee stoffen.

3p **8** ☐ Leg uit dat de gegeven structuurformule van eugenol betrekking heeft op één stof en dat de gegeven structuurformule van iso-eugenol betrekking heeft op twee stoffen.

Eugenol en iso-eugenol kunnen als grondstof worden gebruikt voor de bereiding van een andere geurstof: vanilline. De structuurformule van vanilline is:



vanilline

Omdat eugenol in grote hoeveelheden voorhanden is, wordt deze stof het meest gebruikt voor de bereiding van vanilline. Daarvoor moet de eugenol eerst uit kruidnagelolie worden gewonnen. Daartoe schudt men de kruidnagelolie met natronloog. In de reactie die daarbij optreedt, reageert eugenol als zuur. Dit is mogelijk doordat de OH groep die in een eugenolmolecuul aan de benzeenring is gebonden zure eigenschappen heeft. Na de reactie zijn twee vloeistoflagen ontstaan: een waterige laag waarin onder andere de zuurrest van eugenol aanwezig is en een olielaag. Na het scheiden van de twee lagen wordt in de waterige laag door aanzuren de zuurrest van eugenol weer omgezet tot eugenol.

2p **9** ☐ Geef de reactievergelijking van de reactie van eugenol met natronloog. Gebruik voor de organische deeltjes structuurformules.

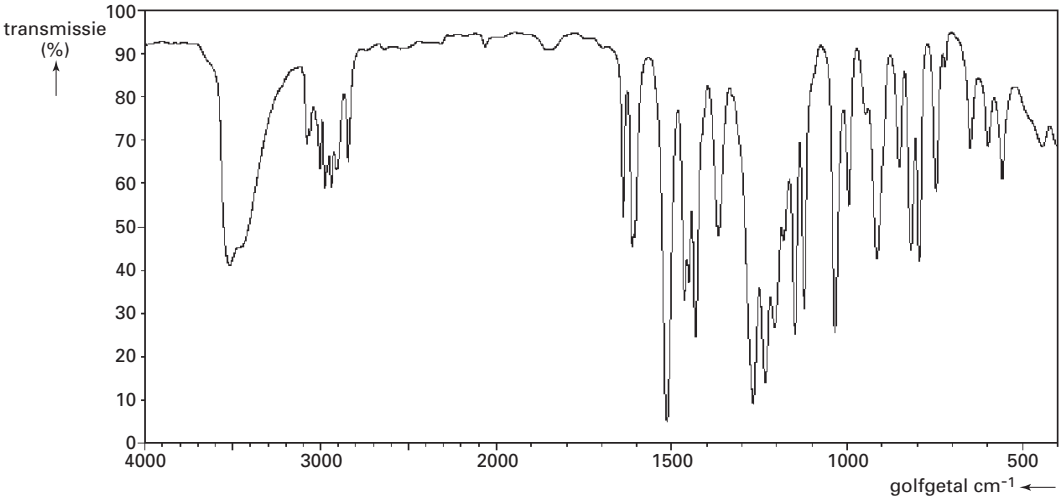
De omzetting van eugenol tot vanilline is op te vatten als een redoxreactie. Behalve vanilline ontstaat onder andere ook ethaanzuur. De omzetting van eugenol tot vanilline en ethaanzuur kan worden weergegeven met de vergelijking van één halfreactie.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

5p **10** ☐ Geef de vergelijking van de halfreactie voor de omzetting van eugenol tot vanilline en ethaanzuur. Gebruik voor de organische deeltjes molecuulformules. In deze vergelijking komen behalve deze molecuulformules onder andere ook H^+ en H_2O voor.

Om na te gaan of eugenol inderdaad tot vanilline is omgezet, wordt van het reactieproduct een infrarood-spectrum (IR-spectrum) opgenomen. Dit spectrum kan worden vergeleken met het IR-spectrum van de beginstof eugenol.
In figuur 3 is het IR-spectrum van eugenol (dunne vloeistoflaag) afgebeeld.

figuur 3



ontleend aan:
SDBSWeb: *www.aist.go.jp/RIODB/SDBS/sdbs/owa/sdbs_sea.cre_frame_disp?sdbsno=91*

Het IR-spectrum van vanilline zal tenminste één piek bevatten die niet in het IR-spectrum van eugenol voorkomt. Bovendien zal tenminste één piek in het IR-spectrum van eugenol voorkomen die niet in het IR-spectrum van vanilline te zien is.

2p **11** ☐ Noem een vibratie die in eugenolmoleculen een piek in het IR-spectrum van eugenol veroorzaakt die niet voorkomt in het IR-spectrum van vanilline. Geef ook het absorptiegebied (in cm^{-1}) van die piek.

2p **12** ☐ Noem een vibratie die in vanillinemoleculen een piek in het IR-spectrum van vanilline veroorzaakt die niet voorkomt in het IR-spectrum van eugenol. Geef ook het absorptiegebied (in cm^{-1}) van die piek.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Broom in het bad

Deze opgave gaat over het artikel 'Bromaat in kuurbad bedreigt heilzaam imago' dat gedeeltelijk is afgedrukt op pagina 3 van het informatieboekje dat bij dit examen is verstrekt. Lees dit artikel en maak vervolgens de vragen van deze opgave.

Het werkzame bestanddeel van het desinfectiemiddel chloorbleekloog is onderchlorigzuur, een zwak zuur met de formule HClO. Om de vorming van bromaat te verklaren, veronderstelt een leerlinge, Jos, dat het bromaat ontstaat doordat onderchlorigzuur in een evenwichtsreactie reageert met bromide. De vergelijking voor deze evenwichtsreactie is:

$$3\ HClO + Br^- \leftrightarrows 3\ Cl^- + 3\ H^+ + BrO_3^- \qquad \text{(reactie 1)}$$

In de reactie naar rechts van dit evenwicht treedt HClO als oxidator op. De vergelijkingen van de halfreacties voor de reactie naar rechts zijn hieronder gedeeltelijk weergegeven:

$$HClO + H^+ \rightarrow Cl^- + H_2O$$
$$Br^- + H_2O \rightarrow BrO_3^- + H^+$$

3p **13** ☐ Maak de vergelijkingen van beide halfreacties af door op de juiste plaats coëfficiënten en aantallen elektronen te zetten.

Behalve het artikel gebruikt Jos de brochure 'Broom in het bad', waarnaar in de literatuurlijst bij het artikel wordt verwezen. Een deel van de tekst uit deze brochure is afgedrukt op pagina 4 van het informatieboekje dat bij dit examen is verstrekt.

Onderbromigzuur is een zwak zuur:

$$HBrO + H_2O \leftrightarrows BrO^- + H_3O^+$$

Met behulp van gegevens uit het tekstfragment uit de brochure kan een waarde voor de K_z van onderbromigzuur worden berekend.

4p **14** ☐ Geef die berekening.

Als de veronderstelling van Jos juist is dat de vorming van het bromaat via reactie 1 verloopt, komt zij tot een andere conclusie met betrekking tot de invloed van de pH op de vorming van bromaat dan de conclusie die in de brochure staat over de invloed van de pH.

3p **15** ☐ Leg dit uit aan de hand van een evenwichtsbeschouwing aan reactie 1.

Na het lezen van de brochure weet Jos nog steeds niet hoe de vorming van het bromaat verloopt. Daarom besluit zij een onderzoek uit te voeren om meer inzicht te verkrijgen over de invloed van de pH op de vorming van bromaat.

3p **16** ☐ Beschrijf hoe zij zo'n onderzoek kan uitvoeren.

De normen voor bromaat die in het artikel 'Bromaat in kuurbad bedreigt heilzaam imago' voor drinkwater en voor zwemwater zijn genoemd, mogen worden opgevat als MAC-waarden. Het lijkt alsof de norm voor zwemwater veel soepeler is dan de norm voor drinkwater. Toch is de hoeveelheid bromaat die een gebruiker van het kuurbad jaarlijks binnen mag krijgen aanzienlijk minder dan de hoeveelheid bromaat die men jaarlijks via het drinkwater binnen mag krijgen.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

4p **17** ☐ Bereken:
- hoeveel µg bromaat men jaarlijks maximaal via het drinkwater volgens de norm binnen mag krijgen;
- hoeveel µg bromaat een gebruiker van het kuurbad via het zwembadwater jaarlijks maximaal volgens de norm binnen mag krijgen.

Gebruik gegevens uit het artikel ‘Bromaat in kuurbad bedreigt heilzaam imago’. Neem daarnaast aan dat men gemiddeld 2,0 L water per dag consumeert en dat het volume van een slok 25 mL is.

2p **18** ☐ Leg uit waarom de bromaatnorm voor zwemwater zo is gesteld dat de hoeveelheid bromaat die een gebruiker van het kuurbad via het zwembadwater jaarlijks binnen mag krijgen aanzienlijk kleiner is dan de hoeveelheid bromaat die men jaarlijks via het drinkwater binnen mag krijgen.

Waterbepaling

Geconcentreerd fosforzuur is in de handel verkrijgbaar in de vorm van een oplossing die circa 85 massaprocent H_3PO_4 (15 M) bevat. De rest is water. Een groepje leerlingen kreeg als opdracht het fosforzuurgehalte van geconcentreerd fosforzuur door middel van een zuur-base titratie te controleren. Ze moesten daarbij gebruik maken van een 0,1000 M oplossing van natriumhydroxide. De leerlingen stelden een werkplan op. In hun werkplan stond het volgende:

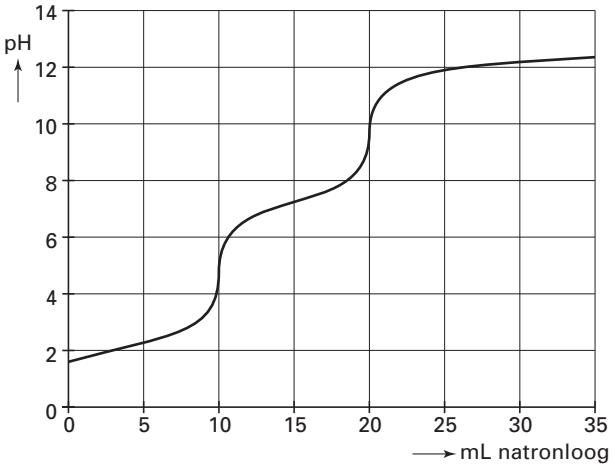
- we brengen 10,00 mL van het geconcentreerde fosforzuur in een erlenmeyer;
- we voegen een paar druppels indicator toe;
- we vullen een 50 mL buret met de natriumhydroxide-oplossing;
- we titreren tot de kleur van de indicator verandert.

Toen de docent dit werkplan had bekeken, was zijn eerste reactie: „Dat redden jullie nooit met één buret!”

2p **19** ☐ Laat met behulp van gegevens uit deze opgave zien dat de inhoud van één buret niet voldoende is om deze titratie uit te voeren.

De docent wilde ook weten welke indicator de leerlingen van plan waren te gebruiken. Om hen wat op weg te helpen, vertelde hij dat de leerlingen de titratiecurve moesten gebruiken om een goede keus te kunnen maken. Ze vonden op het internet de volgende titratiecurve voor een titratie van fosforzuur met een 0,1 M natriumhydroxide-oplossing.

titratiecurve

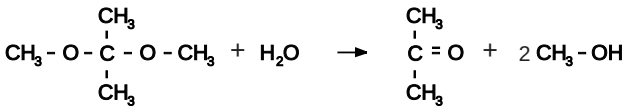


2p **20** ☐ Leg aan de hand van bovenstaande titratiecurve uit welke indicator je kunt gebruiken voor de titratie van een oplossing van fosforzuur met een oplossing van natriumhydroxide.

Let op: de laatste vragen van dit examen staan op de volgende pagina.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Je kunt het fosforzuurgehalte van geconcentreerd fosforzuur ook bepalen door het watergehalte ervan te bepalen. Dan weet je ook het gehalte aan fosforzuur.
Het Australische bedrijf Multitrator heeft een methode ontwikkeld om watergehaltes van mengsels te bepalen door middel van titratie met een oplossing van 2,2-dimethoxypropaan (DMP) in cyclohexaan. DMP reageert met water onder vorming van propanon en methanol:



DMP propanon methanol

Vanwege het warmte-effect van deze reactie treedt tijdens de titratie een temperatuurverandering op. Wanneer alle water heeft gereageerd, houdt deze temperatuurverandering op. Door tijdens de titratie de temperatuur van de oplossing te volgen, kan men dus het eindpunt van de titratie bepalen.

5p **21** ☐ Ga aan de hand van een berekening van de reactiewarmte na of, zolang de reactie optreedt, de temperatuur van de oplossing in het titratievat stijgt of daalt. Gebruik bij je berekening behalve gegevens uit Binas ook de volgende gegevens:
- de vormingswarmte van 2,2-dimethoxypropaan bedraagt $-4{,}61 \cdot 10^5$ J mol^{-1};
- de vormingswarmte van propanon bedraagt $-2{,}49 \cdot 10^5$ J mol^{-1};
- zowel het reagerende water als het ontstane methanol zijn vloeibaar;
- warmte-effecten tengevolge van mengen van vloeistoffen zijn verwaarloosbaar.

Om de reactie die tijdens de titratie optreedt met voldoende snelheid te laten optreden, wordt het oplosmiddel acetonitril gebruikt. Alle stoffen die bij de titratie zijn betrokken, lossen in acetonitril goed op.
De gehele bepaling bestaat uit drie afzonderlijke titraties. De resultaten van zo'n bepaling staan hieronder vermeld.

1 Titratie van acetonitril met de oplossing van DMP in cyclohexaan.
Deze titratie is nodig omdat het acetonitril een (geringe) hoeveelheid water kan bevatten. Hiervoor werd 25,00 mL acetonitril getitreerd met de oplossing van DMP in cyclohexaan. Voor deze titratie was 0,300 mL DMP-oplossing nodig.

2 IJking van de oplossing van DMP in cyclohexaan.
Hiervoor werd aan 25,00 mL acetonitril 3,000 mL van een 2,015 M oplossing van water in 2-propanol toegevoegd. Het aldus verkregen mengsel werd getitreerd met de DMP-oplossing. Voor deze titratie was 3,216 mL van de DMP-oplossing nodig.

3 Titratie van het geconcentreerde fosforzuur.
Hiervoor werd 1,023 g van het geconcentreerde fosforzuur opgelost in 25,00 mL acetonitril. Deze oplossing werd getitreerd met de oplossing van DMP in cyclohexaan. Hiervan was 4,352 mL nodig.

Bij alle drie de titraties werd acetonitril gebruikt uit dezelfde voorraadfles. Ook de oplossing van DMP in cyclohexaan die bij de drie titraties werd gebruikt, kwam uit één fles.

5p **22** ☐ Bereken het massapercentage water in het onderzochte geconcentreerde fosforzuur.

Einde

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

scheikunde 1,2 (nieuwe stijl)

Examen VWO

Voorbereidend
Wetenschappelijk
Onderwijs

20 **04**

Tijdvak 2
Woensdag 23 juni
13.30 – 16.30 uur

Informatieboekje

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Energie

Personenauto

Fabrikant	NISSAN
Model	Primera III Sedan 2.0
Brandstof	Benzine
Brandstofverbruik gemeten volgens de test van de typegoedkeuring.	**8,7** liter / 100 km = 1 liter op 11,5 km
Zuinig A B C D E F G **Onzuinig**	D
CO_2-uitstoot CO_2 is het broeikasgas dat bij de wereldwijde klimaatverandering de belangrijkste rol speelt.	**208** gram / km
Jaar van toepassing	2003

Een gids betreffende het brandstofverbruik en de CO_2-uitstoot met gegevens voor alle nieuwe modellen personenauto's is gratis te verkrijgen in elk verkooppunt.

Naast de brandstofefficiëntie van een auto zijn ook het rijgedrag en andere, niet-technische factoren bepalend voor het brandstofverbruik en de CO_2-uitstoot van een auto.

Richtlijn 1999/94/EG: Etikettering personenauto's
RDC-deelnemer 4175
Volgnummer 128

VIN SJNBCAP12U0049493

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Bromaat in kuurbad bedreigt heilzaam imago

Het zoutwaterbad van een kuurcentrum in de provincie Groningen bleek vrij hoge concentraties bromaat (760 µg/L) te bevatten. Het zoute bronwater bevatte relatief veel - onschadelijk - bromide (28 mg/L) vergeleken met zoet oppervlaktewater of grondwater (0,1 - 1 mg/L). Bromaat komt echter van nature niet voor in het bronwater. Het bromaat komt dus in het water terecht, nadat het is opgepompt.
Zoals in veel (zwem)baden vindt desinfectie plaats door toevoeging van chloorbleekloog. Dit reageert met het bromide, waarbij onder meer bromaat ontstaat. Factoren als zonlicht, zuurgraad en de concentratie chloorbleekloog spelen hierbij een belangrijke rol. Daarnaast blijkt chloorbleekloog zelf al een aanzienlijke hoeveelheid bromaat te bevatten.
In het zwembad kan opname van bromaat via de mond plaatsvinden. Opname via de huid of door inademing is te verwaarlozen. De huidige (tijdelijke) drinkwaternorm voor bromaat - uitgaande van een kankerrisiconorm van 1 op 100.000 - bedraagt 5 µg/L. Op grond van de verwachte maximale opname door zwemmers heeft het RIVM de zwemwaternorm vastgesteld op 120 µg/L.
De concentratie bromaat kan worden verlaagd door de vorming hiervan te voorkomen of door het gevormde bromaat te verwijderen. Verlaging van de concentratie chloorbleekloog of het gebruik van chloorbleekloog met minder bromaat is een mogelijkheid. Inmiddels wordt al minder chloorbleekloog toegevoegd.
Desinfectie zonder chloorbleekloog lijkt een veel betere manier. Ozonisering - soms toegepast voor zuivering van water in zwembaden - is voor desinfectie van bronwater geen goede methode. Veel perspectief biedt de desinfectie door middel van ultraviolet licht. Testen op laboratoriumschaal moeten aantonen of deze methode kan worden toegepast om het water in het kuurbad te desinfecteren.
Een zegsman van de Dienst Zuiveringsbeheer benadrukt dat het probleem zich voordoet bij alle kuurbaden met bromidehoudend water. Er is geen reden om ongerust te zijn. „Bij het vaststellen van de norm is uitgegaan van het feit dat je 30 keer per jaar van het bad gebruik maakt en daarbij gemiddeld vier slokken water naar binnen krijgt. In de praktijk zal dat waarschijnlijk veel minder zijn. Bovendien is de gehanteerde risiconorm (1 op 1.000.000) een factor tien lager dan de huidige drinkwaternorm.”

naar: Chemisch Weekblad

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Broom in het bad

Voor de vorming van bromaat (BrO_3^-) bij de chlorering van *zee*water is een aantal reacties voorgesteld. De primaire stap is de vorming van onderbromigzuur (HBrO) volgens:

$HClO + Br^- \rightarrow HBrO + Cl^-$ (reactie 2)

Bij hoge doses chloorbleekloog treedt de vorming van bromaat op volgens:

$2\ HClO + HBrO \rightarrow BrO_3^- + 3\ H^+ + 2\ Cl^-$ (reactie 3)

Bij chlorering verloopt de vorming van bromaat vanuit onderbromigzuur, dus bij lage pH. Hier zou een verhoging van de pH deze vormingsreactie onderdrukken.
Of vermindering van de vorming van bromaat in de praktijk inderdaad optreedt, dient experimenteel te worden vastgesteld: de literatuur wijst niet uit of de voorgestelde reactie 3 inderdaad de juiste en enige route is voor de vorming van bromaat bij chlorering.

Hypobromiet (BrO^-) is echter pas bij pH groter dan 9 de overheersende vorm. Dit is hoger dan de maximaal toegestane pH van het badwater. Wettelijk ligt de pH van zwemwater tussen 6,8 en 7,8. Ook bij pH = 7,8 is circa 90% van het broom in de vorm van onderbromigzuur aanwezig; de rest komt voor in de vorm van hypobromiet. De mogelijkheden om bij de behandeling van zwemwater de pH te variëren zijn dus beperkt.

naar: 'Broom in het bad', Chemiewinkel RU Groningen

Einde

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Uitwerkbijlage bij vraag 3

Examen VWO 2004

Tijdvak 2
Woensdag 23 juni
13.30 – 16.30 uur

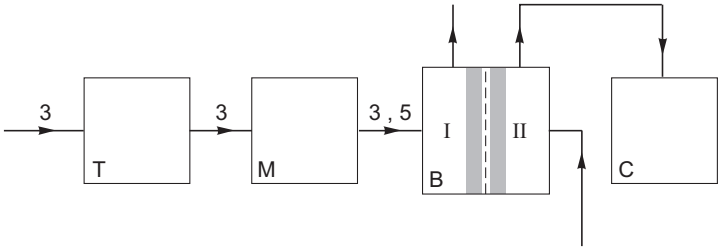
Examennummer

.....

Naam

.....

Vraag 3



Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Scheikunde 1 (nieuwe stijl)

Examen VWO

Voorbereidend
Wetenschappelijk
Onderwijs

20**03**

Tijdvak 1
Dinsdag 20 mei
13.30 – 16.30 uur

Voor dit examen zijn maximaal 65 punten te behalen; het examen bestaat uit 24 vragen.
Voor elk vraagnummer is aangegeven hoeveel punten met een goed antwoord behaald kunnen worden.
Voor de uitwerking van vraag 21 is een bijlage toegevoegd.
Bij dit examen hoort een informatieblad.

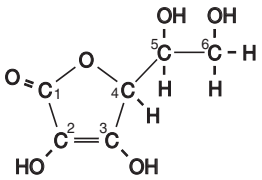
Als bij een vraag een verklaring, uitleg, berekening of afleiding gevraagd wordt, worden aan het antwoord meestal geen punten toegekend als deze verklaring, uitleg, berekening of afleiding ontbreekt.

Geef niet meer antwoorden (redenen, voorbeelden e.d.) dan er worden gevraagd. Als er bijvoorbeeld twee redenen worden gevraagd en je geeft meer dan twee redenen, dan worden alleen de eerste twee in de beoordeling meegeteld.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Vitamine C

Vitamine C heeft de molecuulformule $C_6H_8O_6$. De structuurformule is hieronder weergegeven:

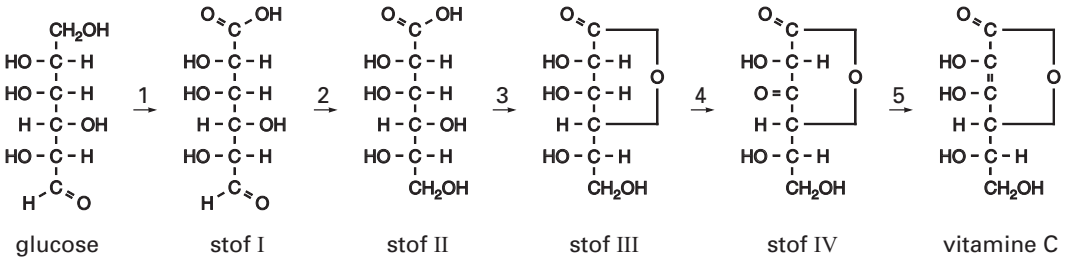


Vitamine C is één van de optische isomeren die met deze structuurformule kunnen worden weergegeven.

2p **1** ☐ Geef het nummer van elk asymmetrisch koolstofatoom in bovenstaande structuurformule.

Veel levende organismen - planten en ook dieren - zijn in staat om zelf vitamine C te vormen. De belangrijkste reacties die plaatsvinden tijdens deze zogenoemde biosynthese van vitamine C kunnen schematisch worden weergegeven zoals in figuur 1:

figuur 1



De reacties 1 tot en met 4 vinden plaats onder invloed van enzymen.
De mens dient vitamine C met zijn voedsel binnen te krijgen doordat in het menselijk lichaam het enzym ontbreekt dat nodig is voor de omzetting van stof III tot stof IV volgens reactie 4.
In reactie 4 van de biosynthese van vitamine C wordt uitsluitend de OH groep aan koolstofatoom 3 omgezet.

2p **2** ☐ Leg uit hoe het mogelijk is dat alleen deze OH groep wordt omgezet.

Reactie 4 is een redoxreactie.

2p **3** ☐ Leg uit of stof III in reactie 4 met een oxidator of met een reductor reageert.

In figuur 1 komen, behalve reactie 4, nog meer redoxreacties voor.
Tevens is een reactie weergegeven die op te vatten is als estervorming.

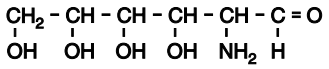
2p **4** ☐ Geef het reactienummer van een andere redoxreactie dan reactie 4 en het reactienummer van de estervorming.
Noteer je antwoord als volgt:
Redoxreactie: nummer …
Estervorming: nummer …

Chitosan

Een garnaal bestaat uit een pantser en een week gedeelte. De (in water onoplosbare) stof die stevigheid aan het pantser geeft, heet chitine. Uit chitine kan chitosan gemaakt worden. Chitosan wordt onder andere gebruikt voor het houdbaar maken van vruchten. De vruchten worden daartoe voorzien van een afsluitende laag chitosan.
Bij de bereiding van chitosan uit chitine laat men het chitine reageren met geconcentreerd natronloog.
De structuurformule van chitine staat in Binas-tabel 67 A3. Bij de reactie van chitine met geconcentreerd natronloog wordt een aantal van de $NH-\underset{\underset{O}{\|}}{C}-CH_3$ groepen omgezet tot NH_2 groepen.
De ontstane stof is chitosan. Bij deze reactie ontstaan chitosanmoleculen en nog één andere soort deeltjes.

2p **5** ☐ Geef de structuurformule van die andere soort deeltjes.

Bij de afbraak van chitosan in het menselijk lichaam ontstaat onder andere een verbinding met de volgende structuurformule:



4p **6** ☐ Geef de systematische naam van dit afbraakproduct.

De molecuulformule van chitosan kan bij goede benadering als volgt worden weergegeven:

$(C_8H_{13}NO_5)_m(C_6H_{11}NO_4)_n$

Hierin stelt $C_8H_{13}NO_5$ de eenheid voor met de $NH-\underset{\underset{O}{\|}}{C}-CH_3$ groep en $C_6H_{11}NO_4$ de eenheid met de NH_2 groep.
De kwaliteit van een folie van chitosan hangt onder andere af van de verhouding tussen het aantal $NH-\underset{\underset{O}{\|}}{C}-CH_3$ groepen en het aantal NH_2 groepen in de chitosanmoleculen.
Ter bepaling van deze verhouding voegt men aan een afgewogen hoeveelheid chitosan een overmaat opgelost salpeterigzuur (HNO_2) toe. Bij de reactie die dan plaatsvindt, reageren NH_2 groepen uit de chitosanmoleculen met HNO_2 moleculen, onder vorming van onder andere stikstof. Men bepaalt de hoeveelheid gevormd stikstofgas.

Bij het uitvoeren van deze bepaling blijkt uitgaande van 0,38 gram chitosan 35 cm^3 stikstofgas gevormd te worden. Het volume van het stikstofgas is gemeten onder omstandigheden waarbij een mol gas het volume 25 dm^3 heeft.

5p **7** ☐ Bereken de x in de verhouding 1,0 : x tussen het aantal $NH-\underset{\underset{O}{\|}}{C}-CH_3$ groepen en het aantal NH_2 groepen in de chitosanmoleculen. Neem daarbij aan dat bij de reactie tussen salpeterigzuur en chitosan per NH_2 groep die reageert, één molecuul stikstof wordt gevormd.

Deze opgave gaat over het artikel 'Pyriet houdt Brinkhorst niet tegen' dat als informatieblad bij dit examen is verstrekt. Lees dit artikel en maak vervolgens de vragen van deze opgave.

De inleiding van het artikel bevat chemisch gezien onduidelijkheden. Ook staan er suggesties in die door de inhoud van het artikel niet worden ondersteund.
Een onduidelijkheid is bijvoorbeeld het gebruik van het woord ‘tegenhouden’ in de zin “Pyrietlagen houden het nitraat tegen.” De term ‘tegenhouden’ kan bij de lezer het beeld oproepen dat het nitraat zich in of boven de pyrietlagen ophoopt. Uit de tekst van het artikel blijkt dat dat beeld onjuist is.

2p **8** ☐ Herschrijf de zin “Pyrietlagen houden het nitraat tegen.” zodanig dat bovenbedoeld misverstand niet kan optreden.

Het gebruik van de term ‘buffering’ in de laatste zin van de inleiding suggereert dat het ‘tegenhouden’ van nitraat op een proces berust dat in de chemie met de term bufferwerking wordt aangeduid.

2p **9** ☐ Leg aan de hand van de betrokken stoffen uit dat met het begrip buffer in dit artikel iets anders wordt bedoeld dan wat in de chemie gebruikelijk is.

In de regels 10 en 11, en ook in regel 17, wordt een omzetting van nitraat beschreven. In de vergelijking van de halfreactie van het nitraat bij deze omzetting komen, behalve de in het artikel genoemde deeltjes en elektronen, ook H^+ en H_2O voor.

4p **10** ☐ Geef de vergelijking van deze halfreactie van nitraat.

Volgens de heer Griffioen kunnen de pyrietlagen wel 150 jaar nitraat uit het grondwater weghouden, maar zit je *daarna* in de problemen (regels 20 t/m 23). Je zou daaruit de conclusie kunnen trekken dat het grondwater schoon blijft zolang er pyrietlagen zijn.

2p **11** ☐ Ben jij het eens met de conclusie dat het grondwater schoon blijft zolang er pyrietlagen zijn? Beargumenteer je antwoord met behulp van gegevens uit het artikel.

Voor een praktische opdracht willen een paar leerlingen door middel van een experiment nagaan of de bewering van de heer Roelofs dat bij het binden van sulfide aan ijzer, het ijzer wordt losgeweekt van fosfaat (regels 35-37) op realiteit berust. Ze nemen aan dat Roelofs met ‘ijzer’ Fe^{2+} bedoelt en met pyriet het slecht oplosbare ijzer(II)sulfide.
De leerlingen mengen in een bekerglas vast ijzer(II)fosfaat met een natriumsulfide-oplossing en laten het geheel enige tijd staan. Daarna moeten ze met het ontstane mengsel een vervolgonderzoek doen.

1p **12** ☐ Formuleer een onderzoeksvraag die de leerlingen voor dit vervolgonderzoek moeten stellen.
3p **13** ☐ Beschrijf de werkwijze van het vervolgonderzoek. Geef hierin onder meer de naam (namen) van de te gebruiken stof(fen) of oplossing(en).

Centraal in het artikel staat ‘de’ nitraatnorm. In het begin van het artikel wordt als norm genoemd dat volgens de Europese Commissie het grondwater in Nederland niet meer dan vijftig milligram nitraat per liter mag bevatten. In de regels 44 t/m 46 wordt deze grondwaternorm bedoeld. Op andere plaatsen in het artikel (regels 7 en 39) wordt op een andere nitraatnorm gedoeld. Deze norm, die de mestnorm genoemd zou kunnen worden, schrijft voor hoeveel nitraat per hectare per jaar boeren door het uitrijden van mest op landbouwgrond en grasland mogen brengen.
De heer Boukes (regels 7 en 8) vindt kennelijk dat de mestnorm gewijzigd moet worden.

2p **14** ☐ Zou de heer Boukes vinden dat de hoeveelheid mest die boeren per hectare per jaar mogen uitrijden, verhoogd of verlaagd dient te worden? Geef een verklaring voor je antwoord aan de hand van gegevens uit het artikel.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

2p **15** ☐ Ben je het eens met het standpunt van de heer Roelofs (regels 38 en 39) dat de mestnorm niet gewijzigd moet worden? Motiveer je antwoord met een argument dat je aan het artikel ontleent.

No NO

In een dieselmotor wordt dieselolie verbrand. In de cilinders van de motor wordt deze brandstof toegevoegd aan een overmaat lucht. Bij de temperatuur die in de cilinders heerst, verbrandt de dieselolie tot voornamelijk koolstofdioxide en water.
Daarnaast wordt bij deze temperatuur stikstofmonooxide gevormd.
De vorming van stikstofmonooxide in de cilinders van de dieselmotor is een evenwichtsreactie:

$$N_2 + O_2 \rightleftarrows 2\ NO$$

Wanneer het gasmengsel waarin bovenvermeld evenwicht heerst langzaam wordt afgekoeld, neemt de hoeveelheid NO af.

3p **16** ☐ Leg uit aan de hand van een gegeven uit Binas-tabel 57A dat de hoeveelheid NO afneemt wanneer dit gasmengsel wordt afgekoeld. Vermeld in je uitleg de getalwaarde van dit gegeven. Ga ervan uit dat dit gegeven ook geldt onder de omstandigheden die in de dieselmotor heersen.

De temperatuur van het gasmengsel dat uit de uitlaat van een dieselmotor komt, is veel lager dan de temperatuur die in de cilinders heerst. Het gasmengsel dat de cilinders verlaat, wordt dus in korte tijd sterk afgekoeld. Tijdens deze snelle afkoeling neemt de hoeveelheid NO in het gasmengsel niet merkbaar af. Uit de uitlaat komt dus meer NO dan wanneer het gasmengsel uit de cilinders langzaam zou worden afgekoeld tot de temperatuur die buiten de cilinders heerst. Ook als het gasmengsel dat de cilinders heeft verlaten langere tijd bij deze lagere temperatuur bewaard blijft, verandert de hoeveelheid NO niet meer.

2p **17** ☐ Verklaar waarom ook na langere tijd de hoeveelheid NO in het gasmengsel dat de cilinders heeft verlaten niet meer verandert.

Het NO draagt onder meer bij aan smogvorming en het ontstaan van zure regen. Daarom is aan de uitstoot van NO een maximumgrens gesteld.
De NO uitstoot van dieselmotoren kan worden verminderd door een oplossing van ureum (CH_4ON_2) in het gasmengsel te spuiten dat de cilinders verlaat.
Een katalysator in het uitlaatsysteem zorgt ervoor dat reacties optreden tussen ureum, NO en nog een stof die in het gasmengsel aanwezig is dat vanuit de cilinders in de uitlaat komt.
Deze reacties kunnen worden weergegeven in één reactievergelijking. Als reactieproducten komen in deze reactievergelijking uitsluitend CO_2, N_2 en H_2O voor.
In deze vergelijking komen ureum en NO voor in de molverhouding CH_4ON_2 : NO = 1 : 2.

4p **18** ☐ Geef deze reactievergelijking.

Een dieselmotor van een groot schip zonder voorziening waarmee de NO uitstoot wordt verminderd, produceert 53 kg NO per uur.
Deze scheepsmotor wordt uitgerust met de beschreven voorziening. Per seconde wordt 150 mL ureumoplossing (80 g ureum per L) ingespoten.

5p **19** ☐ Bereken met hoeveel procent de NO uitstoot afneemt. Ga ervan uit dat alle ureum reageert volgens de boven vraag 18 beschreven reactie.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Waterproof papier

Papier bestaat hoofdzakelijk uit cellulose. In cellulosemoleculen komen veel OH groepen voor. Daardoor worden in papier de cellulosemoleculen door middel van waterstofbruggen aan elkaar gebonden. Niet alle OH groepen in de cellulosemoleculen zijn betrokken bij de vorming van waterstofbruggen tussen de cellulosemoleculen. Door de aanwezigheid van vrije OH groepen in de cellulosemoleculen kan papier gemakkelijk water opnemen.
Een bepaalde papiersoort bevat 9,0 massaprocent water.

5p **20** ☐ Bereken het gemiddelde aantal watermoleculen dat in deze papiersoort per OH groep van de cellulosemoleculen gebonden is. Ga er bij de berekening van uit dat watervrij papier volledig uit cellulose bestaat. Cellulose kan worden weergegeven met de formule $(C_6H_{10}O_5)_n$; de schematische structuurformule staat in Binas-tabel 67 A3.

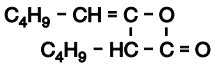
Schrijfpapier moet zo worden gemaakt dat het zo weinig mogelijk water opneemt. Tijdens het fabricageproces van dit soort papier worden daarom stoffen toegevoegd om het papier 'waterproof' te maken. Bij een methode om papier waterproof te maken gebruikt men de stof abieetzuur. Abieetzuur kan worden weergegeven met de schematische structuurformule die op de bijlage is afgedrukt. In deze schematische structuurformule zijn de C atomen van de zesringen niet getekend; de H atomen die aan die C atomen zijn gebonden, zijn weggelaten.

2p **21** ☐ Teken in de structuurformule op de bijlage alle ontbrekende H atomen.

In het vervolg van deze opgave wordt abieetzuur weergegeven met de formule HR.
Bij het waterproofmaken van papier wordt het abieetzuur eerst omgezet tot het matig oplosbare natriumzout van abieetzuur (NaR). De R^- ionen uit dit zout reageren met $Al(H_2O)_6^{3+}$ ionen afkomstig van opgelost aluminiumsulfaat, dat tijdens het fabricageproces van papier wordt toegevoegd. Om abieetzuur om te zetten tot het natriumzout van abieetzuur, laat men het abieetzuur reageren met een oplossing van een stof X.

2p **22** ☐ Geef de naam van een stof X die daarvoor geschikt is.

Bij een andere methode om papier waterproof te maken, gebruikt men de stof met de volgende structuurformule:



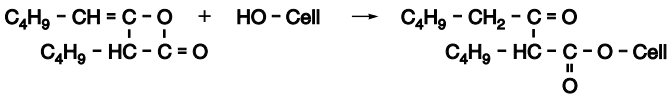
stof A

Stof A wordt gevormd door dimerisatie van butylketeen, $C_4H_9 – CH = C = O$. Bij deze reactie treedt koppeling op van twee moleculen butylketeen. De reactie is op te vatten als een additiereactie, waarbij het C atoom en het O atoom van het ene molecuul zich hechten aan de C atomen van de C = C binding van het andere molecuul. Als de additie op deze manier plaatsvindt, kunnen twee dimeren ontstaan. Eén ervan is stof A. Het andere dimeer is een structuurisomeer van stof A.

2p **23** ☐ Geef de structuurformule van dat andere dimeer van butylketeen. Gebruik de notatie C_4H_9 om de butylgroep weer te geven.

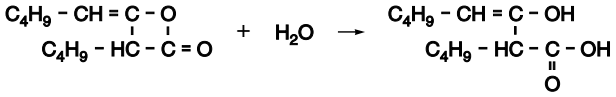
Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Bij het waterproofmaken van papier met behulp van stof A treedt een reactie op tussen moleculen van stof A en de OH groepen van cellulose. Deze reactie kan als volgt in een reactievergelijking worden weergegeven (hierin is het cellulosemolecuul weergegeven met HO - Cell):



Men kan zich voorstellen dat deze reactie in drie stappen verloopt:

- in de eerste stap reageert een molecuul van stof A met een watermolecuul:



- in de tweede stap reageert een cellulosemolecuul met een molecuul van het product van de reactie tussen stof A en water
- in de derde stap treedt in een molecuul van de stof die in de tweede stap is gevormd uitsluitend een inwendige verhuizing op van een H atoom waarbij een molecuul van het reactieproduct wordt gevormd.

3p **24** ☐ Geef de tweede en derde stap in reactievergelijkingen met structuurformules weer. Gebruik de notatie HO - Cell voor een cellulosemolecuul en C_4H_9 voor de butylgroep.

Einde

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Bijlage bij vraag 21

Examen VWO 2003

Tijdvak 1
Dinsdag 20 mei
13.30 – 16.30 uur

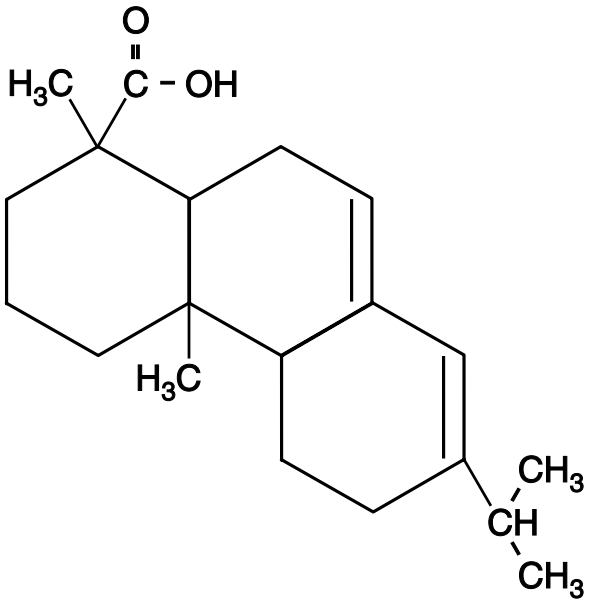
Examennummer

.....

Naam

.....

Vraag 21



Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Scheikunde 1,2 (nieuwe stijl)

Examen VWO

Voorbereidend
Wetenschappelijk
Onderwijs

20 03

Tijdvak 1
Dinsdag 20 mei
13.30 – 16.30 uur

Voor dit examen zijn maximaal 70 punten te behalen; het examen bestaat uit 25 vragen.
Voor elk vraagnummer is aangegeven hoeveel punten met een goed antwoord behaald kunnen worden.
Voor de uitwerking van vraag 10 is een bijlage toegevoegd.

Als bij een vraag een verklaring, uitleg, berekening of afleiding gevraagd wordt, worden aan het antwoord meestal geen punten toegekend als deze verklaring, uitleg, berekening of afleiding ontbreekt.

Geef niet meer antwoorden (redenen, voorbeelden e.d.) dan er worden gevraagd. Als er bijvoorbeeld twee redenen worden gevraagd en je geeft meer dan twee redenen, dan worden alleen de eerste twee in de beoordeling meegeteld.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Waterproof papier

Schrijfpapier moet zo worden gemaakt dat het zo weinig mogelijk water opneemt. Tijdens het fabricageproces van dit soort papier worden daarom stoffen toegevoegd om het papier 'waterproof' te maken. Bij een methode om papier waterproof te maken gebruikt men de stof abieetzuur. Abieetzuur is een éénwaardig, organisch zuur. In het vervolg van deze opgave wordt abieetzuur weergegeven met de formule HR.
Bij het waterproofmaken van papier wordt het abieetzuur eerst omgezet tot het matig oplosbare natriumzout van abieetzuur (NaR). Dit gebeurt door HR te laten reageren met een oplossing van een stof X. Bij deze reactie ontstaat een suspensie van NaR in water.

2p **1** ☐ Geef de naam van een stof X die daarvoor geschikt is.

Tijdens het fabricageproces van papier wordt ook aluminiumsulfaat, $Al_2(SO_4)_3$, toegevoegd. Als aluminiumsulfaat oplost, ontstaan $Al(H_2O)_6^{3+}$ ionen. Deze ionen kunnen zich als zuur gedragen, en reageren met R^- ionen uit het NaR. Deze reactie kan als volgt in een vergelijking worden weergegeven:

$$Al(H_2O)_6^{3+} + R^- \rightarrow AlOH(H_2O)_5^{2+} + HR \qquad \text{(reactie 1)}$$

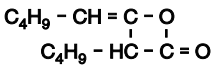
De ontstane $AlOH(H_2O)_5^{2+}$ ionen reageren door met R^- ionen. Hierbij worden twee watermoleculen in het $AlOH(H_2O)_5^{2+}$ ion vervangen door R^- ionen:

$$AlOH(H_2O)_5^{2+} + 2\ R^- \rightarrow AlOHR_2(H_2O)_3 + 2\ H_2O \qquad \text{(reactie 2)}$$

Zowel $AlOHR_2(H_2O)_3$ als HR zijn slecht oplosbaar in water. Deze stoffen hechten zich aan de papiervezels en zorgen ervoor dat het papier waterproof wordt.
Tijdens het fabricageproces van een bepaald soort papier worden de hoeveelheden aluminiumsulfaat en abieetzuur zodanig gekozen dat de molverhouding waarin $Al(H_2O)_6^{3+}$ en R^- worden samengevoegd $Al(H_2O)_6^{3+} : R^- = 1{,}0 : 2{,}8$ is.

3p **2** ☐ Bereken de molverhouding $AlOHR_2(H_2O)_3$: HR waarin deze stoffen zullen ontstaan. Ga ervan uit dat reacties 1 en 2 beide aflopend zijn en dat reactie 1 zoveel sneller verloopt dan reactie 2, dat na afloop van de reacties geen $Al(H_2O)_6^{3+}$ over is.

Bij een andere methode om papier waterproof te maken, gebruikt men de stof met de volgende structuurformule:



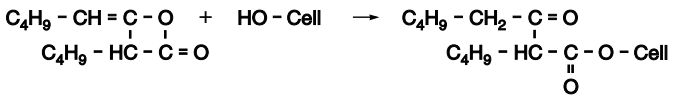
stof A

Stof A wordt gevormd door dimerisatie van butylketeen, $C_4H_9 – CH = C = O$. Bij deze reactie treedt koppeling op van twee moleculen butylketeen. De reactie is op te vatten als een additiereactie, waarbij het C atoom en het O atoom van het ene molecuul zich hechten aan de C atomen van de C = C binding van het andere molecuul. Als de additie op deze manier plaatsvindt, kunnen twee dimeren ontstaan. Eén ervan is stof A. Het andere dimeer is een structuurisomeer van stof A.

2p **3** ☐ Geef de structuurformule van dat andere dimeer van butylketeen. Gebruik de notatie C_4H_9 om de butylgroep weer te geven.

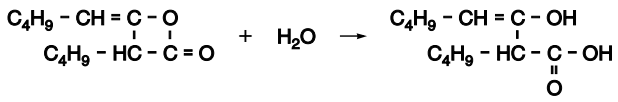
Bij het waterproofmaken van papier met behulp van stof A treedt een reactie op tussen moleculen van stof A en de OH groepen van cellulose. Deze reactie kan als volgt in een reactievergelijking worden weergegeven (hierin is het cellulosemolecuul weergegeven met HO - Cell):

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.



Men kan zich voorstellen dat deze reactie in drie stappen verloopt:

- in de eerste stap reageert een molecuul van stof A met een watermolecuul:

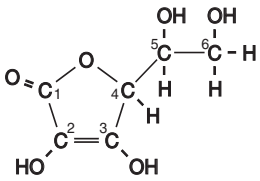


- in de tweede stap reageert een cellulosemolecuul met een molecuul van het product van de reactie tussen stof A en water
- in de derde stap treedt in een molecuul van de stof die in de tweede stap is gevormd uitsluitend een inwendige verhuizing op van een H atoom waarbij een molecuul van het reactieproduct gevormd wordt.

3p **4** ☐ Geef de tweede en derde stap in reactievergelijkingen met structuurformules weer. Gebruik de notatie HO - Cell voor een cellulosemolecuul en C_4H_9 voor de butylgroep.

Bepaling van vitamine C

Vitamine C heeft de molecuulformule $C_6H_8O_6$. De structuurformule is hieronder weergegeven:



Vitamine C is één van de optische isomeren die met deze structuurformule kunnen worden weergegeven.

2p **5** ☐ Geef het nummer van elk asymmetrisch koolstofatoom in bovenstaande structuurformule.

Veel methoden om het gehalte van vitamine C (ascorbinezuur, $C_6H_8O_6$) te bepalen berusten op het feit dat ascorbinezuur in een redoxreactie kan worden omgezet tot dehydroascorbinezuur ($C_6H_6O_6$).
Bij één van die methoden wordt gebruikgemaakt van de reactie van vitamine C met een éénwaardig zwak zuur met de molecuulformule $C_{12}H_7Cl_2NO_2$. Een oplossing van $C_{12}H_7Cl_2NO_2$ is roze gekleurd.
Bij de bedoelde bepaling wordt een vitamine C oplossing getitreerd met een oplossing van het natriumzout van $C_{12}H_7Cl_2NO_2$. In oplossing is dit zout gesplitst in natriumionen en zuurrestionen $C_{12}H_6Cl_2NO_2^-$. Deze oplossing heeft een blauwe kleur. In het vervolg van deze opgave wordt de oplossing van het natriumzout van $C_{12}H_7Cl_2NO_2$ een DCPIP oplossing genoemd.
Omdat de titratie in zuur milieu moet plaatsvinden, wordt voorafgaand aan de titratie aan de vitamine C oplossing in de erlenmeyer een overmaat azijnzuur (HAc) toegevoegd.
Tijdens de titratie van de vitamine C oplossing met de DCPIP oplossing treden na elkaar de volgende twee reacties op:

$$C_{12}H_6Cl_2NO_2^- + HAc \rightarrow C_{12}H_7Cl_2NO_2 + Ac^-$$

en

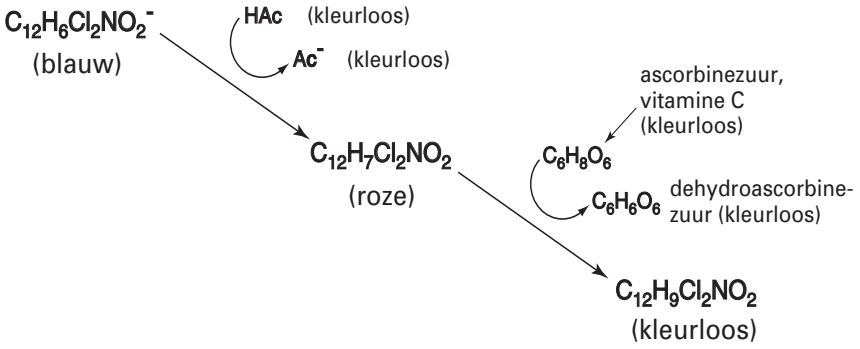
$$C_{12}H_7Cl_2NO_2 + C_6H_8O_6 \rightarrow C_{12}H_9Cl_2NO_2 + C_6H_6O_6$$

Beide reacties zijn snel en aflopend.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Schematisch is één en ander weergegeven in figuur 1. De kleuren die de verschillende deeltjes in oplossing veroorzaken staan tussen haakjes.

figuur 1



3p **6** ☐ Leg uit welke kleurverandering van de oplossing in de erlenmeyer plaatsvindt wanneer bij deze bepaling het eindpunt van de titratie wordt bereikt.

Als praktische opdracht gaat een groepje leerlingen de hoeveelheid vitamine C in appelsap bepalen. Van het onderzochte merk appelsap bestaan twee soorten. Het enige verschil tussen de soorten is de hoeveelheid vitamine C. Aan één van de twee soorten is namelijk extra vitamine C toegevoegd. De leerlingen gaan bepalen hoeveel gram vitamine C er in deze soort appelsap extra aanwezig is.
De DCPIP oplossing waarmee zij gaan titreren moet eerst worden geijkt. Daartoe wordt 125,0 mg vitamine C afgewogen en opgelost tot 500,0 mL.
Van de vitamine C oplossing wordt 10,00 mL gepipetteerd in een erlenmeyer. De oplossing wordt aangezuurd met azijnzuur. Het blijkt dat voor de titratie van 10,00 mL van de vitamine C oplossing, 25,10 mL DCPIP oplossing nodig is.
Hierna worden de twee soorten appelsap onderzocht. Voor 10,00 mL appelsap zonder extra toevoegde vitamine C is 0,30 mL DCPIP oplossing nodig. Voor 10,00 mL appelsap mét extra toegevoegde vitamine C, blijkt 32,10 mL DCPIP oplossing nodig te zijn.

4p **7** ☐ Bereken hoeveel mg vitamine C per 100,0 mL extra aanwezig is in het appelsap waaraan extra vitamine C is toegevoegd.

Magnesiumwinning

Magnesium wordt dikwijls in een continu proces bereid uit zeewater en dolomiet. Dolomiet is een mineraal dat voorkomt in gesteenten. De formule van dolomiet is $CaMg(CO_3)_2$. In dit proces wordt dolomiet bevattend gesteente eerst fijn gemalen en vervolgens verhit. Het dolomiet wordt daarbij omgezet tot een mengsel van calciumoxide en magnesiumoxide. Hierbij ontstaat ook koolstofdioxide.
Het calciumoxide en magnesiumoxide worden afgescheiden van de restanten van het gesteente (afvalgesteente) en met zeewater gemengd. Het calciumoxide wordt daardoor omgezet tot calciumhydroxide en het magnesiumoxide tot magnesiumhydroxide. Zeewater bevat magnesiumionen. Alle magnesiumionen uit het toegevoegde zeewater reageren volgens:

$$Ca(OH)_2 + Mg^{2+} \rightarrow Ca^{2+} + Mg(OH)_2$$

Het ontstane magnesiumhydroxide wordt afgescheiden. Het afvalwater wordt teruggevoerd naar zee. Vervolgens laat men het magnesiumhydroxide reageren met zoutzuur. De oplossing van magnesiumchloride die zo ontstaat, wordt ingedampt. De temperatuur is daarbij zo hoog dat het magnesiumchloride vloeibaar is. Het vloeibare magnesiumchloride wordt in een elektrolyseruimte gebracht.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Hier ontstaat aan de negatieve elektrode vloeibaar magnesium en aan de positieve elektrode chloorgas. Beide producten worden continu uit de elektrolyseruimte afgevoerd.
Indien niet het gesmolten magnesiumchloride wordt gebruikt bij de elektrolyse, maar de magnesiumchloride-oplossing, dan ontstaat bij de elektrolyse aan de negatieve elektrode geen magnesium, maar een andere stof.

3p **8** ☐ Leg uit welke andere stof in dat geval aan de negatieve elektrode ontstaat. Betrek in je uitleg getalwaarden uit Binas.

Het chloorgas laat men met waterstof reageren tot waterstofchloride. Dit wordt gemengd met water dat bij het indampen van de magnesiumchloride-oplossing vrijkomt. Het zoutzuur dat ontstaat wanneer waterstofchloride in water oplost, wordt gebruikt om magnesiumhydroxide om te zetten tot een oplossing van magnesiumchloride.
Om de bovenbeschreven bereiding van magnesium als een continu proces te laten plaatsvinden, moet een gedeelte van het water dat bij het indampen van de magnesiumchloride-oplossing vrijkomt, worden afgevoerd. De oorzaak daarvan is dat bij één van de reacties die tijdens het proces plaatsvinden, water wordt gevormd.

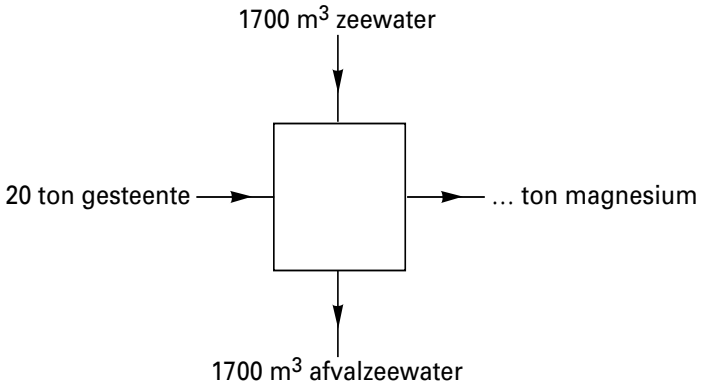
2p **9** ☐ Geef de vergelijking van de reactie waarbij in dit proces water wordt gevormd.

Het beschreven continue proces om magnesium te bereiden uit zeewater en dolomiet kan in een blokschema met zeven blokken worden weergegeven. Een deel van dit blokschema is op de bijlage afgebeeld.

5p **10** ☐ Maak op de bijlage het blokschema af door het plaatsen van de vier ontbrekende blokken en lijnen met pijlen. Zet bij alle zelf getekende lijnen de namen van de bijbehorende stoffen *(chloor, magnesium, magnesiumchloride, water, waterstof, waterstofchloride, zoutzuur).*

Wanneer 20 ton gesteente, met een dolomietgehalte van 84 massaprocent, wordt gebruikt om magnesium te bereiden, is daarvoor 1700 m^3 zeewater nodig. De hoeveelheid afvalzeewater die wordt teruggevoerd naar zee mag gelijk worden gesteld aan 1700 m^3. Het gehele proces kan worden samengevat in het volgende schema:

schema



Mede met behulp van dit schema en een gegeven uit Binas-tabel 43 is te berekenen hoeveel ton magnesium maximaal kan worden geproduceerd uit 20 ton gesteente, met een dolomietgehalte van 84 massaprocent, en 1700 m^3 zeewater.

4p **11** ☐ Geef deze berekening. Gebruik hierbij onder andere de volgende gegevens:
- de massa van een mol dolomiet is 184,4 g;
- een ton is 10^3 kg.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Pyriet

Deze opgave gaat over het artikel 'Pyriet houdt Brinkhorst niet tegen' dat hiernaast is afgedrukt. Lees dit artikel en maak vervolgens de vragen van deze opgave.

Het gebruik van de term ‘buffering’ in de laatste zin van de inleiding suggereert dat het ‘tegenhouden’ van nitraat op een proces berust dat in de chemie met de term bufferwerking wordt aangeduid.

2p **12** ☐ Leg aan de hand van de betrokken stoffen uit dat met het begrip buffer in dit artikel iets anders wordt bedoeld dan wat in de chemie gebruikelijk is.

In de regels 10 en 11, en ook in regel 17, wordt een omzetting van nitraat beschreven. In de vergelijking van de halfreactie van het nitraat bij deze omzetting komen, behalve de in het artikel genoemde deeltjes en elektronen, ook H^+ en H_2O voor.

4p **13** ☐ Geef de vergelijking van deze halfreactie van nitraat.

Voor een praktische opdracht willen een paar leerlingen door middel van een experiment nagaan of de bewering van de heer Roelofs dat bij het binden van sulfide aan ijzer, het ijzer wordt losgeweekt van fosfaat (regels 35-37) op realiteit berust. Ze nemen aan dat Roelofs met ‘ijzer’ Fe^{2+} bedoelt en met pyriet het slecht oplosbare ijzer(II)sulfide.
De leerlingen mengen in een bekerglas vast ijzer(II)fosfaat met een natriumsulfide-oplossing en laten het geheel enige tijd staan. Daarna moeten ze met het ontstane mengsel een vervolgonderzoek doen.

1p **14** ☐ Formuleer een onderzoeksvraag die de leerlingen voor dit vervolgonderzoek moeten stellen.

3p **15** ☐ Beschrijf de werkwijze van het vervolgonderzoek. Geef hierin onder meer de naam (namen) van de te gebruiken stof(fen) of oplossing(en).

2p **16** ☐ Ben je het eens met het standpunt van de heer Roelofs (regels 38 en 39) dat de mestnorm niet gewijzigd moet worden? Motiveer je antwoord met een argument dat je aan het artikel ontleent.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Pyriet houdt Brinkhorst niet tegen

Nitraat uit mest lekt op veel plaatsen niet naar het diepe grondwater, terwijl dat wél wordt gevreesd. Pyrietlagen houden het nitraat tegen. Maar voor hoe lang? En belanden we door deze buffering niet van de regen in de drup?

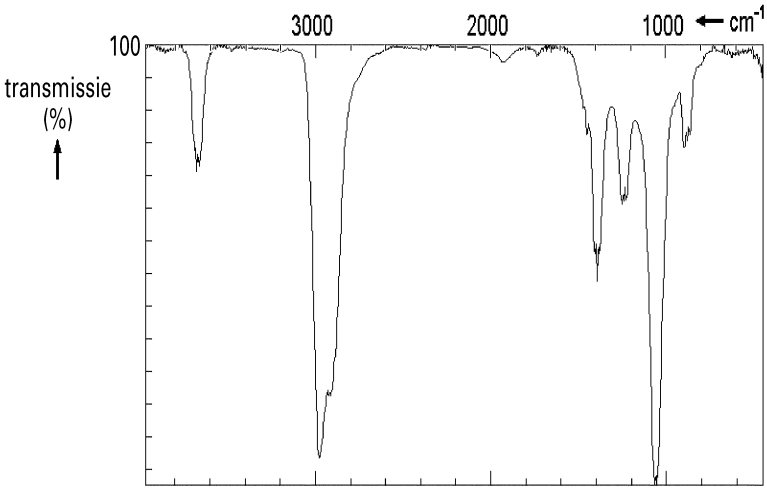
Mest zit vol nitraat en dat spoelt vooral in zandgronden uit naar het grondwater. Uit het diepere grondwater wordt op veel plaatsen drinkwater gemaakt. Volgens de Europese Commissie mag het grondwater niet meer dan vijftig milligram nitraat per liter bevatten.
„De nitraatnorm is gebaseerd op een verouderd wetenschappelijk inzicht, en geen goede stok om de boeren te slaan", zegt milieu-adviseur Harry Boukes, die voor een aantal waterleidingbedrijven onderzoek verrichtte naar nitraat in het grondwater.
Volgens de milieu-adviseur wordt nitraat namelijk op zijn tocht door de bodem in veel gevallen omgezet in onschuldig stikstofgas. Organische stoffen, veelvuldig aanwezig in bijvoorbeeld veen, bufferen op deze manier de overdosis mest.
En er bestaat nog een tweede verdedigingslinie voor het diepe grondwater. „Op veel plekken in Nederland waar geen veen en klei is, bevinden zich metersdikke zones met pyriet, die eveneens in staat zijn een bufferend effect te bewerkstelligen. Er is geen nitraatprobleem", meent de milieu-adviseur.
Pyriet - ofwel ijzerdisulfide - zet in een chemische reactie nitraat om in stikstofgas, waarbij sulfaat en ijzerionen ontstaan.
Het bufferende vermogen van pyriet is evident, bevestigt dr. Jasper Griffioen, onderzoeker bij TNO in Delft. „De nitraatomzetting door pyriet verloopt snel, zodat er sprake is van een substantieel proces. Pyriet kan op verschillende plaatsen in het land, vooral in Brabant, wel 150 jaar nitraat uit het grondwater weghouden", aldus Griffioen.
„Daarna zit je in de problemen", zegt Griffioen. „De pyrietlagen zijn eindig, dus je slurpt de buffer als een stofzuiger op. Daar komt bij dat pyriet niet uit puur ijzerdisulfide bestaat. Sporenelementen als arseen, nikkel, zink en cadmium komen samen met ijzer in oplossing." Drinkwaterbedrijven weren deze schadelijke metalen liever uit het drinkwater.
Pyriet lijkt weliswaar het nitraat-probleem te relativeren, maar daarmee belanden we van de regen in de drup, zeggen bodemdeskundigen. Behalve dat het nitraatprobleem wordt ingeruild voor zware metalen die aan de wandel gaan, is ook het gevormde sulfaat geen lekkere stof. Niet alleen doordat het een ongewenste smaak geeft aan drinkwater. „Sulfaat is desastreus voor de wetlands", zegt dr. Jan Roelofs. In beekdalen, laagveen en in moerassen ziet de ecoloog vegetatie wegkwijnen door een flinke toename van de sulfaatconcentratie.
„In bijvoorbeeld laagveen wordt sulfaat omgezet in sulfide, wat uiterst giftig is voor de plantenwortels. Voor een deel wordt dat sulfide weliswaar weer gebonden aan ijzer - inderdaad, dan ontstaat weer pyriet - maar dat ijzer wordt daarvoor losgeweekt van fosfaat." En eenmaal in oplossing leidt dat fosfaat weer tot de verstikkende groene soep, die eutrofiëring wordt genoemd. „Geen medelijden met de boeren en onverkort vasthouden aan de nitraatnorm", zo luidt aldus Roelofs' devies.
„Op tal van plaatsen wordt het bufferende vermogen van de bodem door ons onderzocht", zegt ir. Leo Joosten, milieumanager bij de vereniging van waterbedrijven. Op een paar plekken, zoals in het door Boukes onderzochte Oost-Brabantse wingebied bij Vierlingsbeek vindt inderdaad een opmerkelijke afbraak van nitraat plaats. Je kunt dat echter niet zomaar doortrekken naar de rest van Nederland, aldus Joosten. „In Montferland en in Noord-Limburg is de bufferende laag finaal opgesoupeerd, en vinden we nitraat tot boven de norm op grote diepte in het grondwater."
Op een tiental plaatsen elders in Nederland heeft Joosten aanwijzingen dat binnen tien jaar de bufferlaag is weggevreten. „Elders duurt het misschien vijftig jaar. Het hangt af van de dikte van de laag."
De kans dat het ministerie van Landbouw de nitraatnorm op de helling zet, is gering. De huidige minister van Landbouw, Brinkhorst (D66), heeft zich destijds ingespannen om de EU-norm ingevoerd te krijgen, en daar komt hij liever niet op terug.

naar: de Volkskrant 30 oktober 1999

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

In Nederland zijn twee soorten meetinstrumenten in gebruik om het alcoholgehalte in de adem te meten. De ene soort, de Datamaster II, maakt uitsluitend gebruik van infraroodspectroscopie.
Het infraroodspectrum van alcohol in de gasfase is afgebeeld in figuur 2.

figuur 2



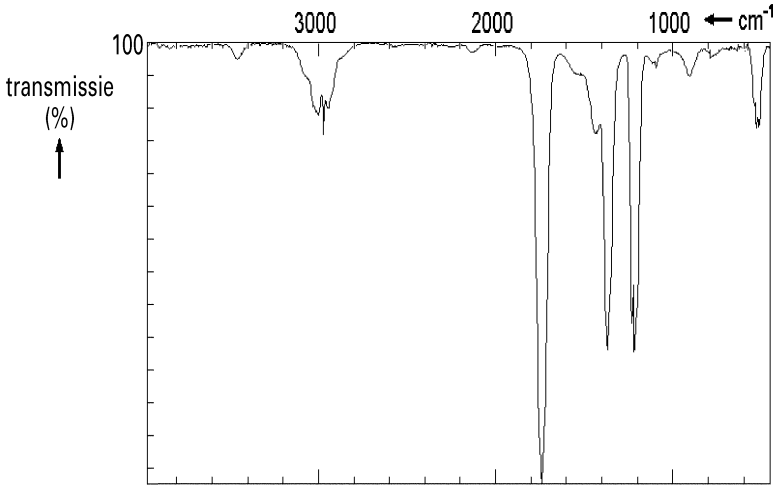
Infraroodspectrum van zuivere alcohol in de gasfase

In Binas staan gegevens over infraroodspectroscopie. Voor alcoholen in de vloeibare fase staat daar vermeld dat de O – H strekvibratie een absorptiegebied heeft dat loopt van 3200 cm^{-1} tot 3525 cm^{-1}. In het afgebeelde spectrum in figuur 2 loopt het absorptiegebied van de O – H strekvibratie van ongeveer 3600 cm^{-1} tot ongeveer 3750 cm^{-1}.

2p **17** ☐ Geef mede aan de hand van een gegeven uit Binas-tabel 38 A1 aan waarom het absorptiegebied van de O – H strekvibratie in het infraroodspectrum van alcohol in de gasfase afwijkt van het absorptiegebied van de O – H strekvibratie in het infraroodspectrum van alcohol in de vloeistoffase.

Om van verkeersdeelnemers het ademalcoholgehalte te bepalen, gebruikt de Datamaster II het absorptiegebied tussen 2900 cm^{-1} en 3000 cm^{-1}. Bij twee golflengten in dit gebied wordt de transmissie gemeten. Vervolgens wordt met deze transmissiewaarden twee keer het ademalcoholgehalte berekend. Als de twee berekende gehalten aan elkaar gelijk zijn, is het ademalcoholgehalte van de verkeersdeelnemer daarmee vastgesteld.
Sommige stoffen storen deze bepaling, bijvoorbeeld aceton. Mensen met suikerziekte hebben soms aceton in hun uitgeademde lucht. Het infraroodspectrum van aceton in de gasfase is afgebeeld in figuur 3.

figuur 3



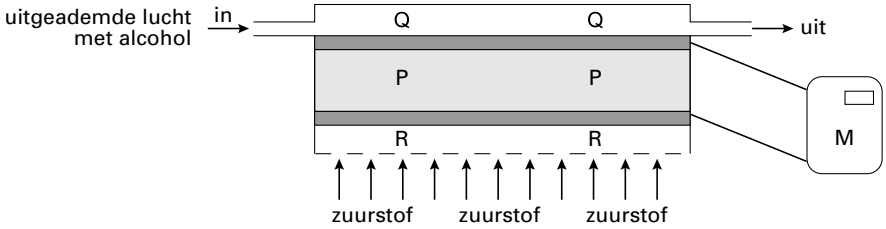
Infraroodspectrum van zuivere aceton in de gasfase

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

2p **18** ☐ Leg aan de hand van de figuren 2 en 3 uit waarom voor mensen met onder andere ook aceton in hun uitgeademde lucht het alcoholgehalte door de Datamaster II niet kan worden berekend.

Het andere soort meetinstrument dat in Nederland wordt gebruikt, is de Alcotest 7110. In dit instrument wordt het ademalcoholgehalte eveneens twee keer berekend. Een keer aan de hand van een meting met behulp van infraroodspectroscopie en een keer aan de hand van een meting met behulp van een ingebouwde elektrochemische cel. Nadat in de Alcotest 7110 de uitgeademde lucht door de infraroodspectrometer is gegaan, wordt 1,0 mL van diezelfde uitgeademde lucht in de elektrochemische cel gepompt. Als het ademalcoholgehalte via beide methoden dezelfde uitkomst geeft dan zijn geen storende stoffen aanwezig en is het alcoholgehalte van de uitgeademde lucht correct vastgesteld. De elektrochemische cel is schematisch in figuur 4 afgebeeld.

figuur 4



De poreuze plaat P bevat een aangezuurde oplossing van een elektrolyt. Aan beide kanten van de poreuze plaat is fijn verdeeld platinapoeder aangebracht. Dit poeder zorgt voor elektrische geleiding, het werkt als katalysator en het laat H^+ ionen door. De uitgeademde lucht wordt aan één kant langs de poreuze plaat geleid (Q in figuur 4). De aanwezige alcohol wordt hier volledig omgezet volgens onderstaande halfreactie:

$$C_2H_5OH + 3\ H_2O \rightarrow 2\ CO_2 + 12\ H^+ + 12\ e^-$$

Aan de andere kant van de poreuze plaat (R in figuur 4) reageert zuurstof.
De oppervlakken Q en R zijn geleidend met elkaar verbonden zodat er een elektrische stroom loopt tijdens de alcoholbepaling. Deze stroom wordt in meetkastje M gemeten.

2p **19** ☐ Geef de vergelijking van de andere halfreactie en leid de vergelijking van de totale reactie af.

2p **20** ☐ Leg uit of de elektronen via het meetkastje M van Q naar R stromen of van R naar Q.

Gedurende de korte tijd dat er tijdens de alcoholbepaling een stroom loopt, wordt het aantal doorgestroomde coulombs bepaald. Hieruit wordt het alcoholgehalte berekend. Dat wordt op het display van meetkastje M weergegeven.
In Nederland is men strafbaar als men aan het verkeer deelneemt met meer dan 220 µg alcohol in een liter uitgeademde lucht. Bij de controle van een verkeersdeelnemer werd 1,0 mL van de uitgeademde lucht door de elektrochemische cel geleid. De hoeveelheid doorgestroomde elektrische lading is $9{,}9 \cdot 10^{-3}$ C.

3p **21** ☐ Ga door middel van een berekening van het alcoholgehalte in de uitgeademde lucht na of de verkeersdeelnemer de wet heeft overtreden. Maak bij de berekening onder andere gebruik van het gegeven dat de lading van één mol elektronen gelijk is aan $9{,}6 \cdot 10^4$ C. Neem aan dat de berekening op basis van de meting met infraroodspectroscopie dezelfde uitkomst heeft gegeven als de meting met behulp van de elektrochemische cel.

Let op: de laatste opgave van dit examen staat op de volgende pagina.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

In een dieselmotor wordt dieselolie verbrand. In de cilinders van de motor wordt deze brandstof toegevoegd aan een overmaat lucht. Bij de temperatuur die in de cilinders heerst, verbrandt de dieselolie tot voornamelijk koolstofdioxide en water.
Daarnaast wordt bij deze temperatuur stikstofmonooxide gevormd.
De vorming van stikstofmonooxide in de cilinders van de dieselmotor is een evenwichtsreactie:

$$N_2 + O_2 \leftrightarrows 2\ NO$$

Wanneer het gasmengsel waarin bovenvermeld evenwicht heerst langzaam wordt afgekoeld, neemt de hoeveelheid NO af.

3p **22** ☐ Leg uit aan de hand van een gegeven uit Binas-tabel 57A dat de hoeveelheid NO afneemt wanneer dit gasmengsel wordt afgekoeld. Vermeld in je uitleg de getalwaarde van dit gegeven. Ga er van uit dat dit gegeven ook geldt onder de omstandigheden die in de dieselmotor heersen.

De temperatuur van het gasmengsel dat uit de uitlaat van een dieselmotor komt, is veel lager dan de temperatuur die in de cilinders heerst. Het gasmengsel dat de cilinders verlaat, wordt dus in korte tijd sterk afgekoeld. Tijdens deze snelle afkoeling neemt de hoeveelheid NO in het gasmengsel niet merkbaar af. Uit de uitlaat komt dus meer NO dan wanneer het gasmengsel uit de cilinders langzaam zou worden afgekoeld tot de temperatuur die buiten de cilinders heerst. Ook als het gasmengsel dat de cilinders heeft verlaten langere tijd bij deze lagere temperatuur bewaard blijft, verandert de hoeveelheid NO niet meer.

2p **23** ☐ Verklaar waarom ook na langere tijd de hoeveelheid NO in het gasmengsel dat de cilinders heeft verlaten niet meer verandert.

Het NO draagt onder meer bij aan smogvorming en het ontstaan van zure regen. Daarom is aan de uitstoot van NO een maximumgrens gesteld.
De NO uitstoot van dieselmotoren kan worden verminderd door een oplossing van ureum (CH_4ON_2) in het gasmengsel te spuiten dat de cilinders verlaat.
Een katalysator in het uitlaatsysteem zorgt ervoor dat reacties optreden tussen ureum, NO en nog een stof die in het gasmengsel aanwezig is dat vanuit de cilinders in de uitlaat komt.
Deze reacties kunnen worden weergegeven in één reactievergelijking. Als reactieproducten komen in deze reactievergelijking uitsluitend CO_2, N_2 en H_2O voor.
In deze vergelijking komen ureum en NO voor in de molverhouding CH_4ON_2 : NO = 1 : 2.

4p **24** ☐ Geef deze reactievergelijking.

Een dieselmotor van een groot schip zonder voorziening waarmee de NO uitstoot wordt verminderd, produceert 53 kg NO per uur.
Deze scheepsmotor wordt uitgerust met de beschreven voorziening. Per seconde wordt 150 mL ureumoplossing (80 g ureum per L) ingespoten.

5p **25** ☐ Bereken met hoeveel procent de NO uitstoot afneemt. Ga ervan uit dat alle ureum reageert volgens de boven vraag 24 beschreven reactie.

Einde

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Bijlage bij vraag 10

Examen VWO 2003

Tijdvak 1
Dinsdag 20 mei
13.30 – 16.30 uur

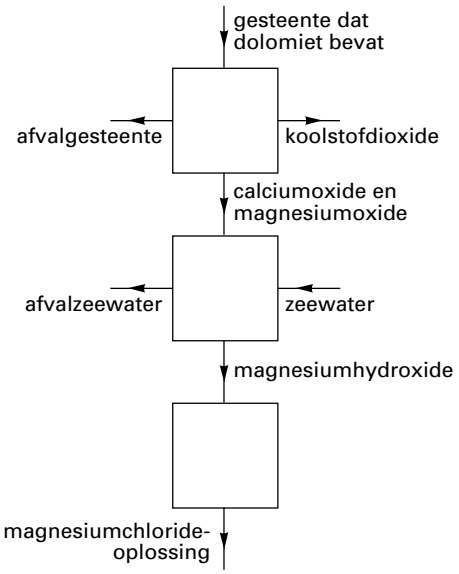
Examennummer

.....

Naam

.....

Vraag 10



Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Scheikunde 1 (nieuwe stijl)

Examen VWO

Voorbereidend
Wetenschappelijk
Onderwijs

20 03

Tijdvak 2
Woensdag 18 juni
13.30 – 16.30 uur

Voor dit examen zijn maximaal 68 punten te behalen; het examen bestaat uit 26 vragen.
Voor elk vraagnummer is aangegeven hoeveel punten met een goed antwoord behaald kunnen worden.
Bij dit examen hoort een informatieblad.
Voor de uitwerking van vraag 1 is een bijlage toegevoegd.

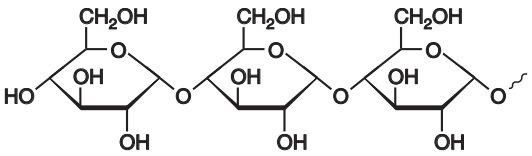
Als bij een vraag een verklaring, uitleg, berekening of afleiding vereist is, worden aan het antwoord meestal geen punten toegekend als deze verklaring, uitleg, berekening, of afleiding ontbreekt.

Geef niet meer antwoorden (redenen, voorbeelden e.d.) dan er worden gevraagd. Als er bijvoorbeeld twee redenen worden gevraagd en je geeft meer dan twee redenen, dan worden alleen de eerste twee in de beoordeling meegeteld.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Etheen

Tijdens het rijpen van vruchten krijgen ze een zoetere smaak. Dat komt onder andere doordat amylose (zetmeel) door hydrolyse wordt omgezet tot glucose.
Hieronder is een fragment van een amylosemolecuul in structuurformule weergegeven:

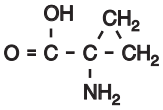


amylose

Op de bijlage bij dit examen is dit fragment nogmaals weergegeven als onderdeel van een niet-afgemaakte vergelijking van de gedeeltelijke hydrolyse van amylose.

3p **1** ☐ Maak op de bijlage, uitgaande van het weergegeven fragment, de reactievergelijking af van de gedeeltelijke hydrolyse van amylose, waarbij van het bovenstaande fragment twee glucosemoleculen worden afgesplitst.

Het rijpen van vruchten vindt plaats onder invloed van het gas etheen, C_2H_4. Etheen wordt in de vrucht in een stapsgewijs proces gevormd. Een van de tussenproducten daarbij is stof A:



stof A

4p **2** ☐ Geef de systematische naam van stof A.

Het rijpingsproces van vruchten kan worden versneld door in de opslagruimte van de vruchten etheen te brengen. In sommige bedrijven wordt dit etheen geproduceerd door ethanol over een verhitte katalysator te leiden. De volgende reactie treedt daarbij op:

$$C_2H_5OH \rightarrow C_2H_4 + H_2O$$

3p **3** ☐ Bereken hoeveel gram ethanol moet worden omgezet om in een ruimte van 1000 m^3 een etheenconcentratie van 1,0 volume-ppm te krijgen. Ga er bij je berekening van uit dat in de opslagruimte aanvankelijk geen etheen aanwezig was en dat $V_m = 23\ dm^3\ mol^{-1}$.

In veel gevallen mogen vruchten niet te snel rijp worden. Zo worden vruchten tijdens een lange zeereis op cruiseschepen bewaard samen met zakjes waarin zich een poedervormige vaste stof bevindt die met etheen reageert. De reactie van etheen met die vaste stof is een redoxreactie. Bij deze reactie ontstaat onder andere CO_2. De vergelijking van de halfreactie van etheen is hieronder gedeeltelijk weergegeven:

$$C_2H_4 \rightarrow CO_2$$

In de vergelijking van deze halfreactie komen behalve C_2H_4 en CO_2 ook e^-, H_2O en H^+ voor.

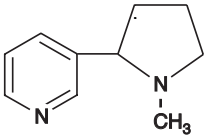
3p **4** ☐ Geef de volledige vergelijking van deze halfreactie van etheen.

2p **5** ☐ Leg uit of de vaste stof waar etheen mee reageert een oxidator of een reductor is.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Nicotine

In tabaksbladeren en ook in sigarettenrook komt de stof nicotine voor. Deze stof werkt sterk verslavend. Hieronder is de structuurformule van nicotine schematisch afgebeeld:



Bij een inhalerende roker komt nicotine via de longen in het bloed terecht. Nicotine is een zwakke base. In het bloed stelt zich het volgende evenwicht in:

$$Nic + H_2O \rightleftarrows NicH^+ + OH^-$$

Hierin stelt Nic het nicotinemolecuul voor en $NicH^+$ het geconjugeerde zuur van nicotine. In het bloed van een roker is ongeveer evenveel Nic als $NicH^+$ aanwezig.

4p **6** ☐ Bereken de verhouding [Nic] : [$NicH^+$] in bloed met een pH = 7,40. Onder de omstandigheden die in bloed heersen, geldt dat $pK_w = 13{,}50$ ($K_w = 3{,}2 \cdot 10^{-14}$) en dat de pK_b van nicotine gelijk is aan 5,96.

Het bloed transporteert de nicotine vervolgens naar de hersenen, waar het in het vetweefsel wordt opgeslagen. Wanneer de nicotine uit de hersenen verdwijnt, krijgt de roker zin om opnieuw een sigaret op te steken.

2p **7** ☐ Leg uit in welke vorm de nicotine in het vetweefsel van de hersenen zal voorkomen: in de vorm van Nic of in de vorm van $NicH^+$.

Het nicotinegehalte van tabak kan worden bepaald met behulp van de volgende methode. Uit een hoeveelheid fijngemaakte tabak wordt alle nicotine opgelost. Door middel van filtratie worden de restanten van de tabak verwijderd. Aan het filtraat wordt vervolgens een overmaat pikrinezuuroplossing toegevoegd. Hierbij treedt een reactie op tussen nicotine en pikrinezuur, waarbij een onoplosbare stof wordt gevormd. De vaste stof wordt afgefiltreerd en de massa van het residu wordt bepaald.
Met behulp van de volgende formule kan het aantal mg nicotine dat zich in de tabak bevond, worden uitgerekend:

aantal mg nicotine = f × aantal mg residu

Hierin is f een omrekeningsfactor.
Bij de reactie tussen nicotine en pikrinezuur ontstaat per mol nicotine één mol van de onoplosbare stof; er ontstaan geen andere reactieproducten. De molecuulmassa van nicotine is 162,2 u en de molecuulmassa van pikrinezuur is 229,1 u.
Met behulp van deze gegevens en de molverhouding waarin nicotine en pikrinezuur met elkaar reageren, is berekend dat f de waarde 0,2614 heeft.

3p **8** ☐ Bereken met behulp van bovenstaande gegevens hoeveel mol pikrinezuur reageert met één mol nicotine.

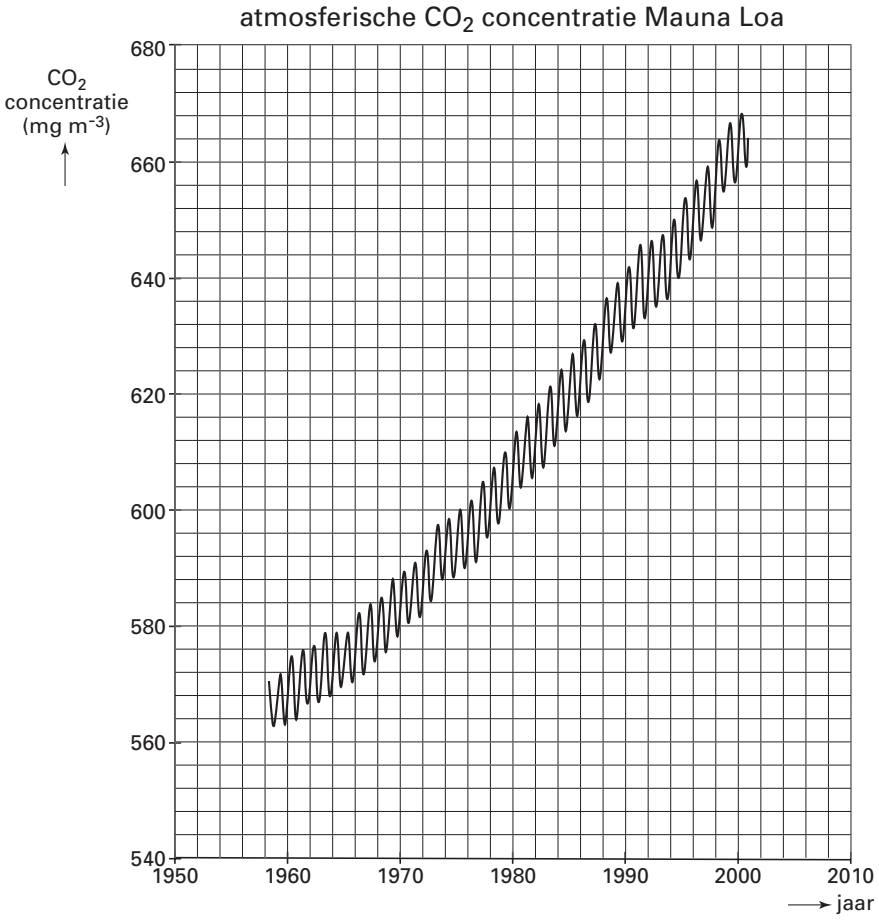
Bij zo'n nicotinebepaling werd 5,14 g tabak afgewogen. De massa van het residu was 390 mg.

2p **9** ☐ Bereken het massapercentage nicotine in de onderzochte tabak.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Koolstofdioxide draagt bij tot een versterkt broeikaseffect.
De hoeveelheid koolstofdioxide in de atmosfeer neemt langzaam maar zeker toe.
Op de observatiepost van Mauna Loa (Hawaii) wordt al vanaf 1958 ieder uur van de dag de concentratie koolstofdioxide in de atmosfeer gemeten. De resultaten van die metingen zijn (in mg m^{-3}, omgerekend naar $p = p_0$ en 298 K) verwerkt in figuur 1. De maxima en minima in de zigzaglijn ontstaan door de seizoenen. In het voorjaar is de invloed van de fotosynthese op de hoeveelheid koolstofdioxide in de atmosfeer anders dan in het najaar.

figuur 1



3p **10** ☐ Bereken met hoeveel procent de koolstofdioxideconcentratie in de atmosfeer op Hawaii is toegenomen in de periode van 1980 tot 2000.

3p **11** ☐ Geef de reactievergelijking van de fotosynthese.

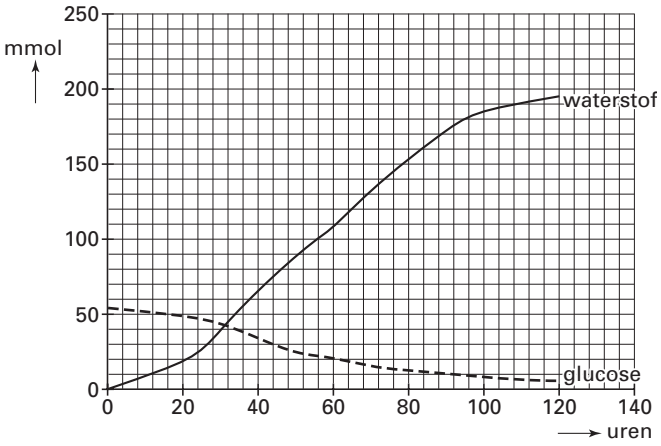
2p **12** ☐ Leg aan de hand van deze reactievergelijking uit of een maximum in de zigzaglijn bij een grotere invloed of bij een kleinere invloed van de fotosynthese op de hoeveelheid koolstofdioxide in de atmosfeer boven Mauna Loa hoort.

De toename van de hoeveelheid koolstofdioxide door de jaren heen wordt voor een groot deel veroorzaakt door de verbranding van fossiele brandstoffen (steenkool, aardolie, aardgas) om energie op te wekken. Bij de verbranding van waterstof ontstaat geen koolstofdioxide. Daarom is waterstof een aantrekkelijk alternatief om als brandstof gebruikt te worden, vooral wanneer die waterstof uit biomateriaal is ontstaan. Daarom onderzoekt men de productie van waterstof uit biomateriaal. Bij dit onderzoek wordt als biomateriaal een oplossing van glucose ($C_6H_{12}O_6$) gebruikt. Daarbij worden twee reactoren gebruikt. In reactor 1 worden glucose en water omgezet tot azijnzuur (CH_3COOH), koolstofdioxide en waterstofgas. Deze reactie verloopt onder invloed van speciaal geselecteerde bacteriën.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

De hoeveelheid glucose die wordt omgezet in reactor 1 en de hoeveelheid waterstof die daarbij ontstaat, zijn nauwkeurig gemeten. De resultaten staan in figuur 2. Het blijkt dat de molverhouding tussen de omgezette glucose en de gevormde waterstof uiteindelijk 1 : 4 is.

figuur 2



2p **13** ☐ Leid uit figuur 2 af dat de molverhouding tussen de omgezette glucose en de gevormde waterstof uiteindelijk 1 : 4 is.

Ook de molverhouding waarin de gassen koolstofdioxide en waterstof in reactor 1 ontstaan, is een belangrijk gegeven. Bij een bepaling van deze molverhouding blijkt dat in het gasmengsel het aantal mol waterstofgas twee keer zo groot is als het aantal mol koolstofdioxide.

3p **14** ☐ Beschrijf globaal de werkwijze van een bepaling van de molverhouding tussen koolstofdioxide en waterstof in het gasmengsel dat uit reactor 1 komt.
Geef in de beschrijving onder meer de naam (namen) van de eventueel gebruikte stof(fen) of oplossing(en).

3p **15** ☐ Leid met behulp van de gegeven molverhoudingen de reactievergelijking af voor de omzetting van glucose en water tot azijnzuur, koolstofdioxide en waterstof. Gebruik in je reactievergelijking molecuulformules.

De inhoud van reactor 1 wordt in een tweede reactor geleid, terwijl de bacteriën in reactor 1 achterblijven. In deze tweede reactor, die de fotoreactor wordt genoemd, zetten andere bacteriën, onder invloed van licht, azijnzuur samen met water om tot koolstofdioxide en waterstof.
Van de gevormde hoeveelheid koolstofdioxide blijft in de fotoreactor ruim 60% in oplossing. In reactor 1 blijft van de gevormde hoeveelheid koolstofdioxide slechts een verwaarloosbare hoeveelheid in oplossing. Dit grote verschil in oplosbaarheid wordt onder andere veroorzaakt doordat de druk in reactor 1 anders is dan de druk in de fotoreactor. Met behulp van het verdelingsevenwicht tussen opgelost koolstofdioxide, $CO_2(aq)$, en gasvormig koolstofdioxide, $CO_2(g)$, kan men het verschil in oplosbaarheid van koolstofdioxide verklaren. Dit evenwicht kan als volgt worden weergegeven:

$$CO_2(aq) \leftrightarrows CO_2(g)$$

De evenwichtsvoorwaarde voor dit evenwicht luidt: $\dfrac{p_{CO_2}}{[CO_2(aq)]} = K$.

Hierin is p_{CO_2} de partiële druk van koolstofdioxide.

3p **16** ☐ Leg mede aan de hand van de evenwichtsvoorwaarde uit of, bij dezelfde temperatuur, de partiële druk van CO_2 in reactor 1 groter of kleiner moet zijn dan de partiële druk van CO_2 in de fotoreactor.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

De gasmengsels die uit reactor 1 en uit de fotoreactor komen, worden samengevoegd en gebruikt voor de opwekking van elektrische stroom in een brandstofcel.

4p **17** ☐ Maak een schets van zo'n brandstofcel. Benoem de onderdelen van de cel. Geef in je tekening ook aan van welk(e) materia(a)l(en) de elektroden zijn gemaakt en wat tijdens de stroomlevering de positieve en de negatieve elektrode is.

2p **18** ☐ Geef de vergelijkingen van de halfreacties die plaatsvinden aan de positieve en negatieve elektrode. Noteer je antwoord als volgt:
aan de positieve elektrode: …
aan de negatieve elektrode: …

Het is de bedoeling om in de toekomst, na de onderzoeksfase, elektrische stroom op te wekken met behulp van waterstof dat geproduceerd is uit snel groeiende planten (bijvoorbeeld olifantsgras). Dat zal een gunstig effect hebben op het broeikaseffect. Zelfs als alle koolstofdioxide die bij deze productie van waterstof ontstaat, in de atmosfeer terecht zou komen, is deze methode een enorme verbetering ten opzichte van het opwekken van elektrische stroom met fossiele brandstoffen.

2p **19** ☐ Leg dit uit.

Linezolide

Aan de Universiteit van Nijmegen is een nieuwe methode ontwikkeld om in korte tijd nieuwe stoffen te bereiden die mogelijk als antibioticum kunnen worden gebruikt. De onderzoekers hebben hierover gepubliceerd in het artikel "Race tegen resistentie". De tekst op het informatieblad dat bij dit examen hoort, bevat delen uit dit artikel. Lees deze tekst en beantwoord vervolgens onderstaande vragen.

De vaste drager bestaat uit een polymeer waaraan de SO_2Cl groepen zijn gebonden. Uit een gegeven dat in figuur 2 van het informatieblad is vermeld, is op te maken welk polymeer dit is.

3p **20** ☐ Geef de structuurformule van een fragment uit het midden van een molecuul van dit polymeer (zonder SO_2Cl groepen). Dit fragment moet uit drie monomeereenheden bestaan.

In de eerste stap (zie figuur 2 van het informatieblad) reageert de primaire OH groep van het dialcohol met de SO_2Cl groep. In een nevenreactie kan de secundaire OH groep van een molecuul dialcohol in plaats van de primaire OH groep met een SO_2Cl groep reageren. In de tweede stap van de nevenreactie wordt een molecuul van het isocyanaat aan de primaire OH groep gekoppeld op dezelfde manier als aan de secundaire OH groep (zie figuur 2 van het informatieblad). Er ontstaat in dat geval ook een product met een zogenoemde lineaire structuur die geschikt is om ringsluiting en afsplitsing te ondergaan. De vorming van dit ongewenste bijproduct wordt zoveel mogelijk voorkomen door een geschikte keuze van oplosmiddel en base.

3p **21** ☐ Geef de structuurformule van het ongewenste bedoelde lineaire product dat na de koppeling van het isocyanaat in stap 2 wordt verkregen. Begin de structuurformule met - SO_2 -, teken in de structuurformule alle koolstofatomen en waterstofatomen, geef de eerste zijgroep aan met Z_1 en de tweede zijgroep met Z_2.

Een Linezolidemolecuul heeft een asymmetrisch koolstofatoom. Er bestaat dus een optische isomeer van Linezolide.
Het is gebleken dat Linezolide bacteriedodende werking bezit. De optische isomeer van Linezolide heeft geen bacteriedodende werking. Uitgaande van een gegeven uit het artikel, dat de bacteriedodende werking van Linezolide verklaart, probeert een leerling een hypothese op te stellen waarmee hij verklaart hoe het komt dat de ene optische isomeer bacteriedodende werking bezit en de andere optische isomeer niet.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

1p **22** ☐ Geef het gegeven in het artikel dat de bacteriedodende werking van Linezolide verklaart.

2p **23** ☐ Formuleer, uitgaande van dat gegeven, een hypothese waarmee verklaard kan worden dat de ene optische isomeer bacteriedodende werking bezit en de andere optische isomeer niet.

Bij de synthese van verbindingen met een asymmetrisch koolstofatoom ontstaan vaak mengsels van optische isomeren. Bij de in het artikel beschreven bereiding van Linezolide ontstaat echter slechts één optische isomeer. Dit heeft men bereikt door een juiste keuze van één van de beginstoffen.

1p **24** ☐ Welke beginstof wordt hier bedoeld?

2p **25** ☐ Leg uit hoe men door een juiste keuze van deze beginstof heeft bereikt dat één optische isomeer ontstaat.

Volgens het artikel verlopen reacties aan de vaste drager vaak langzamer dan reacties in oplossing. Met behulp van een oplosbaar sulfonylchloride kan worden onderzocht of in dit geval de reactie aan de vaste drager eveneens langzamer verloopt dan in oplossing.

3p **26** ☐ Beschrijf hoe je zo'n onderzoek zou moeten uitvoeren.

Einde

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Scheikunde 1 (nieuwe stijl)

Examen VWO

Voorbereidend
Wetenschappelijk
Onderwijs

20**03**

Tijdvak 2
Woensdag 18 juni
13.30 – 16.30 uur

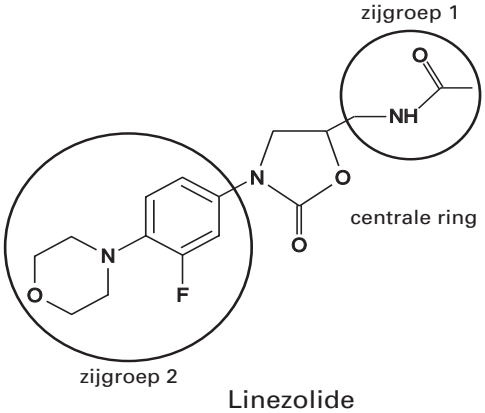
Informatieblad

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Race tegen resistentie

Sommige ziekteverwekkende bacteriën worden ongevoelig voor veel gebruikte antibiotica.
Om deze zorgelijke ontwikkeling te keren, komt binnenkort het nieuwe antibioticum Linezolide (zie figuur 1) op de markt. Het is, zo verwacht men, een succesvol wapen tegen de zogenoemde ziekenhuisbacterie, MRSA, omdat het de bacteriën op een andere plaats treft dan de oude antibiotica. Linezolide blokkeert in een zeer vroeg stadium de eiwitproductie in de bacteriecel.

figuur 1



Linezolide

Linezolide behoort tot een klasse van verbindingen met een centrale ringvormige structuur en twee zijgroepen.

We proberen nu een zeer groot aantal varianten van Linezolide te maken in de hoop dat daartussen stoffen zitten die de bacteriën nog effectiever uitschakelen of die meer soorten bacteriën doden.
Voor de biologische werking is een aantal bestanddelen van dit molecuul essentieel en die laten we dus ongemoeid. Aan de twee zijgroepen kunnen we sleutelen.

Om nieuwe varianten te maken, bouwen we er chemische groepen in die totaal verschillend van aard zijn en ook weer verder veranderd kunnen worden. We bouwen de aan Linezolide verwante moleculen op uit kleine bouwstenen en doen dat op een nieuwe manier: we maken gebruik van een vaste drager. We stappen daarmee af van de oude en nog steeds gebruikelijke methode, waarbij de uitgangsstoffen (beginstoffen) en eventuele katalysatoren allemaal in een oplossing bijeen worden gebracht.
Een vaste drager is veelal een polymeer waaraan één van de stoffen die bij de reactie betrokken zijn, gekoppeld wordt. Het voordeel van een vaste drager is dat het de synthese aanzienlijk versnelt.
De tijdwinst zit in de gemakkelijke zuiveringsstap. We verwijderen bijproducten simpelweg door het reactiemengsel te filtreren. Het product – gebonden aan het onoplosbare polymeer – blijft achter op het filter. We hoeven het alleen nog van het dragerpolymeer af te splitsen.
In figuur 2 wordt de synthese met behulp van een vaste drager van Linezolide en aanverwante verbindingen duidelijk gemaakt.
Hoewel de synthese als geheel - de verschillende reacties en de zuivering van het product - sneller is, dankzij de snelle zuivering, verlopen de reacties op zichzelf vaak minder snel dan in oplossing.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

figuur 2

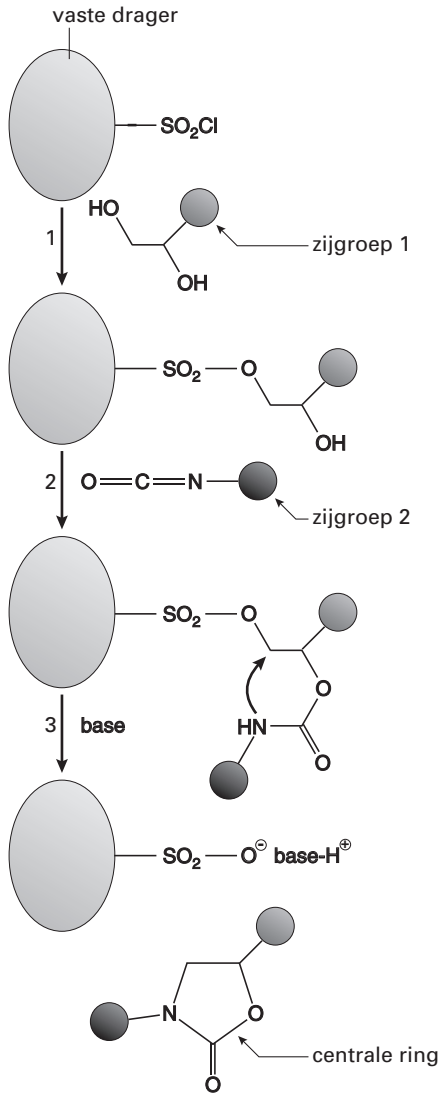
Synthese aan vaste drager
De vaste drager bestaat uit polystyreen met een groot aantal sulfonylchloride-groepen (SO_2Cl) eraan gebonden.

1 Eerste zijgroep koppelen
Aan deze groepen verankeren we 1,2-dialcohol waaraan de eerste zijgroep vastzit. Door deze koppeling wordt de primaire alcoholgroep geactiveerd, wat een vereiste is voor de laatste stap.

2 Tweede zijgroep aanbrengen
Aan de secundaire alcoholgroep koppelen we isocyanaat, en brengen daarmee de tweede zijgroep aan. Er ontstaat een carbamaatfunctie die de eigenschap bezit in de aanwezigheid van een base een geactiveerde alcoholgroep te kunnen substitueren.

3 Ringsluiting en afsplitsing
Dat gebeurt in de laatste stap van de synthese; de nieuwe verbinding sluit zich en splitst tegelijkertijd af. Alleen volledig gevormde lineaire producten die de juiste structuur hebben om de ringsluiting te kunnen ondergaan, kunnen worden afgesplitst.

Affiltreren
Wat overblijft na affiltreren van de vaste drager is zeer zuiver product.



naar: N&T wetenschapsmagazine – april 2001

Einde

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Bijlage bij vraag 1

Examen VWO 2003

Tijdvak 2
Woensdag 18 juni
13.30 – 16.30 uur

Examennummer

.....

Naam

.....

Vraag 1

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Scheikunde 1,2 (nieuwe stijl)

Examen VWO

Voorbereidend
Wetenschappelijk
Onderwijs

20 03

Tijdvak 2
Woensdag 18 juni
13.30 – 16.30 uur

Voor dit examen zijn maximaal 70 punten te behalen; het examen bestaat uit 26 vragen.
Voor elk vraagnummer is aangegeven hoeveel punten met een goed antwoord behaald kunnen worden.
Bij dit examen hoort een informatieblad.

Als bij een vraag een verklaring, uitleg, berekening of afleiding vereist is, worden aan het antwoord meestal geen punten toegekend als deze verklaring, uitleg, berekening, of afleiding ontbreekt.

Geef niet meer antwoorden (redenen, voorbeelden e.d.) dan er worden gevraagd. Als er bijvoorbeeld twee redenen worden gevraagd en je geeft meer dan twee redenen, dan worden alleen de eerste twee in de beoordeling meegeteld.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

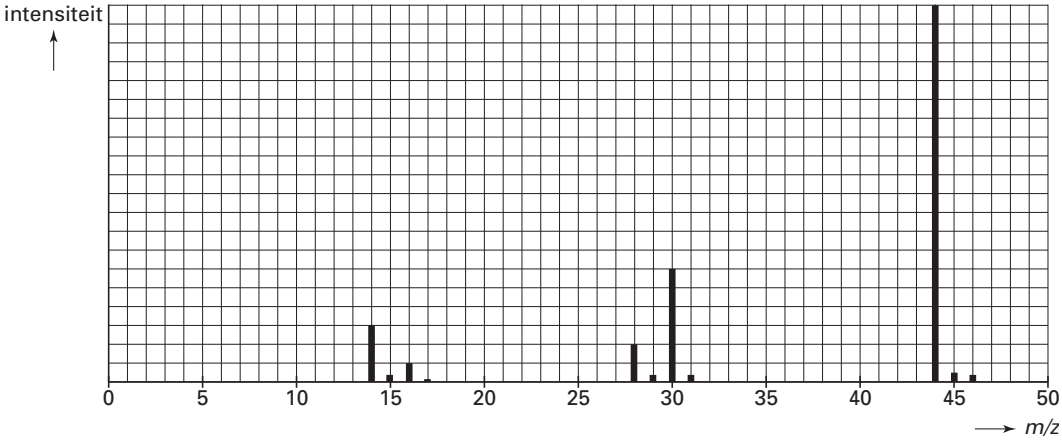
Eén van de stoffen die bijdragen tot het broeikaseffect is distikstofmonooxide (N_2O). Volgens Binas-tabel 57 A is de vormingswarmte van $N_2O(g)$ positief: $+0{,}815 \cdot 10^5$ J mol^{-1}. Dit betekent dat voor een bepaalde reactie waarbij distikstofmonooxide gevormd wordt warmte moet worden toegevoerd. Bij de omgekeerde reactie komt dan warmte vrij. Toch treedt die omgekeerde reactie niet op bij kamertemperatuur (298 K). Dit is te verklaren met behulp van een energiediagram dat het verloop van die reactie weergeeft.

2p **1** ☐ Geef de vergelijking van de bedoelde vormingsreactie van N_2O.

4p **2** ☐ Teken een energiediagram dat het verloop van de *omgekeerde reactie* van vraag 1 weergeeft en leg aan de hand hiervan uit waarom deze omgekeerde reactie niet optreedt bij kamertemperatuur.
Zet in het energiediagram onder andere:
- de formules van de beginstof(fen) en de eindstof(fen) op de juiste plaats;
- de waarde van de reactiewarmte van deze omgekeerde reactie.

Het massaspectrum van distikstofmonooxide is hieronder weergegeven.

massa-spectrum



massaspectrum van N_2O

De piek bij m/z = 30 en de veel kleinere piek bij m/z = 31 worden beide veroorzaakt door ionen NO^+. Er bestaan verschillende soorten ionen NO^+. Dit komt doordat er zowel van zuurstof als van stikstof in de natuur meer dan één isotoop voorkomt. Met behulp van Binas-tabel 25 kan worden nagegaan welke ionsoorten NO^+ het piekje bij m/z = 31 veroorzaken.

2p **3** ☐ Geef van alle ionsoorten NO^+ die het piekje bij m/z = 31 veroorzaken, aan welke combinatie van zuurstof- en stikstofisotopen erin aanwezig is.

Een molecuul distikstofmonooxide is lineair. Voor de volgorde van de drie atomen in een molecuul distikstofmonooxide kunnen twee mogelijkheden worden bedacht: NNO en NON. Met behulp van bovenstaand massaspectrum kan uitsluitsel worden verkregen welke van beide mogelijkheden de juiste is.

3p **4** ☐ Leg aan de hand van bovenstaand massaspectrum uit of de volgorde van de atomen in een distikstofmonooxide molecuul NNO dan wel NON is.

Het gas distikstofmonooxide ontstaat onder andere bij een industrieel productieproces van hexaandizuur. In dit proces wordt hexaandizuur bereid door cyclohexanol met geconcentreerd salpeterzuur te laten reageren.

4p **5** ☐ Geef zowel van hexaandizuur als van cyclohexanol de structuurformule. Noteer je antwoord als volgt:
hexaandizuur: … cyclohexanol: …

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Omdat distikstofmonooxide een broeikasgas is en als katalysator werkt bij de afbraak van de ozonlaag, is de productie van hexaandizuur uit cyclohexanol en salpeterzuur uitvoerig onderzocht.
Behalve bovenbedoelde reactie treden in de reactor tal van nevenreacties op, waarbij de gassen CO, CO_2, N_2, NO en NO_2 ontstaan.
Om na te gaan hoeveel mol distikstofmonooxide wordt gevormd per mol omgezet cyclohexanol liet men 0,10 mol cyclohexanol reageren met geconcentreerd salpeterzuur totdat alle cyclohexanol was omgezet. Behalve hexaandizuur ontstond daarbij een gasmengsel. Dit gasmengsel, dat dus bestaat uit de stoffen CO, CO_2, N_2, NO, NO_2 en N_2O, werd onderzocht.
Eerst werd het gasmengsel afgekoeld tot 90 K. Daarbij bleven twee stoffen (CO en N_2) in gasvorm over. Deze stoffen werden verwijderd.
De andere vier stoffen liet men weer verdampen en de volgende twee bewerkingen ondergaan:

1 Zuurstof wordt toegevoerd. Alle toegevoerde zuurstof reageert met alle aanwezige NO tot NO_2. NO_2 geeft een bruine kleur aan het gasmengsel. Als de kleur niet meer donkerder wordt, stopt men met de toevoer van zuurstof.
2 Het gasmengsel wordt afgekoeld tot een bepaalde temperatuur.

Het volume van het dan nog aanwezige gas is 1,8 dm^3 (omgerekend naar omstandigheden waarbij $V_m = 24\ dm^3\ mol^{-1}$).

Als bij de tweede bewerking het gasmengsel tot de juiste temperatuur wordt afgekoeld, kan berekend worden hoeveel mol distikstofmonooxide per mol omgezet cyclohexanol ontstaat.
In onderstaande tabel staan gegevens die voor het onderzoek relevant zijn:

stof	N_2	CO	NO	N_2O	CO_2	NO_2
kookpunt	77 K	82 K	121 K	185 K	195 K[1)]	294 K

[1)] sublimeert

3p **6** ☐ Leg uit tussen welke grenzen de temperatuur na de tweede bewerking moet liggen.
2p **7** ☐ Bereken hoeveel mol distikstofmonooxide per 1,0 mol omgezet cyclohexanol ontstaat.

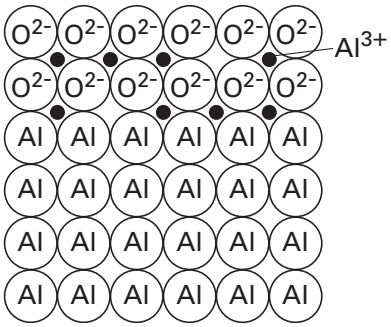
Als men ook de hoeveelheid NO in het gasmengsel bepaalt, kan men tevens berekenen hoeveel mol NO per mol omgezet cyclohexanol ontstaat.

2p **8** ☐ Leg uit welke meting men tijdens de eerste bewerking moet doen om de hoeveelheid NO in het gasmengsel te bepalen.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Aluminium is een onedel metaal dat onder andere door zuurstof wordt aangetast. Er vormt zich dan op het aluminium een laagje aluminiumoxide, soms maar 0,0001 mm dik. In het gevormde aluminiumoxide passen de Al^{3+} ionen ruimschoots in de holtes tussen de O^{2-} ionen. Omdat de ionstraal van O^{2-} ionen en de atoomstraal van Al atomen vrijwel even groot zijn, sluit het laagje aluminiumoxide het onderliggende aluminium zeer goed af. Hierdoor wordt het aluminium door het laagje aluminiumoxide beschermd tegen verdere aantasting door zuurstof.
Hieronder (zie figuur 1) staat een figuur waarin de bescherming van aluminium door een laagje aluminiumoxide schematisch is weergegeven. Van het beschermende laagje aluminiumoxide is slechts een zeer klein gedeelte weergegeven.

figuur 1



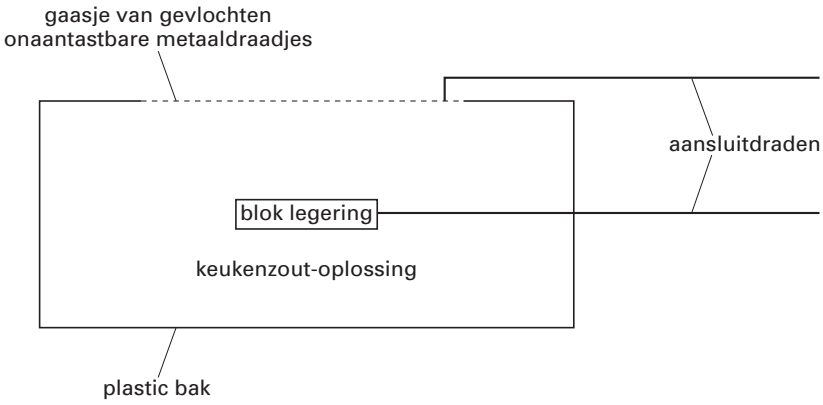
2p **9** ☐ Bereken het aantal lagen O^{2-} ionen in een laagje aluminiumoxide met een dikte van 0,0001 mm. Ga er bij je berekening van uit dat de O^{2-} ionen elkaar raken zoals in figuur 1 is weergegeven.

In een legering van aluminium, magnesium en tin is de vorming van een goed afsluitend laagje aluminiumoxide niet goed mogelijk. Magnesium- en tinionen, die zich bij aantasting van de legering vormen, zijn namelijk groter dan aluminiumionen. Ze passen niet in de holtes tussen de O^{2-} ionen. In een legering waarbij de verhouding tussen de aantallen atomen aluminium, magnesium en tin 4000 : 200 : 1 is, wordt het beschermende laagje niet gevormd. Het gevolg is dat een legering met deze samenstelling wordt aangetast.

3p **10** ☐ Bereken het massapercentage aluminium in een legering met de verhouding aantal atomen aluminium : aantal atomen magnesium : aantal atomen tin = 4000 : 200 : 1. Geef het massapercentage in drie significante cijfers.

De genoemde legering van aluminium, magnesium en tin wordt gebruikt in de zogenoemde aluminium-luchtcel. Deze cel wordt wel eens ingeschakeld als noodstroombron wanneer een storing in een elektrische installatie optreedt. In figuur 2 is zo'n aluminium-luchtcel schematisch weergegeven.

figuur 2



Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Een blok van de legering van aluminium, magnesium en tin is ondergedompeld in een oplossing van keukenzout. De oplossing zit in een plastic bak. Op de bovenkant van de plastic bak bevindt zich een poreus gaasje van in elkaar gevlochten draadjes van een onaantastbaar metaal. Het gaasje dient voor elektrisch contact. Boven het gaasje bevindt zich lucht. De onderkant van het gaasje maakt contact met de keukenzoutoplossing. Als het gaasje en het blok legering van aluminium, magnesium en tin met een geleidende draad worden doorverbonden, gaat een elektrische stroom lopen. Bij het gaasje reageert zuurstof uit de lucht met water onder vorming van hydroxide-ionen. Bij het blok legering wordt het aluminium omgezet tot aluminiumhydroxide.

4p **11** ☐ Geef de vergelijkingen van de halfreacties die bij het gaasje en bij de legering optreden, en leid daarmee de vergelijking van de totale reactie af.

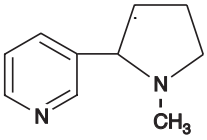
Wanneer in een elektrische installatie de stroom uitvalt, wordt automatisch uit een voorraadtank een keukenzoutoplossing in de plastic bak van de aluminium-luchtcel gepompt. Hierna schakelt de cel zichzelf in en neemt hij de stroomvoorziening in de elektrische installatie over. De oplossing van het keukenzout kan niet samen met het blok legering permanent in de plastic bak van de cel bewaard worden. Er treedt dan namelijk een trage nevenreactie op waarbij zich een gas vormt. De cel verliest dan een deel van zijn vermogen om stroom te leveren.

3p **12** ☐ Leg met behulp van getalwaarden uit Binas-tabel 48 uit welk gas zich in de aluminium-luchtcel vormt als de keukenzoutoplossing samen met het blok legering permanent in de plastic bak bewaard wordt, terwijl de cel niet is ingeschakeld.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Nicotine

In tabaksbladeren en ook in sigarettenrook komt de stof nicotine voor. Deze stof werkt sterk verslavend. Hieronder is de structuurformule van nicotine schematisch afgebeeld:



Bij een inhalerende roker komt nicotine via de longen in het bloed terecht. Nicotine is een zwakke base. In het bloed stelt zich het volgende evenwicht in:

$$Nic + H_2O \rightleftarrows NicH^+ + OH^-$$

Hierin stelt Nic het nicotinemolecuul voor en $NicH^+$ het geconjugeerde zuur van nicotine. In het bloed van een roker is ongeveer evenveel Nic als $NicH^+$ aanwezig.

4p **13** ☐ Bereken de verhouding [Nic] : [$NicH^+$] in bloed met een pH = 7,40. Onder de omstandigheden die in bloed heersen, geldt dat $pK_w = 13{,}50$ ($K_w = 3{,}2 \cdot 10^{-14}$) en dat de pK_b van nicotine gelijk is aan 5,96.

Het bloed transporteert de nicotine vervolgens naar de hersenen, waar het in het vetweefsel wordt opgeslagen. Wanneer de nicotine uit de hersenen verdwijnt, krijgt de roker zin om opnieuw een sigaret op te steken.

2p **14** ☐ Leg uit in welke vorm de nicotine in het vetweefsel van de hersenen zal voorkomen: in de vorm van Nic of in de vorm van $NicH^+$.

Het nicotinegehalte van tabak kan worden bepaald met behulp van de volgende methode. Uit een hoeveelheid fijngemaakte tabak wordt alle nicotine opgelost. Door middel van filtratie worden de restanten van de tabak verwijderd. Aan het filtraat wordt vervolgens een overmaat pikrinezuuroplossing toegevoegd. Hierbij treedt een reactie op tussen nicotine en pikrinezuur, waarbij een onoplosbare stof wordt gevormd. De vaste stof wordt afgefiltreerd en de massa van het residu wordt bepaald.
Met behulp van de volgende formule kan het aantal mg nicotine dat zich in de tabak bevond, worden uitgerekend:

aantal mg nicotine = f × aantal mg residu

Hierin is f een omrekeningsfactor.
Bij de reactie tussen nicotine en pikrinezuur ontstaat per mol nicotine één mol van de onoplosbare stof; er ontstaan geen andere reactieproducten. De molecuulmassa van nicotine is 162,2 u en de molecuulmassa van pikrinezuur is 229,1 u.
Met behulp van deze gegevens en de molverhouding waarin nicotine en pikrinezuur met elkaar reageren, is berekend dat f de waarde 0,2614 heeft.

3p **15** ☐ Bereken met behulp van bovenstaande gegevens hoeveel mol pikrinezuur reageert met één mol nicotine.

Bij zo'n nicotinebepaling werd 5,14 g tabak afgewogen. De massa van het residu was 390 mg.

2p **16** ☐ Bereken het massapercentage nicotine in de onderzochte tabak.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Linezolide

Aan de Universiteit van Nijmegen is een nieuwe methode ontwikkeld om in korte tijd nieuwe stoffen te bereiden die mogelijk als antibioticum kunnen worden gebruikt. De onderzoekers hebben hierover gepubliceerd in het artikel “Race tegen resistentie”. De tekst op het informatieblad dat bij dit examen hoort, bevat delen uit dit artikel. Lees deze tekst en beantwoord vervolgens onderstaande vragen.

De vaste drager bestaat uit een polymeer waaraan de SO_2Cl groepen zijn gebonden. Uit een gegeven dat in figuur 2 van het informatieblad is vermeld, is op te maken welk polymeer dit is.

3p **17** ☐ Geef de structuurformule van een fragment uit het midden van een molecuul van dit polymeer (zonder SO_2Cl groepen). Dit fragment moet uit drie monomeereenheden bestaan.

In de eerste stap (zie figuur 2 van het informatieblad) reageert de primaire OH groep van het dialcohol met de SO_2Cl groep. In een nevenreactie kan de secundaire OH groep van een molecuul dialcohol in plaats van de primaire OH groep met een SO_2Cl groep reageren. In de tweede stap van de nevenreactie wordt een molecuul van het isocyanaat aan de primaire OH groep gekoppeld op dezelfde manier als aan de secundaire OH groep (zie figuur 2 van het informatieblad). Er ontstaat in dat geval ook een product met een zogenoemde lineaire structuur die geschikt is om ringsluiting en afsplitsing te ondergaan. De vorming van dit ongewenste bijproduct wordt zoveel mogelijk voorkomen door een geschikte keuze van oplosmiddel en base.

3p **18** ☐ Geef de structuurformule van het ongewenste bedoelde lineaire product dat na de koppeling van het isocyanaat in stap 2 wordt verkregen. Begin de structuurformule met - SO_2 -, teken in de structuurformule alle koolstofatomen en waterstofatomen, geef de eerste zijgroep aan met Z_1 en de tweede zijgroep met Z_2.

Een Linezolidemolecuul heeft een asymmetrisch koolstofatoom. Er bestaat dus een optische isomeer van Linezolide.
Bij de synthese van verbindingen met een asymmetrisch koolstofatoom ontstaan vaak mengsels van optische isomeren. Bij de in het artikel beschreven bereiding van Linezolide ontstaat echter slechts één optische isomeer. Dit heeft men bereikt door een juiste keuze van één van de beginstoffen.

1p **19** ☐ Welke beginstof wordt hier bedoeld?
2p **20** ☐ Leg uit hoe men door een juiste keuze van deze beginstof heeft bereikt dat één optische isomeer ontstaat.

Volgens het artikel verlopen reacties aan de vaste drager vaak langzamer dan reacties in oplossing. Met behulp van een oplosbaar sulfonylchloride kan worden onderzocht of in dit geval de reactie aan de vaste drager eveneens langzamer verloopt dan in oplossing.

3p **21** ☐ Beschrijf hoe je zo’n onderzoek zou moeten uitvoeren.

In stap 1 wordt het dialcohol in overmaat toegevoegd. In stap 2 wordt het isocyanaat eveneens in overmaat toegevoegd. Om te vermijden dat het niet-gereageerde dialcohol en isocyanaat het eindproduct verontreinigen, zou men kunnen volstaan met een filtratie na stap 2. Toch wordt ook na stap 1 een filtratie uitgevoerd.

2p **22** ☐ Geef twee redenen waarom ook na stap 1 een filtratie wordt uitgevoerd.

Let op: de laatste vragen van dit examen staan op de volgende pagina.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Biowaterstof

Er bestaan bacteriën die glucose ($C_6H_{12}O_6$) met water kunnen omzetten tot azijnzuur, waterstof en koolstofdioxide. De vergelijking van deze reactie is:

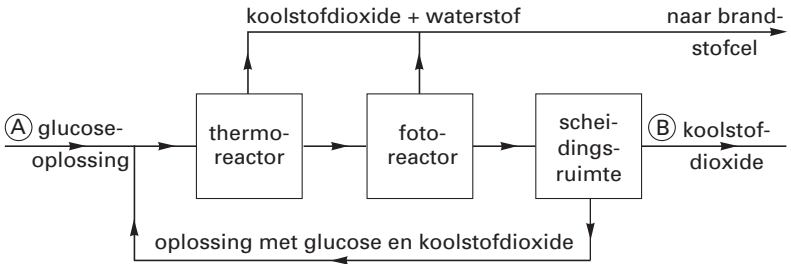
$$C_6H_{12}O_6 + 2\ H_2O \rightarrow 2\ CH_3COOH + 2\ CO_2 + 4\ H_2 \qquad \text{(reactie 1)}$$

Er bestaan ook bacteriën die azijnzuur met water onder invloed van licht kunnen omzetten tot koolstofdioxide en waterstof. De vergelijking van deze reactie is:

$$CH_3COOH + 2\ H_2O \rightarrow 2\ CO_2 + 4\ H_2 \qquad \text{(reactie 2)}$$

Bij een onderzoek naar de productie van waterstof uit biomateriaal zijn beide omzettingen gecombineerd. Daarbij worden twee reactoren gebruikt.
In de eerste reactor, de zogenoemde thermoreactor, vindt bij 70 ºC en 0,5 bar reactie 1 plaats. Alle waterstof en koolstofdioxide ontwijken uit de oplossing.
De oplossing die in de thermoreactor is gevormd, wordt in de tweede reactor, de zogenoemde fotoreactor, geleid. Hier vindt bij 35 ºC en 1,1 bar reactie 2 plaats. Alle waterstof die hier wordt gevormd, ontwijkt uit de oplossing. Van de gevormde koolstofdioxide ontwijkt een deel als gas, de rest blijft in oplossing.
De gasmengsels die uit de beide reactoren komen, worden samengevoegd en gebruikt om elektrische stroom op te wekken in een brandstofcel. Het gasmengsel dat naar de brandstofcel gaat, mag maximaal 30 volumeprocent koolstofdioxide bevatten, omdat anders de brandstofcel niet goed werkt.
Men wil deze productie van waterstof uitvoeren in een continu proces. Daarbij wordt 30% van de in de thermoreactor ingeleide glucose omgezet; in de fotoreactor wordt alle azijnzuur omgezet. De oplossing die uit de fotoreactor komt en nog glucose en koolstofdioxide bevat, wordt in een scheidingsruimte geleid. Daar wordt een deel van de opgeloste koolstofdioxide verwijderd. De oplossing die dan overblijft, wordt teruggevoerd naar de thermoreactor.
Hieronder is het bovenbeschreven continue proces in een blokschema weergegeven:

blokschema



Het is de bedoeling een proeffabriekje op te zetten waarbij per uur $5{,}6 \cdot 10^3$ mol glucose in de thermoreactor wordt geleid.

2p **23** ☐ Leg uit hoeveel mol glucose bij Ⓐ per uur moet worden toegevoerd.

5p **24** ☐ Bereken hoeveel mol koolstofdioxide bij Ⓑ per uur minimaal moet worden verwijderd om er voor te zorgen dat het koolstofdioxidegehalte van het gasmengsel dat naar de brandstofcel gaat maximaal 30 volumeprocent is.

Wanneer niet alleen de omzetting van glucose in de thermoreactor, maar ook de omzetting van azijnzuur in de fotoreactor niet volledig zou zijn, kan het proces niet continu verlopen op de manier die hierboven beschreven is. Een leerling denkt dat je in dat geval een deel van de vloeistof die wordt gerecirculeerd, moet aftappen om een continu proces te krijgen.

2p **25** ☐ Leg uit dat, wanneer in beide reactoren de omzettingen niet volledig zouden zijn, het proces niet continu kan verlopen op de manier die hierboven beschreven is.

2p **26** ☐ Ben jij het eens met de leerling die denkt dat je dan een deel van de gerecirculeerde vloeistof moet aftappen? Geef een verklaring voor je antwoord.

Einde

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Examen VWO

Scheikunde (oude stijl)

Voorbereidend
Wetenschappelijk
Onderwijs

20 **02**

Tijdvak 1
Maandag 27 mei
13.30–16.30 uur

Voor dit examen zijn maximaal 70 punten te behalen; het examen bestaat uit 24 vragen.
Voor elk vraagnummer is aangegeven hoeveel punten met een goed antwoord behaald kunnen worden.
Voor de uitwerking van vraag 3 is een bijlage toegevoegd.

Als bij een vraag een verklaring, uitleg, berekening of afleiding gevraagd wordt, worden aan het antwoord meestal geen punten toegekend als deze verklaring, uitleg, berekening of afleiding ontbreekt.

Geef niet meer antwoorden (redenen, voorbeelden e.d.) dan er worden gevraagd. Als er bijvoorbeeld twee redenen worden gevraagd en je geeft meer dan twee redenen, dan worden alleen de eerste twee in de beoordeling meegeteld.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Munt

Een bepaalde munt heeft een massa van 7,50 gram. De munt bestaat uit nikkel en messing. Messing is een legering van koper en zink.
Peter heeft van zijn docent scheikunde de opdracht gekregen om het massapercentage nikkel en koper van zo'n munt te bepalen. Daartoe moet de munt eerst volledig worden omgezet tot een oplossing van zouten van deze metalen. Peter gebruikt daar een oplossing van salpeterzuur voor. De reactie van een metaal met een salpeterzuuroplossing is een redoxreactie.

2p **1** ☐ Leg aan de hand van getalwaarden uit Binas uit dat verwacht mag worden dat koper, nikkel en zink reageren met een oplossing van salpeterzuur.

Peter heeft in zijn werkplan een methode opgenomen die veel wordt gebruikt om nikkelgehaltes te bepalen. Hierbij wordt aan een oplossing die nikkelionen bevat een overmaat ammonia toegevoegd. Vervolgens wordt een kleurloze oplossing van dimethylglyoxim toegevoegd. Hierbij ontstaat een neerslag. Na weging van het neerslag kan het nikkelgehalte worden berekend.
Dimethylglyoxim heeft de molecuulformule $C_4H_8N_2O_2$ en is een éénwaardig zwak zuur. Het wordt in het vervolg van deze opgave weergegeven als HDim.
In onderstaande tabel zijn enkele gegevens te vinden die voor het onderzoek van belang zijn.

	Ionsoort		
	Cu^{2+}	Ni^{2+}	Zn^{2+}
Reactieproduct na toevoeging van ammonia	complex ion: $Cu(NH_3)_4^{2+}$ opgelost, blauw	complex ion: $Ni(NH_3)_6^{2+}$ opgelost, kleurloos	complex ion: $Zn(NH_3)_4^{2+}$ opgelost, kleurloos
Reactieproduct na toevoeging van ammonia en vervolgens een oplossing van dimethylglyoxim	complex ion: $Cu(HDim)^{2+}$ opgelost, bruin	$Ni(Dim)_2$ neerslag	geen reactie

Nadat het werkplan is goedgekeurd, is Peter met de bepaling van het nikkelgehalte begonnen. Hij heeft de munt volledig opgelost en de oplossing vervolgens met water aangevuld tot een volume van 100,0 mL. Deze oplossing noemt hij voortaan oplossing A. Aan 10,0 mL van oplossing A voegt hij een overmaat ammonia toe. Vervolgens druppelt hij zoveel van een oplossing van dimethylglyoxim toe, dat alle nikkelbevattende ionen zijn neergeslagen als $Ni(Dim)_2$. Daarna filtreert hij de suspensie en spoelt het residu na met gedestilleerd water. Hij voegt het spoelwater volledig toe aan het filtraat. Hij droogt het residu en weegt het. De massa blijkt 258 mg te zijn.

3p **2** ☐ Bereken uit bovenstaande gegevens het aantal gram nikkel in de munt. De massa van een mol $Ni(Dim)_2$ is 289 g.

Peter wil het kopergehalte van de munt colorimetrisch bepalen en gebruikt daarvoor het filtraat dat hij bij de nikkelbepaling heeft overgehouden. In het filtraat is $Cu(HDim)^{2+}$ de enige koperbevattende ionsoort. De lichtbruine kleur van het filtraat wordt uitsluitend veroorzaakt door $Cu(HDim)^{2+}$ ionen.
Hij vult het filtraat aan met water tot een volume van 250,0 mL. Deze oplossing noemt hij oplossing B.
Vervolgens maakt hij een ijkreeks met vijf standaardoplossingen. Elk van deze vijf oplossingen is gemaakt door ammonia, een oplossing van kopersulfaat en een oplossing van HDim samen te voegen en het mengsel vervolgens met water aan te vullen tot 250,0 mL. De oplossingen verschillen alleen in de hoeveelheid van de toegevoegde oplossing van kopersulfaat. Ook in deze oplossingen is $Cu(HDim)^{2+}$ de enige koperbevattende ionsoort.
Peter maakt ook een blanco-oplossing door ammonia en een oplossing van HDim samen te voegen en het mengsel vervolgens met water aan te vullen tot 250,0 mL.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Van elk van de vijf standaardoplossingen meet hij de extinctie, waarbij hij de extinctie van de blanco-oplossing op 0,00 instelt. Hij verwerkt de resultaten van de metingen in een diagram. Dit diagram is weergegeven op de bijlage bij deze opgave.
Ten slotte meet Peter de extinctie van oplossing B. Ook bij deze meting stelt hij de extinctie van de blanco-oplossing in op 0,00. De extinctie van oplossing B blijkt 0,65 te zijn.

3p **3** ☐ Bepaal de $[Cu(HDim)^{2+}]$ (in mol L^{-1}) in oplossing B. Geef daarbij op de bijlage aan hoe deze concentratie uit het diagram is afgeleid.

2p **4** ☐ Bereken het massapercentage koper in de munt.

Diamant

Koolstofatomen uit verschillende moleculen kunnen aan elkaar worden gekoppeld. Wanneer men bijvoorbeeld 1-chloorpropaan, in ether als oplosmiddel, laat reageren met natrium, vindt de volgende koppelingsreactie plaats:

$$CH_3 - CH_2 - CH_2 - Cl \quad + \quad 2\,Na \quad + \quad Cl - CH_2 - CH_2 - CH_3 \quad \rightarrow \quad CH_3 - CH_2 - CH_2 - CH_2 - CH_2 - CH_3 \quad + \quad 2\,NaCl$$

Op soortgelijke wijze kan ook 2,3-dimethylpentaan bereid worden. Hiertoe laat men een mengsel van twee verschillende monochlooralkanen met een onvertakte koolstofketen reageren met natrium. Behalve 2,3-dimethylpentaan ontstaan hierbij nog twee alkanen. Deze twee alkanen zijn geen isomeren van 2,3-dimethylpentaan.

2p **5** ☐ Geef de structuurformules van de twee *onvertakte* monochlooralkanen die voor deze koppelingsreactie nodig zijn.

2p **6** ☐ Geef de structuurformules van de twee alkanen die naast 2,3-dimethylpentaan zullen ontstaan.

De reactie waarbij koolstofatomen uit verschillende moleculen aan elkaar worden gekoppeld, is onlangs door onderzoekers gebruikt om diamant te maken. Zij gingen uit van tetrachloormethaan ('tetra', CCl_4) als halogeenalkaan en lieten dat in een afgesloten reactievat met een grote overmaat natrium reageren in de aanwezigheid van stukjes kobalt als katalysator. Na geruime tijd verwarmen bleek het reactievat een mengsel te bevatten van de katalysator kobalt, het overgebleven natrium en de reactieproducten grafiet, fijnverdeeld diamantpoeder en natriumchloride. De vergelijking van de opgetreden reactie is:

$$CCl_4 + 4\,Na \rightarrow C\ (\text{diamant en grafiet}) + 4\,NaCl$$

De vorming van grafiet uit tetra en natrium is exotherm.

3p **7** ☐ Bereken voor de reactie $CCl_4(l) + 4\,Na(s) \rightarrow C(s, \text{grafiet}) + 4\,NaCl(s)$ de enthalpieverandering (reactiewarmte) in joule per mol grafiet ($T = 298$ K, $p = p_0$).

Na beëindiging van de reactie moest het koolstofpoeder gescheiden worden van de overige stoffen (het overgebleven natrium, de stukjes kobalt en het gevormde natriumchloride). Bij de te volgen werkwijze zijn de onderstaande gegevens over kobalt en natrium van belang.
- Kobalt is een onedel metaal. Bij toevoeging van geconcentreerd zoutzuur treedt een reactie op, waarbij een oplossing van kobaltchloride wordt gevormd.
- Als natrium in contact komt met water, vindt een heftige reactie plaats, waarbij gevaarlijke nevels/stoffen ontstaan. Daarom mag natrium niet in contact komen met water.
- Natrium reageert langzaam met ethanol. Daarbij ontstaat onder andere een natriumzout dat goed oplosbaar is in ethanol.

4p **8** ☐ Beschrijf, onder andere met behulp van bovenstaande gegevens, een werkwijze om uit het verkregen mengsel (kobalt, koolstofpoeder, natrium en natriumchloride) de koolstof als een droog poeder af te scheiden.

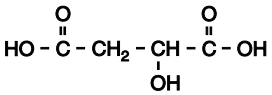
Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Fles wijn

Wijn bevat alcohol (ethanol, C_2H_6O) die ontstaan is door vergisting van glucose.

3p **9** ☐ Geef de vergelijking voor de vergisting van glucose in molecuulformules.

Wijn bevat behalve alcohol ook een aantal opgeloste zuren. Eén van die zuren heeft de volgende structuurformule:



3p **10** ☐ Geef de systematische naam van dit zuur.

Door de aanwezigheid van opgeloste zuren heeft wijn een pH die tussen 2,9 en 3,9 ligt. Ondanks deze lage pH vinden veel mensen de smaak van wijn niet onaangenaam.
In een aangebroken fles wijn wordt dikwijls in de loop van enkele dagen een deel van de alcohol door reactie met zuurstof omgezet tot azijnzuur. Dit gebeurt onder invloed van een bepaalde soort bacteriën. Deze bacteriën zijn alleen werkzaam als de zuurstofconcentratie in de wijn boven een grenswaarde uitkomt. De aanwezigheid van azijnzuur in wijn zorgt voor een onaangename smaak.

2p **11** ☐ Geef de vergelijking van de bedoelde omzetting van ethanol tot azijnzuur. Schrijf daarbij de koolstofverbindingen in structuurformules.

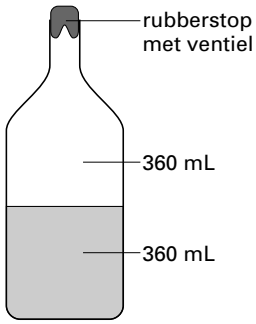
Bij een geopende fles wijn duurt het enkele uren voordat de zuurstof die in de wijn oplost en de zuurstof in de lucht boven de wijn met elkaar in evenwicht zijn. Vanaf dat moment geldt:

$$O_2\ (\text{wijn}) \leftrightarrows O_2\ (\text{lucht}) \qquad \text{met:} \quad \frac{[O_2(\text{lucht})]}{[O_2(\text{wijn})]} = K$$

Bij 20 °C geldt voor de waarde van de evenwichtsconstante $K = 29$.
Een fles wijn met een inhoud van 720 mL wordt ontkurkt. Op dat moment bevat de wijn nog geen opgeloste zuurstof. Er wordt wijn uitgeschonken, in de fles blijft 360 mL wijn achter. De fles wordt niet afgesloten.

4p **12** ☐ Bereken het aantal mg zuurstof dat na enkele uren, als het evenwicht zich heeft ingesteld, aanwezig is in de 360 mL wijn in de fles. Het molair volume van een gas is bij de heersende temperatuur (20 °C) en druk (1,0 bar) 24 $dm^3\ mol^{-1}$. Lucht bevat 21 volumeprocent zuurstof.

Om de hoeveelheid zuurstof die in wijn oplost te verminderen en dus de vorming van azijnzuur tegen te gaan, kan een aangebroken fles wijn worden afgesloten met een kurk.
Er zijn echter ook speciale luchtpompjes in de handel die meer effect hebben dan een kurk.
Op een geopende fles wijn die langere tijd bewaard moet worden, plaatst men een rubberen dopje. In het dopje zit een opening die als ventiel werkt. Met het pompje wordt via dit ventiel de druk in de fles verlaagd van 1,0 bar tot 0,25 bar. De zuurstofconcentratie in de lucht boven de wijn wordt door de drukverlaging een kwart van de oorspronkelijke zuurstofconcentratie. De hoeveelheid zuurstof die vervolgens in de wijn gaat oplossen wordt hierdoor veel minder. De hoeveelheid opgeloste zuurstof kan dan namelijk nooit groter zijn dan een kwart van de hoeveelheid zuurstof die oplost zonder drukverlaging.



Een fles wijn van 720 mL wordt voor de helft uitgeschonken (nog 360 mL wijn in de fles met 360 mL lucht daarboven, zie de figuur hiernaast). Daarna wordt de druk in de fles verlaagd van 1,0 bar tot 0,25 bar. Dan blijkt dat in de wijn zelfs nog wat minder zuurstof oplost dan een kwart van de bij vraag 12 berekende hoeveelheid.
De temperatuur verandert tijdens het wegpompen van de lucht niet.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

3p **13** ☐ Leg uit dat de hoeveelheid zuurstof die in dit geval in de wijn zal oplossen minder is dan een kwart van de bij vraag 12 berekende hoeveelheid.

Om het ontstaan van azijnzuur tegen te gaan, voegt men in sommige wijnsoorten sulfiet aan de wijn toe, voordat de wijn de fles in gaat. De werking van het sulfiet berust onder andere op het feit dat de bacteriën die alcohol tot azijnzuur omzetten door het sulfiet worden gedood.

2p **14** ☐ Geef nog een verklaring voor het feit dat sulfiet het ontstaan van azijnzuur tegengaat.

Een groepje leerlingen krijgt als practicumopdracht het sulfietgehalte van witte wijn te bepalen. In het practicumvoorschrift staat onder meer:

> Pipetteer 10,0 mL van een 0,0500 M joodoplossing in een erlenmeyer van 300 mL.
> Voeg ongeveer 150 mL water toe en zuur aan met 5 mL 1 M zwavelzuur. Voeg langzaam 100,0 mL van de witte wijn toe onder voortdurend roeren. Het sulfiet reageert met een deel van het jood:
> $SO_3^{2-} + H_2O + I_2 \rightarrow SO_4^{2-} + 2\ H^+ + 2\ I^-$
> Titreer het jood dat na deze reactie nog over is met een 0,0400 M oplossing van natriumthiosulfaat.
> Gebruik zetmeel als indicator.

Er blijkt 12,1 mL van de oplossing van natriumthiosulfaat nodig te zijn.

5p **15** ☐ Bereken het aantal mg sulfiet per liter van de onderzochte witte wijn.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

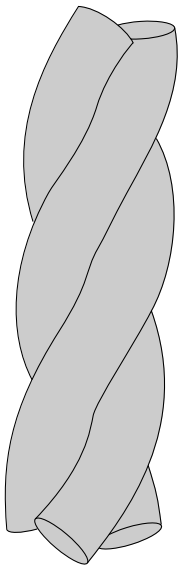
Leerlooien

Leer wordt gemaakt van huiden van dieren. Hierbij ondergaan de huiden eerst een aantal bewerkingen waarbij hoofdzakelijk collageen overblijft.
Collageen is een eiwit dat voor de stevigheid van weefsels zorgt.
In een artikel over de bereiding van leer staat het volgende over collageen.

tekstfragment

Collageen wordt allereerst gekenmerkt door het hoge gehalte glycine: één glycine-eenheid op elke derde plaats in de aminozuurketen. Ook heeft het een hoog gehalte proline. In de aminozuurketen zitten de glycine-eenheden en proline-eenheden vaak naast elkaar. En tenslotte heeft het een kenmerkend hoog gehalte hydroxyproline. Meestal zit een hydroxyproline-eenheid naast een proline-eenheid.

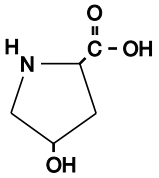
De aanwezigheid van proline zorgt ervoor dat de keten een linksdraaiende spiraal wordt. De aanwezigheid van glycine op elke derde plaats zorgt ervoor dat drie van die spiralen in elkaar draaien tot een drievoudige, rechtsdraaiende spiraal (zie de figuur hiernaast). De aanwezigheid van hydroxyproline heeft een sterk stabiliserend effect door waterstofbruggen.



naar: Chemical Society Reviews

In het tekstfragment worden aminozuren genoemd die kenmerkend zijn voor collageen. Ook kan uit het tekstfragment worden afgeleid welke aminozuurvolgorde kenmerkend is voor collageen. Deze informatie kan samengevat worden in een structuurformule van een stukje uit het midden van de eiwitketen. Om alle informatie weer te geven moet dit stukje bestaan uit vier aminozuureenheden.

4p **16** ☐ Geef een structuurformule van zo'n stukje eiwit dat uit vier aminozuureenheden bestaat. Dit stukje moet beginnen met een glycine-eenheid en het komt uit het midden van het eiwitmolecuul. De structuurformule van hydroxyproline is:



In een bepaalde zin in het tekstfragment wordt de secundaire structuur van collageen beschreven.

2p **17** ☐ Schrijf de zin uit het tekstfragment over waarin de secundaire structuur wordt beschreven.

Na het vrijmaken van het collageen vindt het zogenoemde looien plaats. Bij het looien van leer worden de eiwitketens aan elkaar gekoppeld, waardoor het leer minder krimpt onder invloed van verschillen in temperatuur en vochtigheidsgraad. Ook is gelooid leer beter bestand tegen de inwerking van micro-organismen.
Voor het looien van leer wordt veelal gebruik gemaakt van chroom(III)sulfaat. Deze stof wordt bereid door zwaveldioxide te laten reageren met chroomzuur (H_2CrO_4). Hierbij ontstaat chroom(III)sulfaat als enige chroom- en zwavelbevattende verbinding. Behalve chroom(III)sulfaat ontstaat bij deze reactie één andere stof.

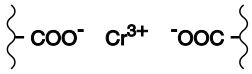
Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

3p **18** ☐ Geef de reactievergelijking van de bereiding van chroom(III)sulfaat uit zwaveldioxide en chroomzuur.

De koppeling van de eiwitketens wordt veroorzaakt door chroom(III)ionen en geïoniseerde COOH groepen uit de zijketens van aminozuureenheden zoals asparaginezuur en glutaminezuur. Voor het verkrijgen van gelooid leer van goede kwaliteit wordt tijdens het looiproces, dat plaatsvindt in een oplossing van chroom(III)sulfaat, het ionisatiepercentage van de COOH groepen voortdurend geregeld. Dit bereikt men door de keuze van de pH.

4p **19** ☐ Bereken hoeveel procent van de COOH groepen van de asparaginezuureenheden van collageen zijn geïoniseerd bij pH = 3,00. Bij deze berekening mogen de COOH groepen en de COO^- groepen beschouwd worden als opgelost. De K_z van asparaginezuureenheden in collageen heeft een waarde van $1{,}6 \cdot 10^{-4}$.

Bij het looien ontstaat tussen de ketens een koppeling, die als volgt schematisch kan worden weergegeven:



Gelooid leer heeft een goede kwaliteit als de koppelingen tussen de eiwitketens niet alleen aan het oppervlak maar ook in het binnenste van het collageen ontstaan. Daartoe wordt gestart bij een pH waarbij de chroom(III)ionen eerst in het collageen kunnen binnendringen. Vervolgens verandert men de pH zodanig dat de koppelingen tussen de ketens tot stand komen.

2p **20** ☐ Leg uit of men, nadat de chroom(III)ionen het collageen zijn binnengedrongen, de pH moet verlagen of verhogen om de koppelingen tussen de ketens tot stand te brengen.

Let op: de laatste vragen van dit examen staan op de volgende pagina.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Heavy metal

Bij een bepaald industrieel proces ontstaat afvalwater dat Cu^{2+} ionen bevat. Voordat dit afvalwater mag worden geloosd, moet de $[Cu^{2+}]$ verlaagd worden tot de toegestane waarde. Daartoe wordt aan het afvalwater natronloog toegevoegd. Hierbij ontstaat een neerslag. Dit neerslag wordt afgefiltreerd en kan door het toevoegen van een oplossing van een stof X worden omgezet tot een oplossing van koper(II)sulfaat. Deze koper(II)sulfaatoplossing kan weer als grondstof worden gebruikt. Stof X is een sterk zuur.

1p **21** ☐ Geef de naam van stof X.

3p **22** ☐ Geef de vergelijking van de reactie die optreedt als aan het neerslag een oplossing van stof X wordt toegevoegd.

Men heeft een proces ontwikkeld waarbij Cu^{2+} uit het afvalwater wordt verwijderd met behulp van elektrolyse in plaats van neerslagvorming. Deze elektrolyse is zo ontworpen dat al het Cu^{2+} bevattend afvalwater door een sponsachtige koolstofelektrode S stroomt; hierin wordt het Cu^{2+} omgezet tot Cu. Er stroomt voortdurend Cu^{2+} bevattend afvalwater in deze sponsachtige elektrode en gezuiverd afvalwater uit de sponsachtige elektrode. De andere elektrode P is een koolstofplaat, waarlangs een oplossing van een elektrolyt wordt gepompt. Om menging van de vloeistofstromen in het elektrolysevat te voorkomen, is een membraan aangebracht.

4p **23** ☐ Teken de hierboven beschreven elektrolyse-opstelling schematisch. Geef in deze tekening de volgende onderdelen weer:
- het elektrolysevat;
- de spanningsbron en de verbindingskabels van de spanningsbron naar de elektroden;
- de sponsachtige koolstofelektrode S als een gearceerd deel van het elektrolysevat; geef ook aan of deze elektrode verbonden is met de pluspool of met de minpool van de spanningsbron;
- de koolstofelektrode P; geef ook aan of deze elektrode verbonden is met de pluspool of met de minpool van de spanningsbron;
- het membraan als een stippellijn;
- de vloeistofstromen die het elektrolysevat in- en uitgaan als pijlen met de bijschriften:
  - Cu^{2+} bevattend afvalwater
  - gezuiverd afvalwater
  - elektrolytoplossing in
  - elektrolytoplossing uit.

Bij de uitvoering van zo'n zuiveringsproces wil men uit afvalwater 100 gram Cu^{2+} per m^3 afvalwater verwijderen. Van de stroom die door de elektrolysecel gaat, wordt 45 A (A betekent ampère; 1 ampère = 1 coulomb per seconde) gebruikt voor de omzetting van Cu^{2+} tot Cu. Uitgaande van deze gegevens kan men berekenen hoeveel m^3 afvalwater men per uur door de reactor kan leiden om de gewenste zuivering te bereiken.

4p **24** ☐ Geef deze berekening. Gebruik hierbij onder andere tabel 7 van Binas.

Einde

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Scheikunde (oude stijl)

Examen VWO 2002

Tijdvak 1
Maandag 27 mei
13.30–16.30 uur

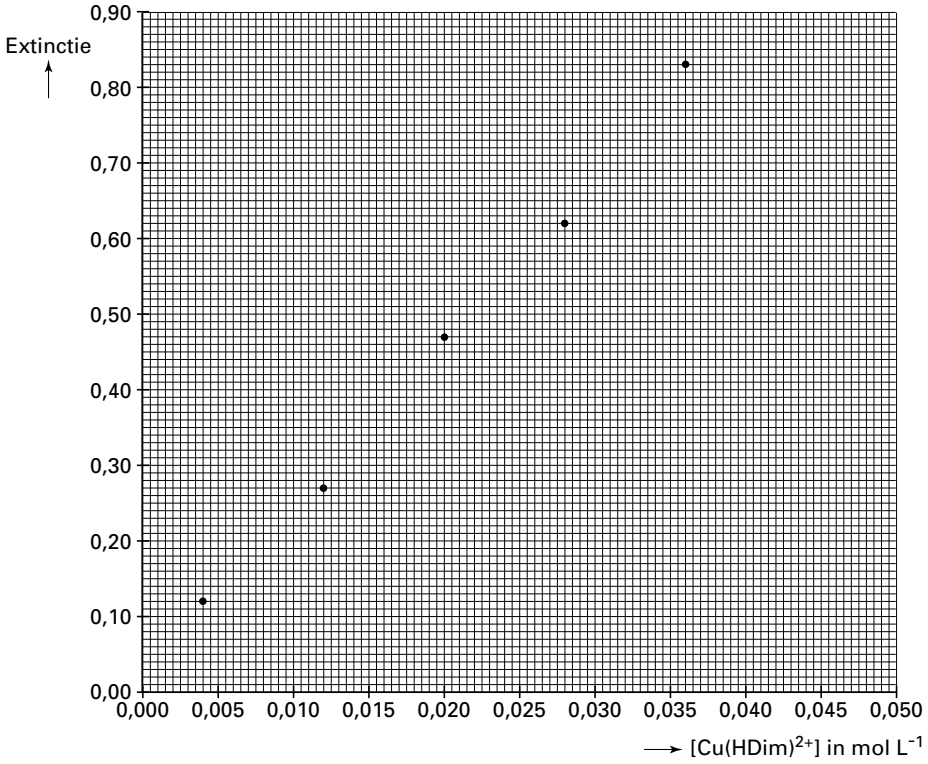
Examennummer

.....

Naam

.....

Vraag 3



Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Examen VWO

Voorbereidend
Wetenschappelijk
Onderwijs

20 **02**

Tijdvak 1
Maandag 27 mei
13.30–16.30 uur

Scheikunde 1 (nieuwe stijl)

Voor dit examen zijn maximaal 66 punten te behalen; het examen bestaat uit 24 vragen.
Voor elk vraagnummer is aangegeven hoeveel punten met een goed antwoord behaald kunnen worden.
Bij dit examen hoort een informatieblad.

Als bij een vraag een verklaring, uitleg, berekening of afleiding gevraagd wordt, worden aan het antwoord meestal geen punten toegekend als deze verklaring, uitleg, berekening of afleiding ontbreekt.

Geef niet meer antwoorden (redenen, voorbeelden e.d.) dan er worden gevraagd. Als er bijvoorbeeld twee redenen worden gevraagd en je geeft meer dan twee redenen, dan worden alleen de eerste twee in de beoordeling meegeteld.

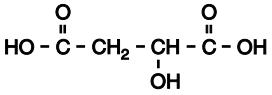
Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Fles wijn

Wijn bevat alcohol (ethanol, C_2H_6O) die ontstaan is door vergisting van glucose.

3p **1** ☐ Geef de vergelijking voor de vergisting van glucose in molecuulformules.

Wijn bevat behalve alcohol ook een aantal opgeloste zuren. Eén van die zuren heeft de volgende structuurformule:



3p **2** ☐ Geef de systematische naam van dit zuur.

Door de aanwezigheid van opgeloste zuren heeft wijn een pH die tussen 2,9 en 3,9 ligt. Ondanks deze lage pH vinden veel mensen de smaak van wijn niet onaangenaam.
In een aangebroken fles wijn wordt dikwijls in de loop van enkele dagen een deel van de alcohol door reactie met zuurstof omgezet tot azijnzuur. Dit gebeurt onder invloed van een bepaalde soort bacteriën. Deze bacteriën zijn alleen werkzaam als de zuurstofconcentratie in de wijn boven een grenswaarde uitkomt. De aanwezigheid van azijnzuur in wijn zorgt voor een onaangename smaak.
Bij een geopende fles wijn duurt het enkele uren voordat de zuurstof die in de wijn oplost en de zuurstof in de lucht boven de wijn met elkaar in evenwicht zijn. Vanaf dat moment geldt:

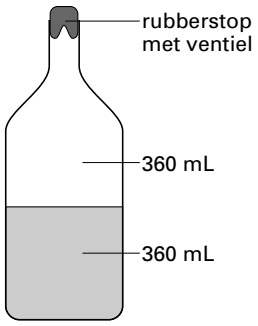
$$O_2\,(\text{wijn}) \leftrightarrows O_2\,(\text{lucht}) \qquad \text{met:} \quad \frac{[O_2\,(\text{lucht})]}{[O_2\,(\text{wijn})]} = K$$

Bij 20 °C geldt voor de waarde van de evenwichtsconstante $K = 29$.
Een fles wijn met een inhoud van 720 mL wordt ontkurkt. Op dat moment bevat de wijn nog geen opgeloste zuurstof. Er wordt wijn uitgeschonken, in de fles blijft 360 mL wijn achter. De fles wordt niet afgesloten.

4p **3** ☐ Bereken het aantal mg zuurstof dat na enkele uren, als het evenwicht zich heeft ingesteld, aanwezig is in de 360 mL wijn in de fles. Het molair volume van een gas is bij de heersende temperatuur (20 °C) en druk (1,0 bar) 24 $dm^3\ mol^{-1}$. Lucht bevat 21 volumeprocent zuurstof.

Om de hoeveelheid zuurstof die in wijn oplost te verminderen en dus de vorming van azijnzuur tegen te gaan, kan een aangebroken fles wijn worden afgesloten met een kurk. Er zijn echter ook speciale luchtpompjes in de handel die meer effect hebben dan een kurk. Op een geopende fles wijn die langere tijd bewaard moet worden, plaatst men een rubberen dopje. In het dopje zit een opening die als ventiel werkt. Met het pompje wordt via dit ventiel de druk in de fles verlaagd van 1,0 bar tot 0,25 bar. De zuurstofconcentratie in de lucht boven de wijn wordt door de drukverlaging een kwart van de oorspronkelijke zuurstofconcentratie. De hoeveelheid zuurstof die vervolgens in de wijn gaat oplossen wordt hierdoor veel minder. De hoeveelheid opgeloste zuurstof kan dan namelijk nooit groter zijn dan een kwart van de hoeveelheid zuurstof die oplost zonder drukverlaging.

Een fles wijn van 720 mL wordt voor de helft uitgeschonken (nog 360 mL wijn in de fles met 360 mL lucht daarboven, zie de figuur hiernaast). Daarna wordt de druk in de fles verlaagd van 1,0 bar tot 0,25 bar. Dan blijkt dat in de wijn zelfs nog wat minder zuurstof oplost dan een kwart van de bij vraag 3 berekende hoeveelheid. De temperatuur verandert tijdens het wegpompen van de lucht niet.



Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

3p **4** ☐ Leg uit dat de hoeveelheid zuurstof die in dit geval in de wijn zal oplossen minder is dan een kwart van de bij vraag 3 berekende hoeveelheid.

Om het ontstaan van azijnzuur tegen te gaan, voegt men in sommige wijnsoorten sulfiet aan de wijn toe, voordat de wijn de fles in gaat. De werking van het sulfiet berust onder andere op het feit dat de bacteriën die alcohol tot azijnzuur omzetten door het sulfiet worden gedood.

2p **5** ☐ Geef nog een verklaring voor het feit dat sulfiet het ontstaan van azijnzuur tegengaat.

Een groepje leerlingen krijgt als practicumopdracht het sulfietgehalte van witte wijn te bepalen. In het practicumvoorschrift staat onder meer:

> Pipetteer 10,0 mL van een 0,0500 M joodoplossing in een erlenmeyer van 300 mL.
> Voeg ongeveer 150 mL water toe en zuur aan met 5 mL 1 M zwavelzuur. Voeg langzaam 100,0 mL van de witte wijn toe onder voortdurend roeren. Het sulfiet reageert met een deel van het jood:
> $SO_3^{2-} + H_2O + I_2 \rightarrow SO_4^{2-} + 2\ H^+ + 2\ I^-$
> Titreer het jood dat na deze reactie nog over is met een 0,0400 M oplossing van natriumthiosulfaat.
> Gebruik zetmeel als indicator.

De vergelijking van de reactie die tijdens de titratie optreedt is:
$2\ S_2O_3^{2-} + I_2 \rightarrow S_4O_6^{2-} + 2\ I^-$
Er blijkt 12,1 mL van de oplossing van natriumthiosulfaat nodig te zijn.

5p **6** ☐ Bereken het aantal mg sulfiet per liter van de onderzochte witte wijn.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Margarine

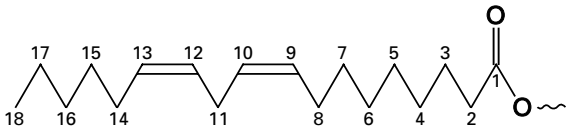
Plantaardige olie is een belangrijk bestanddeel van onze voeding. Plantaardige olie bestaat voornamelijk uit glyceryltri-esters van diverse vetzuren; in deze opgave wordt aangenomen dat er geen andere molecuulsoorten in aanwezig zijn. Van de veresterde vetzuren in plantaardige olie is een groot deel onverzadigd.
Door plantaardige olie te schudden met een bepaald reagens kan direct zichtbaar gemaakt worden dat plantaardige olie onverzadigde verbindingen bevat.

2p **7** ☐ Geef de naam van dat reagens én geef de waarneming die men kan doen als dit reagens aan een onverzadigde verbinding wordt toegevoegd.

Plantaardige oliën hebben een laag smeltpunt. Om plantaardige olie te kunnen toepassen in margarine of in frituurvet wordt de olie zodanig bewerkt dat een product ontstaat dat bij een hogere temperatuur vloeibaar wordt. Daartoe past men vetharding toe. Bij vetharding wordt, door het toepassen van een bepaalde reactie, een groot deel van de dubbele koolstof-koolstof-bindingen in de onverzadigde veresterde vetzuurmoleculen omgezet tot enkelvoudige koolstof-koolstof-bindingen.

2p **8** ☐ Geef de naam van de stof waarmee men bij de vetharding de olie laat reageren én geef de naam van het type reactie, dat daarbij plaatsvindt.

In plantaardige oliën hebben de dubbele bindingen in de onverzadigde veresterde vetzuren de *cis*-configuratie. Zo kan de configuratie van een deel van een veresterd molecuul linolzuur als volgt schematisch worden weergegeven:



In deze schematische weergave zijn de koolstofatomen van het veresterde linolzuurmolecuul genummerd.
Wanneer in deze opgave wordt gesproken over dubbele bindingen in de *cis*- respectievelijk *trans*-configuratie, wordt daarmee bedoeld dat het gedeelte van het molecuul rond de desbetreffende dubbele binding de *cis*- respectievelijk *trans*-configuratie bezit.
Behalve de reactie waarbij dubbele bindingen worden omgezet tot enkelvoudige bindingen, vindt tijdens de vetharding nog een andere omzetting plaats. Het is namelijk gebleken, dat tijdens de vetharding de configuratie rond de dubbele bindingen kan overgaan van *cis* in *trans*.

3p **9** ☐ Teken schematisch de configuratie van het gedeelte van het achtste tot en met het veertiende koolstofatoom van een veresterd molecuul linolzuur, als daarin de configuratie rond beide dubbele bindingen is overgegaan van *cis* in *trans*.

Bij vetharding kunnen uit veresterd linolzuur veresterde octadeceenzuren (octadeca = 18) ontstaan. De koolstofketen van een veresterd molecuul octadeceenzuur bevat één dubbele koolstof-koolstof-binding.

3p **10** ☐ Leg uit hoeveel verschillende veresterde octadeceenzuren kunnen ontstaan bij vetharding van veresterd linolzuur.

Uit onderzoek is gebleken dat veresterde vetzuren met dubbele bindingen in de *trans*-configuratie een nadelige invloed hebben op de gezondheid. Daarom wordt er veel onderzoek gedaan naar de samenstelling van margarine en frituurvet. Bij dit onderzoek aan vetten en oliën wordt onder andere gebruik gemaakt van dunnelaagchromatografie.

Bij deze analysemethode hebben de volgende factoren invloed op de loopsnelheid en dus op de afstand die de glyceryltri-esters vanaf de start afleggen:

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

- het aantal dubbele bindingen in het molecuul van de glyceryltri-ester: hoe minder dubbele bindingen, hoe groter de loopsnelheid;
- de plaats van het veresterde onverzadigde vetzuur in het molecuul van de glyceryltri-ester: wanneer het onverzadigde vetzuur aan het middelste koolstofatoom van het glycerolmolecuul is veresterd, is de loopsnelheid van de glyceryltri-ester groter dan wanneer het onverzadigde vetzuur aan een van de twee buitenste koolstofatomen van het glycerolmolecuul is veresterd;
- de configuratie van de dubbele binding: glyceryltri-esters met dubbele bindingen in de *trans*-configuratie hebben een grotere loopsnelheid dan de overeenkomstige glyceryltri-esters met dubbele bindingen in de *cis*-configuratie.

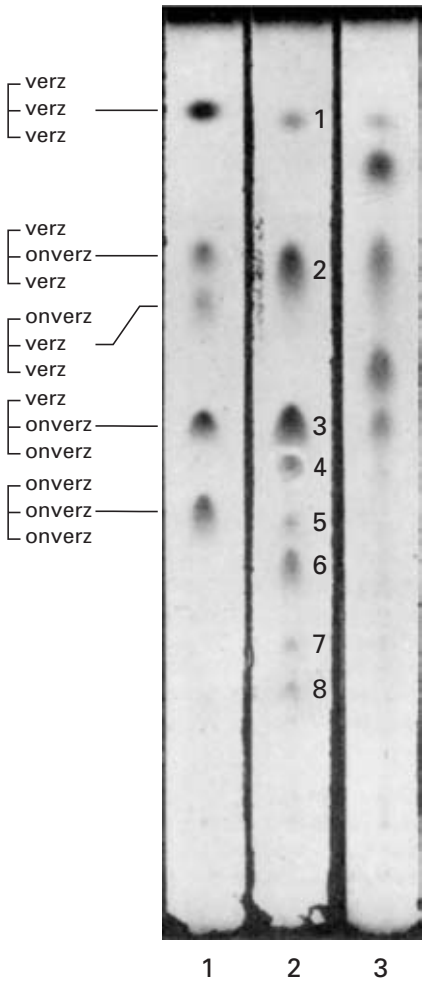
De grootte van de koolwaterstofgroep blijkt niet van invloed te zijn op de loopsnelheid. Zo zijn de loopsnelheden van glyceryltripalmitaat en glyceryltristearaat, beide glyceryltri-esters van verzadigde vetzuren, aan elkaar gelijk. Ook blijkt dat de loopsnelheden van spiegelbeeldisomeren aan elkaar gelijk zijn.

In de figuur hiernaast zijn chromatogrammen afgebeeld van mengsels die bij de margarinebereiding van belang zijn.

In deze chromatogrammen zijn de glyceryltri-esters met uitsluitend veresterde verzadigde vetzuren schematisch met verz–verz–verz weergegeven.

De afkorting 'onverz' staat voor een onverzadigd veresterd vetzuur met één dubbele koolstof-koolstof-binding.
De afgebeelde chromatogrammen zijn van:
1. een synthetisch mengsel van vijf glyceryltri-esters; de dubbele bindingen in de veresterde onverzadigde vetzuren hierin hebben alle de *cis*-configuratie.
2. (ongeharde) natuurlijke palmolie;
3. gedeeltelijk geharde palmolie.

Bij het maken van deze chromatogrammen is telkens dezelfde loopvloeistof (mobiele fase) en hetzelfde dragermateriaal (stationaire fase) gebruikt.



In natuurlijke palmolie komen uitsluitend glyceryltri-esters voor. De dubbele bindingen in de veresterde onverzadigde vetzuren in deze glyceryltri-esters hebben alle de *cis*-configuratie. Behalve de vijf glyceryltri-esters die in het mengsel zaten dat voor chromatogram 1 is gebruikt, bestaat er nog een glyceryltri-ester, namelijk onverz–verz–onverz. Zulke glyceryltri-esters komen wel in natuurlijke palmolie voor.

2p **11** ☐ Geef het nummer van de vlek in chromatogram 2 waarin de glyceryltri-esters van het type onverz–verz–onverz terecht zijn gekomen. Geef een verklaring voor je antwoord met behulp van gegevens uit deze opgave.

3p **12** ☐ Leg uit of uit deze chromatogrammen de conclusie getrokken mag worden dat bij de vetharding van deze palmolie dubbele bindingen in de *cis*-configuratie zijn overgegaan in dubbele bindingen in de *trans*-configuratie.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

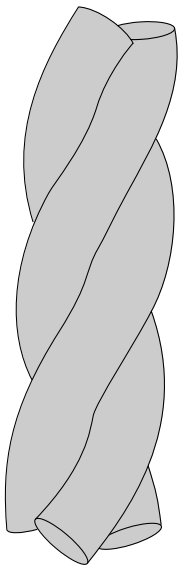
Leerlooien

Leer wordt gemaakt van huiden van dieren. Hierbij ondergaan de huiden eerst een aantal bewerkingen waarbij hoofdzakelijk collageen overblijft.
Collageen is een eiwit dat voor de stevigheid van weefsels zorgt.
In een artikel over de bereiding van leer staat het volgende over collageen.

tekstfragment

Collageen wordt allereerst gekenmerkt door het hoge gehalte glycine: één glycine-eenheid op elke derde plaats in de aminozuurketen. Ook heeft het een hoog gehalte proline. In de aminozuurketen zitten de glycine-eenheden en proline-eenheden vaak naast elkaar. En tenslotte heeft het een kenmerkend hoog gehalte hydroxyproline. Meestal zit een hydroxyproline-eenheid naast een proline-eenheid.

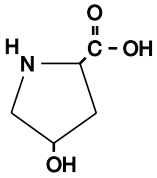
De aanwezigheid van proline zorgt ervoor dat de keten een linksdraaiende spiraal wordt. De aanwezigheid van glycine op elke derde plaats zorgt ervoor dat drie van die spiralen in elkaar draaien tot een drievoudige, rechtsdraaiende spiraal (zie de figuur hiernaast). De aanwezigheid van hydroxyproline heeft een sterk stabiliserend effect door waterstofbruggen.



naar: Chemical Society Reviews

In het tekstfragment worden aminozuren genoemd die kenmerkend zijn voor collageen. Ook kan uit het tekstfragment worden afgeleid welke aminozuurvolgorde kenmerkend is voor collageen. Deze informatie kan samengevat worden in een structuurformule van een stukje uit het midden van de eiwitketen. Om alle informatie weer te geven moet dit stukje bestaan uit vier aminozuureenheden.

4p **13** ☐ Geef een structuurformule van zo'n stukje eiwit dat uit vier aminozuureenheden bestaat. Dit stukje moet beginnen met een glycine-eenheid en het komt uit het midden van het eiwitmolecuul. De structuurformule van hydroxyproline is:



In een bepaalde zin in het tekstfragment wordt de secundaire structuur van collageen beschreven.

2p **14** ☐ Schrijf de zin uit het tekstfragment over waarin de secundaire structuur wordt beschreven.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

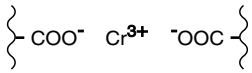
Na het vrijmaken van het collageen vindt het zogenoemde looien plaats. Bij het looien van leer worden de eiwitketens aan elkaar gekoppeld, waardoor het leer minder krimpt onder invloed van verschillen in temperatuur en vochtigheidsgraad. Ook is gelooid leer beter bestand tegen de inwerking van micro-organismen.
Voor het looien van leer wordt veelal gebruik gemaakt van chroom(III)sulfaat, $Cr_2(SO_4)_3$. Deze stof wordt bereid door zwaveldioxide te laten reageren met chroomzuur, H_2CrO_4. Hierbij ontstaat chroom(III)sulfaat als enige chroom- en zwavelbevattende verbinding. Behalve chroom(III)sulfaat ontstaat bij deze reactie één andere stof.

3p **15** ☐ Geef de reactievergelijking van de bereiding van chroom(III)sulfaat uit zwaveldioxide en chroomzuur.

De koppeling van de eiwitketens wordt veroorzaakt door chroom(III)ionen en geïoniseerde COOH groepen uit de zijketens van aminozuureenheden zoals asparaginezuur en glutaminezuur. Voor het verkrijgen van gelooid leer van goede kwaliteit wordt tijdens het looiproces, dat plaatsvindt in een oplossing van chroom(III)sulfaat, het ionisatiepercentage van de COOH groepen voortdurend geregeld. Dit bereikt men door de keuze van de pH.

4p **16** ☐ Bereken hoeveel procent van de COOH groepen van de asparaginezuureenheden van collageen zijn geïoniseerd bij pH = 3,00. Bij deze berekening mogen de COOH groepen en de COO^- groepen beschouwd worden als opgelost. De K_z van asparaginezuureenheden in collageen heeft een waarde van $1{,}6 \cdot 10^{-4}$.

Bij het looien ontstaat tussen de ketens een koppeling, die als volgt schematisch kan worden weergegeven:



Gelooid leer heeft een goede kwaliteit als de koppelingen tussen de eiwitketens niet alleen aan het oppervlak maar ook in het binnenste van het collageen ontstaan. Daartoe wordt gestart bij een pH waarbij de chroom(III)ionen eerst in het collageen kunnen binnendringen. Vervolgens verandert men de pH zodanig dat de koppelingen tussen de ketens tot stand komen.

2p **17** ☐ Leg uit of men, nadat de chroom(III)ionen het collageen zijn binnengedrongen, de pH moet verlagen of verhogen om de koppelingen tussen de ketens tot stand te brengen.

Let op: de volgende vragen van dit examen staan op de volgende pagina.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Strooizout

Deze opgave gaat over het artikel 'Vuilverbrander zet afval om in strooizout' dat is afgedrukt op het informatieblad dat bij dit examen is verstrekt. Lees dit artikel en maak vervolgens de vragen van deze opgave.

In het artikel wordt gesteld dat het rookgas dat de schoorsteen van de AVI verlaat bijna zuivere waterdamp is. In werkelijkheid ontstaat in de vuilverbrander ook koolstofdioxide. Ook deze stof verlaat de AVI door de schoorsteen. Koolstofdioxide wordt in deze installatie dus niet verwijderd. Koolstofdioxide wordt in verband gebracht met een milieuprobleem.

1p **18** ☐ Geef aan welk milieuprobleem dit is.

In de regels 21 en 22 en in de regels 30 en 31 worden scheidingsmethoden beschreven.

2p **19** ☐ Geef de namen van die scheidingsmethoden. Noteer je antwoord als volgt:
in de regels 21 en 22: ….
in de regels 30 en 31: ….

Niet overal in het artikel is duidelijk over welke stof het gaat. Zo kan met de aanduiding 'kalk' de stof 'ongebluste kalk', 'gebluste kalk' of 'kalksteen' bedoeld zijn. Voor het te bereiken doel maakt dit in feite niet uit: alle drie de stoffen geven het gewenste effect.

4p **20** ☐ Leg dit uit. Vermeld in de uitleg de formule van elk van de drie stoffen.

Uit het artikel kan worden afgeleid dat de kalk die in het rookgas wordt geblazen niet volledig wordt omgezet tot calciumchloride; een deel van de kalk heeft niet gereageerd. Dat een deel van de kalk niet heeft gereageerd, zou verklaard kunnen worden door aan te nemen dat de kalk in overmaat is toegevoegd. In het artikel is echter een gegeven te vinden waaruit zou kunnen worden opgemaakt dat te weinig kalk is toegevoegd.

1p **21** ☐ Welk gegeven wordt hier bedoeld?
2p **22** ☐ Geef twee andere mogelijke verklaringen voor het feit dat een deel van de kalk niet heeft gereageerd.

In de nieuwe opzet van het zuiveringsproces wordt nagenoeg zuiver calciumchloride verkregen. Door een combinatie van gegevens kan berekend worden hoeveel ton calciumchloride maximaal per jaar in de Amsterdamse AVI kan ontstaan als al het chloor uit het PVC volledig in dit zout wordt omgezet.

4p **23** ☐ Geef deze berekening. Gebruik daarbij onder andere de volgende gegevens:
- een ton is 10^3 kg;
- de molecuulformule van PVC is $(C_2H_3Cl)_n$.

In het artikel worden argumenten genoemd waarom PVC nadelig is. Behalve de genoemde, zijn er nog andere argumenten aan te voeren waarom PVC nadelig is.

2p **24** ☐ Noem twee argumenten, al dan niet in het artikel genoemd, die milieugroepen naar voren kunnen brengen om ondanks de nieuwe opzet van rookgasreiniging het gebruik van PVC toch terug te dringen.

Einde

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Examen VWO

Scheikunde 1,2 (nieuwe stijl)

Voorbereidend
Wetenschappelijk
Onderwijs

20 **02**

Tijdvak 1
Maandag 27 mei
13.30–16.30 uur

Voor dit examen zijn maximaal 71 punten te behalen; het examen bestaat uit 25 vragen.
Voor elk vraagnummer is aangegeven hoeveel punten met een goed antwoord behaald kunnen worden.
Bij dit examen hoort een informatieblad.
Voor de uitwerking van de vragen 3 en 24 is een bijlage toegevoegd.

Als bij een vraag een verklaring, uitleg, berekening of afleiding gevraagd wordt, worden aan het antwoord meestal geen punten toegekend als deze verklaring, uitleg, berekening of afleiding ontbreekt.

Geef niet meer antwoorden (redenen, voorbeelden e.d.) dan er worden gevraagd. Als er bijvoorbeeld twee redenen worden gevraagd en je geeft meer dan twee redenen, dan worden alleen de eerste twee in de beoordeling meegeteld.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Munt

Een bepaalde munt heeft een massa van 7,50 gram. De munt bestaat uit nikkel en messing. Messing is een legering van koper en zink.
Peter heeft van zijn docent scheikunde de opdracht gekregen om het massapercentage nikkel en koper van zo'n munt te bepalen. Daartoe moet de munt eerst volledig worden omgezet tot een oplossing van zouten van deze metalen. Peter gebruikt daar een oplossing van salpeterzuur voor. De reactie van een metaal met een salpeterzuuroplossing is een redoxreactie.

2p **1** ☐ Leg aan de hand van getalwaarden uit Binas uit dat verwacht mag worden dat koper, nikkel en zink reageren met een oplossing van salpeterzuur.

Peter heeft in zijn werkplan een methode opgenomen die veel wordt gebruikt om nikkelgehaltes te bepalen. Hierbij wordt aan een oplossing die nikkelionen bevat een overmaat ammonia toegevoegd. Vervolgens wordt een kleurloze oplossing van dimethylglyoxim toegevoegd. Hierbij ontstaat een neerslag. Na weging van het neerslag kan het nikkelgehalte worden berekend.
Dimethylglyoxim heeft de molecuulformule $C_4H_8N_2O_2$ en is een éénwaardig zwak zuur. Het wordt in het vervolg van deze opgave weergegeven als HDim.
In onderstaande tabel zijn enkele gegevens te vinden die voor het onderzoek van belang zijn.

	Ionsoort		
	Cu^{2+}	Ni^{2+}	Zn^{2+}
Reactieproduct na toevoeging van ammonia	complex ion: $Cu(NH_3)_4^{2+}$ opgelost, blauw	complex ion: $Ni(NH_3)_6^{2+}$ opgelost, kleurloos	complex ion: $Zn(NH_3)_4^{2+}$ opgelost, kleurloos
Reactieproduct na toevoeging van ammonia en vervolgens een oplossing van dimethylglyoxim	complex ion: $Cu(HDim)^{2+}$ opgelost, bruin	$Ni(Dim)_2$ neerslag	geen reactie

Nadat het werkplan is goedgekeurd, is Peter met de bepaling van het nikkelgehalte begonnen. Hij heeft de munt volledig opgelost en de oplossing vervolgens met water aangevuld tot een volume van 100,0 mL. Deze oplossing noemt hij voortaan oplossing A. Aan 10,0 mL van oplossing A voegt hij een overmaat ammonia toe. Vervolgens druppelt hij zoveel van een oplossing van dimethylglyoxim toe, dat alle nikkelbevattende ionen zijn neergeslagen als $Ni(Dim)_2$. Daarna filtreert hij de suspensie en spoelt het residu na met gedestilleerd water. Hij voegt het spoelwater volledig toe aan het filtraat. Hij droogt het residu en weegt het. De massa blijkt 258 mg te zijn.

3p **2** ☐ Bereken uit bovenstaande gegevens het aantal gram nikkel in de munt. De massa van een mol $Ni(Dim)_2$ is 289 g.

Peter wil het kopergehalte van de munt colorimetrisch bepalen en gebruikt daarvoor het filtraat dat hij bij de nikkelbepaling heeft overgehouden. In het filtraat is $Cu(HDim)^{2+}$ de enige koperbevattende ionsoort. De lichtbruine kleur van het filtraat wordt uitsluitend veroorzaakt door $Cu(HDim)^{2+}$ ionen.
Hij vult het filtraat aan met water tot een volume van 250,0 mL. Deze oplossing noemt hij oplossing B.
Vervolgens maakt hij een ijkreeks met vijf standaardoplossingen. Elk van deze vijf oplossingen is gemaakt door ammonia, een oplossing van kopersulfaat en een oplossing van HDim samen te voegen en het mengsel vervolgens met water aan te vullen tot 250,0 mL. De oplossingen verschillen alleen in de hoeveelheid van de toegevoegde oplossing van kopersulfaat. Ook in deze oplossingen is $Cu(HDim)^{2+}$ de enige koperbevattende ionsoort.
Peter maakt ook een blanco-oplossing door ammonia en een oplossing van HDim samen te voegen en het mengsel vervolgens met water aan te vullen tot 250,0 mL.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Van elk van de vijf standaardoplossingen meet hij de extinctie, waarbij hij de extinctie van de blanco-oplossing op 0,00 instelt. Hij verwerkt de resultaten van de metingen in een diagram. Dit diagram is weergegeven op de bijlage bij deze opgave.
Tenslotte meet Peter de extinctie van oplossing B. Ook bij deze meting stelt hij de extinctie van de blanco-oplossing in op 0,00. De extinctie van oplossing B blijkt 0,65 te zijn.

3p **3** ☐ Bepaal de $[Cu(HDim)^{2+}]$ (in mol L^{-1}) in oplossing B. Geef daarbij op de bijlage aan hoe deze concentratie uit het diagram is afgeleid.

2p **4** ☐ Bereken het massapercentage koper in de munt.

Diamant

Koolstofatomen uit verschillende moleculen kunnen aan elkaar worden gekoppeld. Wanneer men bijvoorbeeld 1-chloorpropaan, in ether als oplosmiddel, laat reageren met natrium, vindt de volgende koppelingsreactie plaats

$$CH_3 - CH_2 - CH_2 - Cl + 2\,Na + Cl - CH_2 - CH_2 - CH_3 \rightarrow CH_3 - CH_2 - CH_2 - CH_2 - CH_2 - CH_3 + 2\,NaCl$$

Op soortgelijke wijze kan ook 2,3-dimethylpentaan bereid worden. Hiertoe laat men een mengsel van twee verschillende monochlooralkanen met een onvertakte koolstofketen reageren met natrium. Behalve 2,3-dimethylpentaan ontstaan hierbij nog twee alkanen. Deze twee alkanen zijn geen isomeren van 2,3-dimethylpentaan.

2p **5** ☐ Geef de structuurformules van de twee *onvertakte* monochlooralkanen die voor deze koppelingsreactie nodig zijn.

2p **6** ☐ Geef de structuurformules van de twee alkanen die naast 2,3-dimethylpentaan zullen ontstaan.

De reactie waarbij koolstofatomen uit verschillende moleculen aan elkaar worden gekoppeld, is onlangs door onderzoekers gebruikt om diamant te maken. Zij gingen uit van tetrachloormethaan ('tetra', CCl_4) als halogeenalkaan en lieten dat in een afgesloten reactievat met een grote overmaat natrium reageren in aanwezigheid van stukjes kobalt als katalysator. Na geruime tijd verwarmen bleek het reactievat een mengsel te bevatten van de katalysator kobalt, het overgebleven natrium en de reactieproducten grafiet, fijnverdeeld diamantpoeder en natriumchloride. De vergelijking van de opgetreden reactie is:

$$CCl_4 + 4\,Na \rightarrow C\ (\text{diamant en grafiet}) + 4\,NaCl$$

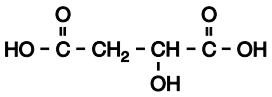
Grafiet en diamant zijn verschillende verschijningsvormen van het element koolstof.
De vorming van grafiet uit tetra en natrium is exotherm.

3p **7** ☐ Bereken voor de reactie $CCl_4(l) + 4\,Na(s) \rightarrow C(s, \text{grafiet}) + 4\,NaCl(s)$ de reactiewarmte in joule per mol grafiet ($T = 298$ K, $p = p_0$).

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Fles wijn

Wijn bevat behalve alcohol ook een aantal opgeloste zuren. Eén van die zuren heeft de volgende structuurformule:



3p **8** ☐ Geef de systematische naam van dit zuur.

Door de aanwezigheid van opgeloste zuren heeft wijn een pH die tussen 2,9 en 3,9 ligt. Ondanks deze lage pH vinden veel mensen de smaak van wijn niet onaangenaam. In een aangebroken fles wijn wordt dikwijls in de loop van enkele dagen een deel van de alcohol door reactie met zuurstof omgezet tot azijnzuur. De aanwezigheid van azijnzuur in wijn zorgt voor een onaangename smaak. De vorming van azijnzuur in wijn zorgt nauwelijks voor een verlaging van de pH. Dit komt doordat wijn een bufferende werking heeft.
De bufferende werking van wijn wordt voor een groot deel veroorzaakt door een zuur HZ met $K_z = 1{,}0 \cdot 10^{-3}$. In wijn is van dit zuur een groot deel omgezet tot de geconjugeerde base.

4p **9** ☐ Bereken hoeveel procent van dit zuur is omgezet tot de geconjugeerde base als de wijn een pH waarde van 3,2 heeft.

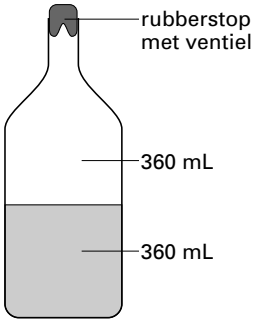
Bij een geopende fles wijn duurt het enkele uren voordat de zuurstof die in de wijn oplost en de zuurstof in de lucht boven de wijn met elkaar in evenwicht zijn. Vanaf dat moment geldt:

$$O_2\,(\text{wijn}) \leftrightarrows O_2\,(\text{lucht}) \qquad \text{met:} \qquad \frac{[O_2(\text{lucht})]}{[O_2(\text{wijn})]} = K$$

Bij 20 °C geldt voor de waarde van de evenwichtsconstante $K = 29$.
Een fles wijn met een inhoud van 720 mL wordt ontkurkt. Op dat moment bevat de wijn nog geen opgeloste zuurstof. Er wordt wijn uitgeschonken, in de fles blijft 360 mL wijn achter. De fles wordt niet afgesloten.

4p **10** ☐ Bereken het aantal mg zuurstof dat na enkele uren, als het evenwicht zich heeft ingesteld, aanwezig is in de 360 mL wijn in de fles. Het molair volume van een gas is bij de heersende temperatuur (20 °C) en druk (1,0 bar) 24 $dm^3\ mol^{-1}$. Lucht bevat 21 volumeprocent zuurstof.

Om de hoeveelheid zuurstof die in wijn oplost te verminderen en dus de vorming van azijnzuur tegen te gaan, kan een aangebroken fles wijn worden afgesloten met een kurk. Er zijn echter ook speciale luchtpompjes in de handel die meer effect hebben dan een kurk. Op een geopende fles wijn die langere tijd bewaard moet worden, plaatst men een rubberen dopje. In het dopje zit een opening die als ventiel werkt. Met het pompje wordt via dit ventiel de druk in de fles verlaagd van 1,0 bar tot 0,25 bar. De zuurstofconcentratie in de lucht boven de wijn wordt door de drukverlaging een kwart van de oorspronkelijke zuurstofconcentratie. De hoeveelheid zuurstof die vervolgens in de wijn gaat oplossen wordt hierdoor veel minder. De hoeveelheid opgeloste zuurstof kan dan namelijk nooit groter zijn dan een kwart van de hoeveelheid zuurstof die oplost zonder drukverlaging.



Een fles wijn van 720 mL wordt voor de helft uitgeschonken (nog 360 mL wijn in de fles met 360 mL lucht daarboven, zie de figuur hiernaast). Daarna wordt de druk in de fles verlaagd van 1,0 bar tot 0,25 bar. Dan blijkt dat in de wijn zelfs nog wat minder zuurstof oplost dan een kwart van de bij vraag 10 berekende hoeveelheid. De temperatuur verandert tijdens het wegpompen van de lucht niet.

3p **11** ☐ Leg uit dat de hoeveelheid zuurstof die in dit geval in de wijn zal oplossen minder is dan een kwart van de bij vraag 10 berekende hoeveelheid.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Bij een bepaald industrieel proces ontstaat afvalwater dat Cu^{2+} ionen bevat. Voordat dit afvalwater mag worden geloosd, moet de $[Cu^{2+}]$ verlaagd worden tot de toegestane waarde. Men heeft een proces ontwikkeld waarbij Cu^{2+} uit het afvalwater wordt verwijderd met behulp van elektrolyse. Deze elektrolyse is zo ontworpen dat al het Cu^{2+} bevattend afvalwater door een sponsachtige koolstofelektrode S stroomt; hierin wordt het Cu^{2+} omgezet tot Cu. Er stroomt voortdurend Cu^{2+} bevattend afvalwater in deze sponsachtige elektrode en gezuiverd afvalwater uit de sponsachtige elektrode. De andere elektrode P is een koolstofplaat, waarlangs een oplossing van een elektrolyt wordt gepompt. Om menging van de vloeistofstromen in het elektrolysevat te voorkomen, is een membraan aangebracht.

4p **12** ☐ Teken de hierboven beschreven elektrolyse-opstelling schematisch. Geef in deze tekening de volgende onderdelen weer:
- het elektrolysevat;
- de spanningsbron en de verbindingskabels van de spanningsbron naar de elektroden;
- de sponsachtige koolstofelektrode S als een gearceerd deel van het elektrolysevat; geef ook aan of deze elektrode verbonden is met de pluspool of met de minpool van de spanningsbron;
- de koolstofelektrode P; geef ook aan of deze elektrode verbonden is met de pluspool of met de minpool van de spanningsbron;
- het membraan als een stippellijn;
- de vloeistofstromen die het elektrolysevat in- en uitgaan als pijlen met de bijschriften:
  - Cu^{2+} bevattend afvalwater
  - gezuiverd afvalwater
  - elektrolytoplossing in
  - elektrolytoplossing uit.

Bij de uitvoering van zo'n zuiveringsproces wil men uit afvalwater 100 gram Cu^{2+} per m^3 afvalwater verwijderen. Van de stroom die door de elektrolysecel gaat, wordt 45 A (A betekent ampère; 1 ampère = 1 coulomb per seconde) gebruikt voor de omzetting van Cu^{2+} tot Cu. Uitgaande van deze gegevens kan men berekenen hoeveel m^3 afvalwater men per uur door de reactor kan leiden om de gewenste zuivering te bereiken.

4p **13** ☐ Geef deze berekening. Gebruik hierbij onder andere tabel 7 van Binas.

Nadat de elektrolyse in de reactor geruime tijd heeft plaatsgevonden, heeft zich in de koolstofelektrode zoveel koper afgezet dat dit verwijderd moet worden. Daartoe wordt de elektrolyse in de reactor enige tijd gestopt en wordt een aangezuurde oplossing van waterstofperoxide door de sponsachtige koolstofelektrode geleid. Er treedt dan een redoxreactie op waarbij een oplossing ontstaat die Cu^{2+} bevat. Deze oplossing kan weer gebruikt worden als grondstof.

3p **14** ☐ Geef van de bedoelde redoxreactie de vergelijkingen van de beide halfreacties en leid daaruit de vergelijking van de totale reactie af.

Om het koper van de koolstofelektrode in de reactor te verwijderen, kan ook gebruik worden gemaakt van elektrolyse. Deze elektrolyse wordt dan op zo'n manier uitgevoerd dat een oplossing wordt gevormd met een $[Cu^{2+}]$ die veel hoger is dan de $[Cu^{2+}]$ van het oorspronkelijke afvalwater.

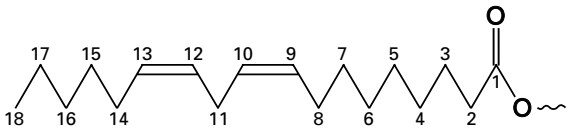
1p **15** ☐ Welke verandering moet men in de bovenbeschreven elektrolyseopstelling aanbrengen om door elektrolyse het Cu om te zetten tot Cu^{2+}?

1p **16** ☐ Welke verandering moet men bovendien aanbrengen, zodat een oplossing ontstaat die een veel hogere $[Cu^{2+}]$ heeft dan het oorspronkelijke afvalwater?

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Margarine

Plantaardige olie is een belangrijk bestanddeel van onze voeding. Plantaardige olie bestaat voornamelijk uit glyceryltri-esters van diverse vetzuren; in deze opgave wordt aangenomen dat er geen andere molecuulsoorten in aanwezig zijn. Van de veresterde vetzuren in plantaardige olie is een groot deel onverzadigd.
In de meeste plantaardige oliën hebben de dubbele bindingen in de onverzadigde veresterde vetzuren de *cis*-configuratie. Zo kan de configuratie van een deel van een veresterd molecuul linolzuur als volgt schematisch worden weergegeven:



In deze schematische weergave zijn de koolstofatomen van het veresterde linolzuurmolecuul genummerd.
Wanneer in deze opgave wordt gesproken over dubbele bindingen in de *cis*- respectievelijk *trans*-configuratie, wordt daarmee bedoeld dat het gedeelte van het molecuul rond de desbetreffende dubbele binding de *cis*- respectievelijk *trans*-configuratie bezit.
Plantaardige oliën hebben een laag smeltpunt. Om plantaardige olie te kunnen toepassen in margarine of in frituurvet wordt de olie zodanig bewerkt dat een product ontstaat dat bij een hogere temperatuur vloeibaar wordt. Daartoe laat men de olie reageren met waterstof.
Bij deze zogenoemde vetharding wordt een groot deel van de dubbele koolstof-koolstof-bindingen in de onverzadigde veresterde vetzuurmoleculen omgezet tot enkelvoudige koolstof-koolstof-bindingen.
Behalve de reactie waarbij dubbele bindingen worden omgezet tot enkelvoudige bindingen, vindt tijdens de vetharding nog een andere omzetting plaats. Het is namelijk gebleken, dat tijdens de vetharding de configuratie rond de dubbele bindingen kan overgaan van *cis* in *trans*.

3p **17** ☐ Teken schematisch de configuratie van het gedeelte van het achtste tot en met het veertiende koolstofatoom van een veresterd molecuul linolzuur, als daarin de configuratie rond beide dubbele bindingen is overgegaan van *cis* in *trans*.

Bij vetharding kunnen uit veresterd linolzuur veresterde octadeceenzuren (octadeca = 18) ontstaan. De koolstofketen van een veresterd molecuul octadeceenzuur bevat één dubbele koolstof-koolstof-binding.

3p **18** ☐ Leg uit hoeveel verschillende veresterde octadeceenzuren kunnen ontstaan bij vetharding van veresterd linolzuur.

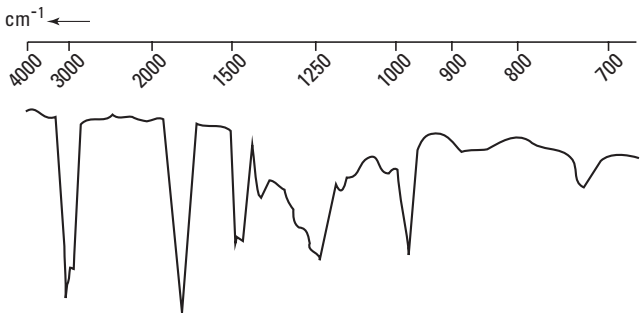
Uit onderzoek is gebleken dat veresterde vetzuren met dubbele bindingen in de *trans*-configuratie een nadelige invloed hebben op de gezondheid. Daarom wordt er veel onderzoek gedaan naar de samenstelling van margarine en frituurvet. Bij dit onderzoek worden de glyceryltri-esters van het vet met behulp van een overmaat methanol volledig omgezet tot glycerol en de methylesters van de vetzuren; men noemt dit om-esteren.

4p **19** ☐ Geef van deze om-estering de reactievergelijking in structuurformules. Noteer daarbij de drie koolwaterstofgroepen van de veresterde vetzuren als R_x, R_y en R_z.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Uit het ontstane mengsel worden eerst de glycerol en het overgebleven methanol afgescheiden. Het overblijvende mengsel van de methylesters wordt gescheiden door middel van destillatie. De fracties die men daarbij verkrijgt, worden vervolgens onderzocht met behulp van IR-spectrometrie.
Bij zo'n onderzoek werd van één van die fracties het volgende IR-absorptiespectrum gemeten:

IR-spectrum



2p **20** ☐ Leg aan de hand van dit spectrum en een gegeven uit Binas-tabel 38A uit of de onderzochte fractie methylestermoleculen met dubbele bindingen in de *trans*-configuratie bevat.

Let op: de laatste vragen van dit examen staan op de volgende pagina.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Strooizout

Deze opgave gaat over het artikel 'Vuilverbrander zet afval om in strooizout' dat is afgedrukt op het informatieblad dat bij dit examen is verstrekt. Lees dit artikel en maak vervolgens de vragen van deze opgave.

In het artikel wordt gesteld dat het rookgas dat de schoorsteen van de AVI verlaat bijna zuivere waterdamp is. In werkelijkheid ontstaat in de vuilverbrander ook koolstofdioxide. Ook deze stof verlaat de AVI door de schoorsteen. Koolstofdioxide wordt in deze installatie dus niet verwijderd. Koolstofdioxide wordt in verband gebracht met een milieuprobleem.

1p **21** ☐ Geef aan welk milieuprobleem dit is.

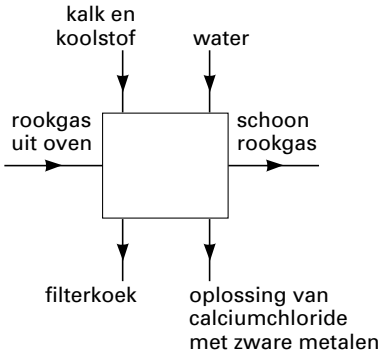
Niet overal in het artikel is duidelijk over welke stof het gaat. Zo kan met de aanduiding 'kalk' de stof 'ongebluste kalk', 'gebluste kalk' of 'kalksteen' bedoeld zijn. Voor het te bereiken doel maakt dit in feite niet uit: alle drie de stoffen geven het gewenste effect.

4p **22** ☐ Leg dit uit. Vermeld in de uitleg de formule van elk van de drie stoffen.

In de nieuwe opzet van het zuiveringsproces wordt nagenoeg zuiver calciumchloride verkregen. Door een combinatie van gegevens kan berekend worden hoeveel ton calciumchloride maximaal per jaar in de Amsterdamse AVI kan ontstaan als al het chloor uit het PVC volledig in dit zout wordt omgezet.

4p **23** ☐ Geef deze berekening. Gebruik daarbij onder andere de volgende gegevens:
- een ton is 10^3 kg;
- de molecuulformule van PVC is $(C_2H_3Cl)_n$.

In de nieuwe opzet worden de rookgassen die uit de oven komen nog steeds met kalk behandeld. De zuiveringsprocessen die daarna komen, wijken echter af van de huidige situatie. Zo wordt in één van de stappen geen natronloog gebruikt maar water. De in het artikel beschreven nieuwe opzet van het zuiveringsproces kan als volgt in een compact blokschema worden worden weergegeven (zie figuur hiernaast):



Op de bijlage bij dit examen is de nieuwe opzet meer gedetailleerd in een blokschema weergegeven. In dit blokschema ontbreken de meeste namen van de stofstromen.

4p **24** ☐ Maak het blokschema op de bijlage verder af.
- Geef in de twee blanco gelaten blokken met een R aan of het een reactor betreft en met een S of het een scheidingsruimte betreft.
- Zet bij de plaatsen 1 t/m 6 de stofstromen met de volgende aanduidingen: *kalk en koolstof, water, rookgasreinigingsresidu, filterkoek, schoon rookgas, oplossing van calciumchloride met zware metalen.*

In het artikel worden argumenten genoemd waarom PVC nadelig is. Behalve de genoemde, zijn er nog andere argumenten aan te voeren waarom PVC nadelig is.

2p **25** ☐ Noem twee argumenten, al dan niet in het artikel genoemd, die milieugroepen naar voren kunnen brengen om ondanks de nieuwe opzet van rookgasreiniging het gebruik van PVC toch terug te dringen.

Einde

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Examen VWO

Voorbereidend
Wetenschappelijk
Onderwijs

20 **02**

Tijdvak 1
Maandag 27 mei
13.30–16.30 uur

Scheikunde 1,2 (nieuwe stijl)

Informatieblad

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Vuilverbrander zet afval om in strooizout

De Amsterdamse afvalverwerkingsinstallatie AVI wil haar eigen afvalproductie drastisch verminderen. Tijdens de verbranding van huisvuil ontstaat een grote hoeveelheid afval als reststof van de installatie die de rookgassen reinigt. Dit afval, een zout poeder, is zo vervuild dat het als gevaarlijk chemisch afval moet worden gedumpt op een vuilstortplaats in Zaanstad.

Dat een installatie als de AVI problemen heeft met zouten, klinkt vreemd. Huisvuil bulkt niet van het zout. Het probleem ontstaat tijdens het verbranden. In de vlammen vormt zich zoutzuur doordat het huisvuil behoorlijk wat PVC (polyvinylchloride) bevat. Als het PVC brandt, komt chloor vrij, dat zich bindt tot zoutzuur. „Ik schat dat het huisvuil voor 0,7 procent uit PVC bestaat", zegt De Vries van AVI.

Het agressieve zuur wordt geneutraliseerd meteen als de rook uit de oven komt. Er wordt kalk in de rook gespoten die het zuur neutraliseert tot de relatief onschuldige zoutverbinding calciumchloride, het merendeel van het rookgasreinigingsresidu.

Jaarlijks verwerkt de Amsterdamse installatie achthonderdduizend ton afval. Er zijn vier ovens, met elk een eigen rookgasreiniging. Die functioneert goed, want het rookgas dat het gebouw via een honderd meter hoge schoorsteen verlaat, is bijna zuivere waterdamp. In de buik van het gebouw valt het overblijfsel van de reiniging in grote plastic zakken met een inhoud van een kubieke meter. Elk half uur is een zak vol.

Dat residu is zwaar verontreinigd. Tussen het calciumchloride zitten zware metalen, afkomstig uit het huishoudelijk afval. Bovendien ontstaan tijdens de verbranding behalve zoutzuur ook de beruchte dioxines. Deze hechten zich aan koolstofdeeltjes die samen met de kalk in de hete rook worden geblazen. Ook die belanden in de grote plastic zakken. Het mengsel heeft daardoor geen mooie witte zoutkleur, maar ziet er vaalgrijs uit.

„We zijn bezig de vuilstort in Zaanstad te vullen met deze zakken", zegt De Vries.

De nieuwe plannen van de AVI maken hieraan een einde en leveren een besparing op van ruim drie miljoen gulden per jaar aan vermeden stortkosten. Jaarlijks rest er dan slechts driehonderd ton onverwerkbaar afval.

Om een bruikbaar zout te krijgen, zijn diverse veranderingen nodig. In de huidige situatie zijn de rookgassen nog behoorlijk zuur na de behandeling met kalk. Elders in de rookgasinstallatie worden ze geneutraliseerd met natronloog. In de nieuwe opzet geven de gassen hun laatste restje zuur af aan water. Het zuur in dat water zal worden geneutraliseerd door het eerder gevormde rookgasreinigingsresidu.

Om bruikbaar zout te krijgen, moet het nu natte residu van de rookgasreiniging worden gereinigd. Daartoe gaat het door een filter waarin de vaste delen achterblijven. In de filterkoek zitten de onverwerkbare fijne deeltjes met de dioxines. De zoute vloeistof wordt vervolgens ontdaan van de zware metalen en ingedampt tot calciumchloride. Een toepassing is gladheidbestrijding.

De Amsterdamse oplossing is aardig, maar niet ideaal. De Vries: „Het is beter als het PVC uit het huishoudelijk afval verdwijnt. Dan zijn er minder problemen met het verbranden."

De vorming van zoutzuur beperkt de productie van elektriciteit. Nu levert de installatie 15 procent van de Amsterdamse stroombehoefte; dat kan in principe verdubbelen als huisvuil geen PVC zou bevatten.

De milieugroepen hebben onlangs bij de Tweede Kamer aangedrongen om het gebruik van PVC terug te dringen. Toch zal PVC niet snel in de ban worden gedaan. De belangen zijn groot; de industrie wil de goedkope kunststof niet kwijt.

naar: de Volkskrant

Einde

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Examen VWO 2002

Tijdvak 1
Maandag 27 mei
13.30–16.30 uur

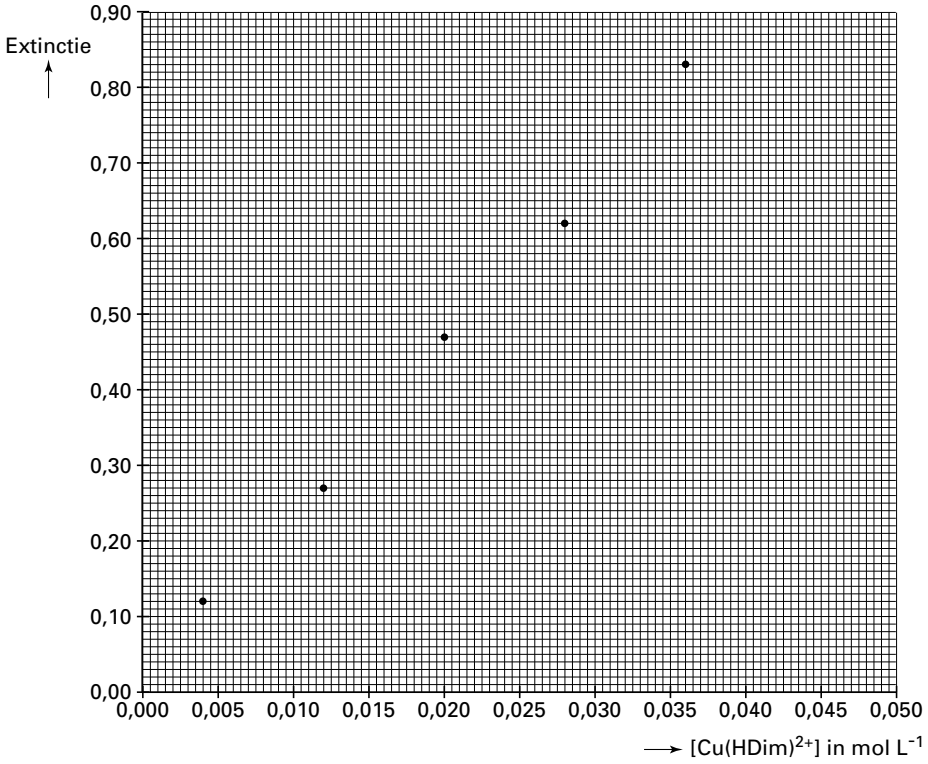
Examennummer

.....

Naam

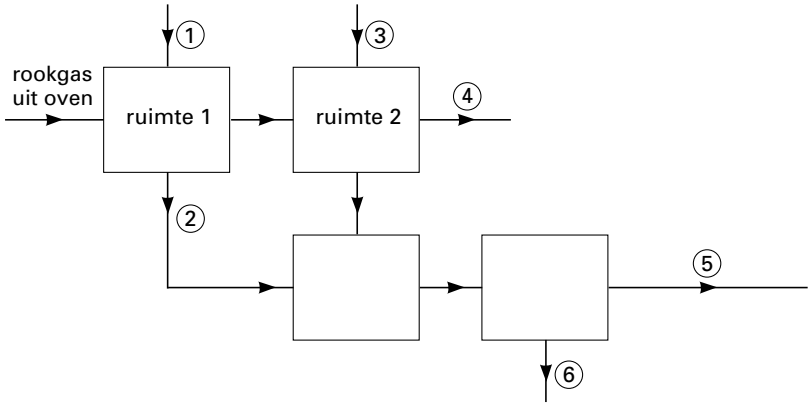
.....

Vraag 3



Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Vraag 24



Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Examen VWO

Scheikunde (oude stijl)

Voorbereidend
Wetenschappelijk
Onderwijs

20 **02**

Tijdvak 2
Woensdag 19 juni
13.30 – 16.30 uur

Voor dit examen zijn maximaal 70 punten te behalen; het examen bestaat uit 22 vragen.
Voor elk vraagnummer is aangegeven hoeveel punten met een goed antwoord behaald kunnen worden.
Voor de uitwerking van vraag 18 is een bijlage toegevoegd.

Als bij een vraag een verklaring, uitleg, berekening of afleiding gevraagd wordt, worden aan het antwoord geen punten toegekend als deze verklaring, uitleg, berekening of afleiding ontbreekt.

Geef niet meer antwoorden (redenen, voorbeelden e.d.) dan er worden gevraagd. Als er bijvoorbeeld twee redenen worden gevraagd en je geeft meer dan twee redenen, dan worden alleen de eerste twee in de beoordeling meegeteld.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Gipsverband

Vroeger stabiliseerde men gebroken armen en benen met gipsverband. Rondom de breuk werd verbandgaas aangelegd, waarop een papje werd aangebracht van calciumsulfaat en water. Deze stoffen reageren met elkaar onder vorming van gips, $CaSO_4 . 2H_2O(s)$. Na verloop van enige tijd is een harde vaste stof ontstaan. Tijdens dit uitharden van het gips voelt het verband warm aan. De volgende reactie is dan opgetreden:

$$CaSO_4(s) + 2\ H_2O(l) \rightarrow CaSO_4 . 2H_2O(s)$$

5p **1** ☐ Verklaar door middel van een berekening dat tijdens het uitharden van het gips het verband warm aanvoelt. Gebruik hierbij gegevens uit Binas-tabel 57A en het gegeven dat van $CaSO_4 . 2H_2O(s)$ de vormingswarmte $-20{,}21 \cdot 10^5$ J mol^{-1} bedraagt.

Tegenwoordig wordt voor dit soort verbanden bijna geen gips meer gebruikt, maar voornamelijk zogenoemde polyurethanen.
Een polyurethaan kan worden gevormd uit twee verschillende stoffen. Een van de beginstoffen die bij de vorming van zo'n polyurethaan gebruikt kan worden, stof A, heeft de volgende structuurformule:

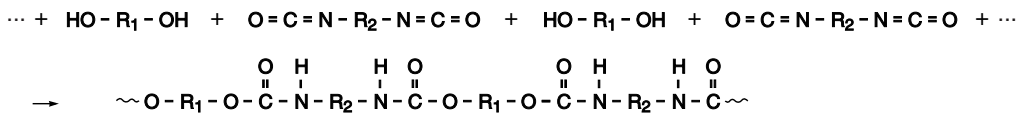
$HO - CH_2 - CH_2 - CH_2 - CH_2 - CH_2 - OH$ stof A

3p **2** ☐ Geef de systematische naam van stof A.

Een mogelijke andere beginstof voor de vorming van een polyurethaan, stof B, heeft de volgende structuurformule:

$O = C = N - CH_2 - CH_2 - CH_2 - CH_2 - N = C = O$ stof B

De groep N = C = O heet isocyanaat.
In het vervolg van deze opgave wordt stof A aangeduid met HO - R_1 - OH en stof B met O = C = N - R_2 - N = C = O.
De vorming van een polyurethaan berust op het feit dat OH groepen met isocyanaatgroepen kunnen reageren. Bij de polymerisatie van stof A met stof B treedt de volgende reactie op:



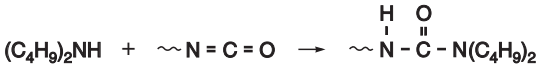
polymeer 1

Deze polymerisatie zou kunnen worden opgevat als additiepolymerisatie.

2p **3** ☐ Geef twee argumenten die de opvatting ondersteunen dat deze polymerisatiereactie berust op additie.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Isocyanaatgroepen kunnen ook met NH groepen reageren. Van de reactie van isocyanaatgroepen met NH groepen maakt men onder andere gebruik bij een methode om vast te stellen wat het massapercentage van stof B in een monster van stof B is. Bij zo'n bepaling voegt men aan een monster van stof B een overmaat dibutylamine, $(C_4H_9)_2NH$, toe. De isocyanaatgroepen van de moleculen van stof B reageren als volgt met dibutylaminemoleculen:



De overmaat dibutylamine wordt teruggetitreerd met een oplossing van waterstofchloride in methanol. De vergelijking van de reactie die dan optreedt, kan als volgt worden weergegeven:

$$(C_4H_9)_2NH + HCl \rightarrow (C_4H_9)_2NH_2^+ + Cl^-$$

Bij zo'n bepaling liet men 538 mg van een monster van stof B reageren met 20,0 mL van een dibutylamine-oplossing. Voor de terugtitratie was 12,5 mL 1,025 M HCl-oplossing nodig.
Daarna werd een blanco-bepaling uitgevoerd, waarbij 20,0 mL van de dibutylamine-oplossing werd getitreerd met de 1,025 M HCl-oplossing. Voor deze titratie was 19,3 mL nodig.

5p **4** ☐ Bereken het massapercentage van stof B in het onderzochte monster.

Omdat isocyanaatgroepen met NH groepen kunnen reageren, kan er ook een reactie optreden tussen polymeer 1 en stof B. Bij die reactie ontstaat een nieuw polymeer, polymeer 2. Polymeer 2 wordt vanwege zijn eigenschappen toegepast in moderne verbanden om gebroken ledematen te stabiliseren. Bij het maken van zo'n verband legt men rondom de breuk een verbandgaas aan, waarop een mengsel van polymeer 1 en stof B is aangebracht, en laat de reactie tussen polymeer 1 en stof B optreden. Nadat de reactie heeft plaatsgevonden, is een verband verkregen dat uitstekend geschikt is om een gebroken ledemaat te stabiliseren.

3p **5** ☐ Leg uit dat polymeer 2 gebruikt kan worden in een verband dat dient om een gebroken ledemaat te stabiliseren.

Messen slijten

Roest ontstaat doordat ijzer met zuurstof en water reageert. IJzerroest kan worden voorgesteld met de formule $Fe_2O_3 . nH_2O$. Men stelt zich voor dat de roestvorming in een aantal stappen verloopt.
Stap 1: Eerst wordt het ijzer omgezet tot Fe^{2+}. Zuurstof is hierbij de oxidator en reageert volgens de halfreactie $O_2 + 2\ H_2O + 4\ e^- \rightarrow 4\ OH^-$.
Stap 2: Vervolgens slaat ijzer(II)hydroxide neer: $Fe^{2+} + 2\ OH^- \rightarrow Fe(OH)_2$.
Stap 3: Het ijzer(II)hydroxide wordt daarna omgezet tot ijzer(III)hydroxide; ook hier is zuurstof oxidator. De volgende redoxreactie treedt op:
$4\ Fe(OH)_2 + O_2 + 2\ H_2O \rightarrow 4\ Fe(OH)_3$.
Stap 4: Tenslotte wordt het ijzer(III)hydroxide omgezet tot ijzerroest.

2p **6** ☐ Geef de vergelijking van de halfreactie voor de omzetting van $Fe(OH)_2$ tot $Fe(OH)_3$ (zie stap 3). Neem hierbij aan dat het milieu (zwak) basisch is.

3p **7** ☐ Geef de reactievergelijking voor de omzetting van $Fe(OH)_3$ tot $Fe_2O_3 . nH_2O$ (zie stap 4).

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Roestvast staal is een legering van ijzer met vooral chroom en heeft als eigenschap dat het bestand is tegen roesten door de vorming van een beschermend laagje chroom(IV)oxide. Roestvast staal wordt onder andere toegepast in de fabricage van tafelmessen. Van bepaalde duurdere soorten messen bleek na jaren intensief gebruik dat er beschadigingen in het lemmet (het deel waar je mee snijdt) ontstonden. De lemmeten van deze messen waren vervaardigd van roestvast staal en de handvatten bestonden uit een legering met als hoofdbestanddeel zilver. Om de schade aan de messen te verklaren, veronderstelt men dat tijdens de dagelijkse afwas met zeepwater het ijzer van het lemmet zich als opofferingsmetaal gedraagt om het zilver van het handvat te beschermen. Op plaatsen waar het beschermende laagje chroom(IV)oxide is beschadigd, treedt aantasting van het staal op. Daar gaan ijzerionen in oplossing. Men veronderstelt dat de elektronen die daarbij door het ijzer worden afgestaan naar het handvat kunnen stromen, waar ze door zuurstof worden opgenomen. Tijdens de afwas zouden de messen zich dus als elektrochemische cellen gedragen, waarbij er een elektrische stroom door het mes gaat.
Een leerling krijgt als opdracht na te gaan of de veronderstelling dat de messen zich tijdens de afwas als elektrochemische cellen gedragen, juist is. Daartoe scheidt hij van zo'n mes het handvat van het lemmet en maakt, onder andere met behulp van deze twee onderdelen, een elektrochemische cel. Het blijkt dat de cel stroom levert.

3p **8** ☐ Maak een schets van de bedoelde elektrochemische cel. Benoem de onderdelen van de cel en geef in je tekening ook aan welke de positieve elektrode en welke de negatieve elektrode is van de cel.

De gemiddelde grootte van de stroom die tijdens een afwasbeurt door een mes loopt, is 0,3 µA (A is ampère; 1 ampère is 1 coulomb per seconde). Wanneer verder gegeven is dat ijzer het enige metaal is dat reageert, dat het ijzer wordt omgezet tot Fe^{2+} en dat de messen dagelijks tijdens de afwas 20 minuten in het zeepwater verblijven, dan kan worden berekend hoeveel gram ijzer in 15 jaar wordt omgezet.

6p **9** ☐ Geef deze berekening. Maak hierbij onder andere gebruik van Binas-tabel 7. Je hoeft bij deze berekening geen rekening te houden met schrikkeljaren.

Koolstofmono-oxide

Het transport van zuurstof in het menselijk lichaam, vanuit de longen naar de weefsels, wordt verzorgd door hemoglobine. Hemoglobine is een eiwit dat in de rode bloedcellen voorkomt. In deze opgave wordt hemoglobine weergegeven met Hb en hemoglobine dat zuurstof gebonden heeft met HbO_2. De zuurstofopname door hemoglobine in de longen en de zuurstofafgifte in de weefsels kunnen met behulp van het volgende evenwicht worden beschreven:

$$Hb + O_2 \leftrightarrows HbO_2$$

Het percentage van de hemoglobine dat zuurstof aan zich gebonden heeft, hangt af van de concentratie van O_2.

2p **10** ☐ Leg met behulp van een evenwichtsbeschouwing uit of de $[O_2]$ in de weefsels groter of kleiner is dan in de rode bloedcellen.

Koolstofmono-oxide, CO, is een giftig gas.

3p **11** ☐ Geef de elektronenformule van koolstofmono-oxide. Zet daarin eventuele ladingen bij de desbetreffende atomen.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Ook koolstofmono-oxide bindt zich, en zelfs beter dan zuurstof, aan hemoglobine. Het vermindert daardoor onder meer het zuurstoftransport. Blootstelling aan koolstofmono-oxide kan, afhankelijk van de concentratie in de ingeademde lucht en de duur van het contact, leiden tot suffigheid, hoofdpijn, bewusteloosheid en zelfs tot de dood.
De competitie tussen koolstofmono-oxide en zuurstof om binding aan hemoglobine kan worden weergegeven met de volgende betrekking:

$$\frac{\text{aantal mol HbCO}}{\text{aantal mol HbO}_2} = M \frac{[\text{CO}]}{[\text{O}_2]}$$

In deze betrekking
– is HbCO hemoglobine dat koolstofmono-oxide gebonden heeft;
– zijn [CO] en $[O_2]$ de concentraties van koolstofmono-oxide respectievelijk zuurstof in ingeademde lucht;
– is M de zogenoemde relatieve bindingsaffiniteit voor koolstofmono-oxide. Voor de mens ligt M tussen 210 en 245.
Met behulp van deze betrekking kan worden berekend bij welk volumepercentage van koolstofmono-oxide in lucht evenveel hemoglobine is bezet met koolstofmono-oxide als met zuurstof.

3p **12** ☐ Bereken dit volumepercentage koolstofmono-oxide in lucht.
Gebruik bij deze berekening de volgende gegevens:
– het zuurstofgehalte in lucht is 21 volumeprocent;
– $M = 220$.

Koolstofmono-oxide kan ontstaan bij onvolledige verbranding van een koolwaterstof. Niet alleen vanwege de giftigheid wil men vermijden dat koolstofmono-oxide bij een verbranding ontstaat. Verbranding tot koolstofmono-oxide en water levert ook minder energie op dan verbranding tot koolstofdioxide en water.

2p **13** ☐ Leg uit waarom bij de verbranding van aardgas tot koolstofmono-oxide en water minder energie wordt geleverd dan bij de verbranding van een zelfde hoeveelheid aardgas tot koolstofdioxide en water.

Doordat koolstofmono-oxide reuk-, kleur- en smaakloos is, is het moeilijk waarneembaar. Daarom zijn er koolstofmono-oxide detectoren ontwikkeld. Eén zo'n detector bestaat uit een plastic badge, waarop oranje kristallen zijn aangebracht, die palladium(II)chloridedihydraat ($PdCl_2 . 2H_2O$) bevatten. Deze kristallen worden zwart wanneer ze in contact komen met koolstofmono-oxide. De kleurverandering is het gevolg van de vorming van het metaal palladium volgens onderstaande reactie (reactie 1):

$$CO + PdCl_2 . 2H_2O \rightarrow CO_2 + Pd + 2\,HCl + H_2O \qquad \text{reactie 1}$$

De oranje kristallen op de plastic badge bevatten ook een hoeveelheid koper(II)chloridedihydraat ($CuCl_2 . 2H_2O$), dat met het gevormde palladium reageert. Bij deze reactie wordt palladium(II)chloridedihydraat teruggevormd; tevens ontstaat koper(I)chloride (reactie 2):

$$Pd + 2\,CuCl_2 . 2H_2O \rightarrow PdCl_2 . 2H_2O + Cu_2Cl_2 + 2\,H_2O \qquad \text{reactie 2}$$

Door reactie van het gevormde koper(I)chloride met waterstofchloride en zuurstof uit de lucht, wordt koper(II)chloridedihydraat teruggevormd (reactie 3):

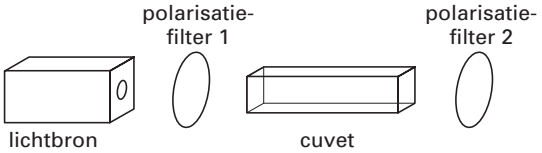
$$2\,Cu_2Cl_2 + 4\,HCl + 6\,H_2O + O_2 \rightarrow 4\,CuCl_2 . 2H_2O \qquad \text{reactie 3}$$

Bij het ontwerpen van deze detector zullen de reactiesnelheden van de reacties 1, 2 en 3 zeker een rol hebben gespeeld. Eén van de reacties dient langzaam te verlopen.

2p **14** ☐ Leg uit welke reactie dat is.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Bij de winning van sacharose uit suikerbieten wordt de sacharose verkregen door kristallisatie uit het zogenoemde diksap, een geconcentreerde oplossing van sacharose. Omdat sacharose een optisch actieve stof is, kan de concentratie van sacharose in een oplossing worden bepaald door meting van de optische activiteit van die oplossing.
De optische activiteit wordt uitgedrukt in een hoek α. Deze hoek geeft de draaiing weer van de trillingsrichting van gepolariseerd licht met een bepaalde golflengte. De optische activiteit kan worden gemeten met behulp van een polarimeter. De meetopstelling kan een opbouw hebben zoals in onderstaande figuur:



3p **15** ☐ Geef aan welke handelingen men achtereenvolgens met bovenstaande meetopstelling moet verrichten om de draaiingshoek α van een sacharose-oplossing vast te stellen.

Uit de gemeten draaiingshoek α kan de concentratie van de sacharose worden berekend met behulp van de formule:

$$\alpha = [\alpha] \times l \times c$$

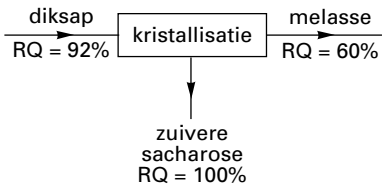
Hierin is α de gemeten draaiingshoek, [α] de specifieke draaiing van sacharose bij de gebruikte golflengte, l de weglengte van het licht door de cuvet in dm en c de concentratie van de sacharose in gram per mL.
Bij een bepaling van de concentratie van sacharose in diksap werd 100 mL van de oplossing eerst verdund tot 500 mL. Van deze verdunde oplossing (T = 293 K) werd vervolgens de draaiingshoek α gemeten in een cuvet waarin het licht een weglengte heeft van 1,00 dm. De draaiingshoek α van de oplossing bleek 10,2° te zijn. De specifieke draaiing [α] van sacharose (T = 293 K) voor licht met de gebruikte golflengte van 589 nm is 66,4° mL dm^{-1} g^{-1}.

3p **16** ☐ Bereken uit bovenstaande gegevens het massapercentage sacharose in het onderzochte diksap. De dichtheid van diksap is 1,20 g mL^{-1}.

Bij de winning van sacharose is niet alleen het massapercentage sacharose van de oplossing van belang, maar ook de mate van verontreiniging. Daarom gebruikt men wel het begrip reinheidsquotiënt. Het reinheidsquotiënt (RQ) is gedefinieerd als:

$$\text{RQ} = \frac{\text{massa van de sacharose in een hoeveelheid mengsel}}{\text{massa van de totale vaste stof in dat mengsel}} \times 100\%$$

De kristallisatie van sacharose in een suikerfabriek is een continu proces en kan als volgt schematisch worden weergegeven:



Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

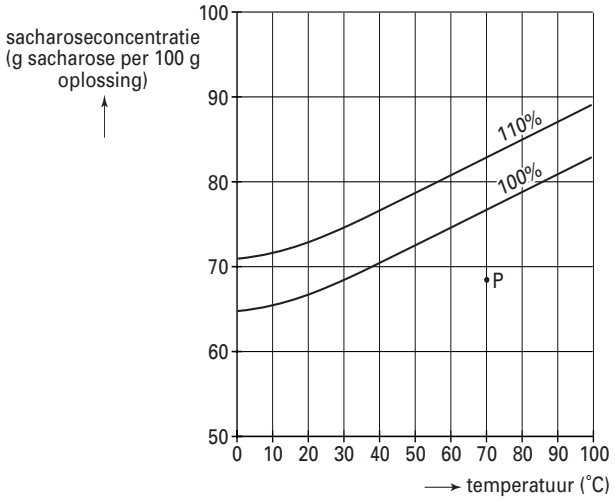
Diksap heeft een RQ = 92%, dat wil zeggen dat van de 100 gram opgeloste vaste stof 92 gram sacharose is en dat de resterende 8 gram andere vaste stoffen zijn.

4p **17** ☐ Bereken hoeveel massaprocent van de in diksap opgeloste sacharose tijdens de kristallisatie wordt afgescheiden als zuivere sacharose.

Bij de kristallisatie maakt men gebruik van een aantal kenmerken van mengsels van sacharose en water:
– de oplosbaarheid van sacharose in water neemt af bij dalende temperatuur;
– het is mogelijk een 110% verzadigde oplossing van sacharose in water te maken; in zo'n oplossing is de oplosbaarheid van sacharose met 10% overschreden zonder dat vaste stof ontstaat;
– als in een 110% verzadigde oplossing van sacharose wat sacharosekristallen worden gebracht, kristalliseert zoveel sacharose uit dat een 100% verzadigde oplossing ontstaat.

Er zijn verschillende mogelijkheden om uit diksap door kristallisatie sacharose te winnen. Eén van die mogelijkheden omvat de volgende stappen.
Stap 1: Uit de nog niet verzadigde oplossing wordt bij een constante temperatuur van 70 °C net zo lang water verdampt tot een 110% verzadigde oplossing ontstaat.
Stap 2: In de 110% verzadigde oplossing worden sacharosekristallen gebracht; bij een constante temperatuur van 70 °C kristalliseert zuivere sacharose uit. Deze vaste sacharose wordt volledig verwijderd.
Stap 3: De ontstane 100% verzadigde oplossing wordt afgekoeld tot een 110% verzadigde oplossing ontstaat.
Stap 4: In de dan verkregen 110% verzadigde oplossing worden sacharosekristallen gebracht; bij een constante temperatuur kristalliseert zuivere sacharose uit. Deze vaste sacharose wordt volledig verwijderd.
Met behulp van zogenoemde verzadigingscurven kan men afleiden wat de concentraties van de sacharose in de oplossingen na de stappen 1 tot en met 4 zullen zijn.
In onderstaand diagram zijn twee verzadigingscurven van sacharose in water getekend: die van 100% en die van 110%.

diagram



In het diagram is met een punt P de toestand, dat wil zeggen de temperatuur en het aantal g sacharose per 100 g oplossing, aangegeven van het diksap dat de kristallisatieruimte ingaat. Op de bijlage is dit diagram op millimeterpapier weergegeven.

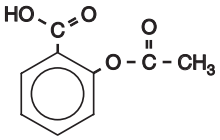
4p **18** ☐ Geef op de bijlage de toestand aan van de sacharose-oplossing na ieder van de vier verschillende stappen:
– met een punt A de toestand na stap 1
– met een punt B de toestand na stap 2
– met een punt C de toestand na stap 3
– met een punt D de toestand na stap 4.

Let op: de laatste vragen van dit examen staan op de volgende pagina.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Bruistablet

Wanneer je hoofdpijn hebt, of last hebt van een ontsteking, kun je een aspirientje innemen. Aspirientjes bevatten de stof acetylsalicylzuur. Hieronder is de structuurformule van acetylsalicylzuur weergegeven:



Acetylsalicylzuur is een ester. In het maagdarmkanaal wordt de ester gedeeltelijk gehydrolyseerd.

3p **19** ☐ Geef de reactievergelijking van deze hydrolyse. Noteer daarin de organische deeltjes in structuurformules.

Een bruistablet bevat, behalve acetylsalicylzuur, onder meer natriumwaterstofcarbonaat ($NaHCO_3$). Als een bruistablet in water wordt gebracht, treedt een reactie op tussen het acetylsalicylzuur en het waterstofcarbonaat. Hierbij ontstaan onder andere de zuurrest van acetylsalicylzuur en koolstofdioxide. Het bruisen van het tablet wordt veroorzaakt doordat koolstofdioxide als gas uit de oplossing ontwijkt.
Een voorbeeld van een bruistablet is Aspro-bruis. Wanneer een Aspro-bruistablet in water wordt gebracht, is na afloop van de gasontwikkeling een oplossing ontstaan met pH = 5,00. In deze oplossing zijn vrijwel alle acetylsalicylzuurmoleculen omgezet tot de zuurrestionen.

4p **20** ☐ Bereken hoeveel procent van de acetylsalicylzuurmoleculen in deze oplossing is omgezet tot zuurrestionen. Gebruik hierbij voor acetylsalicylzuur de notatie HAz en voor het zuurrestion van acetylsalicylzuur de notatie Az^-. Gebruik voor K_z de waarde $3{,}0 \cdot 10^{-4}$.

Op de bijsluiter van bruistabletten staat vaak niet vermeld hoeveel milligram $NaHCO_3$ een tablet bevat. Ellen heeft als opdracht gekregen om te bepalen hoeveel $NaHCO_3$ zo'n Aspro-bruistablet bevat. Bij haar onderzoek heeft ze, behalve van Aspro-bruistabletten, *uitsluitend* gebruikgemaakt van een bekerglas, water en een balans. Ze heeft bij haar onderzoek in eerste instantie onder andere aangenomen dat de hoeveelheid CO_2 die in oplossing blijft, te verwaarlozen is. Verder is ze er van uitgegaan dat alle $NaHCO_3$ reageert en dat in een bruistablet $NaHCO_3$ de enige stof is waaruit CO_2 kan ontstaan.
Bij haar onderzoek heeft Ellen eerst de bepaling van de hoeveelheid $NaHCO_3$ in een bruistablet uitgevoerd (proef 1). Bij de bespreking van het resultaat van haar proef kreeg ze van haar docent te horen dat ze ook moest onderzoeken of haar aanname dat een verwaarloosbare hoeveelheid CO_2 in oplossing blijft, juist is.
Daarom heeft ze, eveneens gebruik makend van uitsluitend een bekerglas, water, Aspro-bruistabletten en een balans, een controleproef (proef 2) gedaan om na te gaan of de hoeveelheid CO_2 die oplost, inderdaad te verwaarlozen is. Daarbij bleek dat die aanname onjuist was.

3p **21** ☐ Geef aan hoe Ellen proef 1 heeft uitgevoerd en welke metingen ze daarbij heeft gedaan.
2p **22** ☐ Beschrijf een manier waarop Ellen proef 2 kan hebben uitgevoerd; geef ook aan hoe bij de door jou beschreven proefuitvoering blijkt dat de genoemde aanname onjuist is.

Einde

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Examen VWO 2002

Tijdvak 2
Woensdag 19 juni
13.30 – 16.30 uur

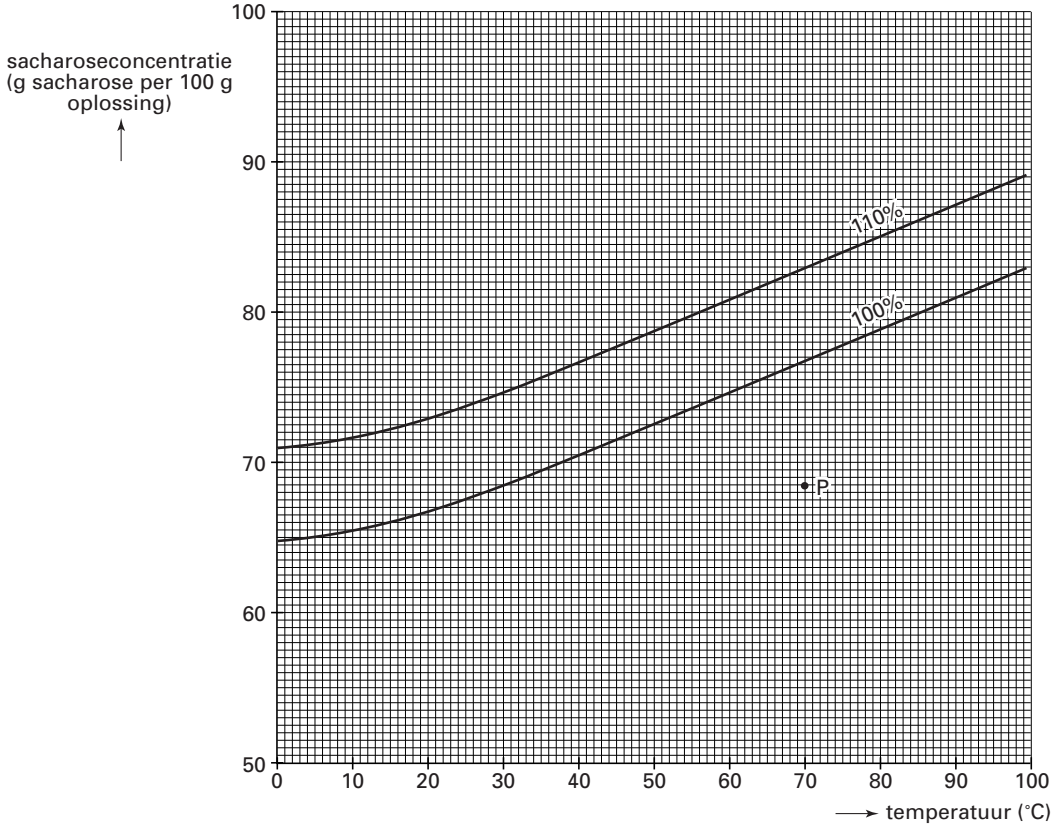
Examennummer

.....

Naam

.....

Vraag 18



Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Examen VWO

Voorbereidend
Wetenschappelijk
Onderwijs

20 **02**

Tijdvak 2
Woensdag 19 juni
13.30 – 16.30 uur

Scheikunde 1 (nieuwe stijl)

Voor dit examen zijn maximaal 69 punten te behalen; het examen bestaat uit 28 vragen.
Voor elk vraagnummer is aangegeven hoeveel punten met een goed antwoord behaald kunnen worden.
Bij dit examen hoort een informatieblad.

Als bij een vraag een verklaring, uitleg, berekening of afleiding gevraagd wordt, worden aan het antwoord meestal geen punten toegekend als deze verklaring, uitleg, berekening of afleiding ontbreekt.

Geef niet meer antwoorden (redenen, voorbeelden e.d.) dan er worden gevraagd. Als er bijvoorbeeld twee redenen worden gevraagd en je geeft meer dan twee redenen, dan worden alleen de eerste twee in de beoordeling meegeteld.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Koolstofmono-oxide

Het transport van zuurstof in het menselijk lichaam, vanuit de longen naar de weefsels, wordt verzorgd door hemoglobine. Hemoglobine is een eiwit dat in rode bloedcellen voorkomt. In deze opgave wordt hemoglobine weergegeven met Hb en hemoglobine dat zuurstof gebonden heeft met HbO_2. De zuurstofopname door hemoglobine in de longen en de zuurstofafgifte in de weefsels kunnen met behulp van het volgende evenwicht worden beschreven:

$$Hb + O_2 \leftrightarrows HbO_2$$

Het percentage van de hemoglobine dat zuurstof aan zich gebonden heeft, hangt af van de concentratie van O_2.

2p **1** ☐ Leg met behulp van een evenwichtsbeschouwing uit of de $[O_2]$ in de weefsels groter of kleiner is dan in de rode bloedcellen.

Ook koolstofmono-oxide bindt zich, en zelfs beter dan zuurstof, aan hemoglobine. Het vermindert daardoor onder meer het zuurstoftransport. Blootstelling aan koolstofmono-oxide kan, afhankelijk van de concentratie in de ingeademde lucht en de duur van het contact, leiden tot suffigheid, hoofdpijn, bewusteloosheid en zelfs tot de dood.
De competitie tussen koolstofmono-oxide en zuurstof om zich te binden aan hemoglobine kan worden weergegeven met de volgende betrekking:

$$\frac{\text{aantal mol HbCO}}{\text{aantal mol HbO}_2} = M \frac{p_{CO}}{p_{O_2}}$$

In deze betrekking
– is HbCO hemoglobine dat koolstofmono-oxide gebonden heeft;
– stellen p_{CO} en p_{O_2} de partiële drukken voor van koolstofmono-oxide en zuurstof in de ingeademde lucht;
– is M de zogenoemde relatieve bindingsaffiniteit voor koolstofmono-oxide; voor de mens ligt M tussen 210 en 245.
Met behulp van deze betrekking kan worden berekend bij welk volumepercentage van koolstofmono-oxide in lucht evenveel hemoglobine is bezet met koolstofmono-oxide als met zuurstof.

3p **2** ☐ Bereken dit volumepercentage koolstofmono-oxide in lucht.
Gebruik bij deze berekening de volgende gegevens:
– het zuurstofgehalte van lucht is 21 volumeprocent;
– $M = 220$;
– de partiële druk van een gas in een gasmengsel is recht evenredig met het volumepercentage van dat gas.

Doordat koolstofmono-oxide reuk-, kleur- en smaakloos is, is het moeilijk waarneembaar. Daarom zijn er koolstofmono-oxide detectoren ontwikkeld.
Het artikel dat is afgedrukt op het informatieblad dat bij dit examen is verstrekt, gaat over een detector die bijvoorbeeld gebruikt kan worden in de buurt van een keukengeiser.

2p **3** ☐ Leg uit onder welke omstandigheden in een keukengeiser koolstofmono-oxide kan ontstaan.

In regel 14 van het artikel wordt de term katalysatorsysteem gebruikt voor de functie die de combinatie van palladium(II)chloridedihydraat met koper(II)chloridedihydraat heeft.

2p **4** ☐ Leg uit dat de aanduiding katalysator voor de combinatie palladium(II)chloridedihydraat en koper(II)chloridedihydraat juist is.

2p **5** ☐ Geef de vergelijking van de reactie die door toedoen van dit katalysatorsysteem wordt versneld.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

In het ontwerp van de detector is rekening gehouden met een (licht) verlies van water, bijvoorbeeld door verdamping, en van waterstofchloride doordat het als gas ontwijkt. Door een bepaalde voorziening worden deze mogelijke verliezen gecompenseerd.

1p **6** ☐ Geef de eerste twee en de laatste twee woorden van de zin waarin deze voorziening in het artikel staat genoemd.

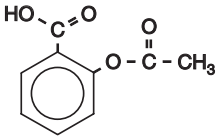
1p **7** ☐ Geef de namen van de twee stoffen op de badge waaruit waterstofchloride gevormd kan worden.

In het artikel wordt niet gesproken over de snelheden van de drie reacties. Bij het ontwerpen van deze detector zullen deze reactiesnelheden zeker een rol hebben gespeeld. Eén van de reacties dient langzaam te verlopen.

2p **8** ☐ Leg uit welke reactie dat is.

Bruistablet

Wanneer je hoofdpijn hebt, of last hebt van een ontsteking, kun je een aspirientje innemen. Aspirientjes bevatten de stof acetylsalicylzuur. Hieronder is de structuurformule van acetylsalicylzuur weergegeven:



Acetylsalicylzuur is een ester. In het maagdarmkanaal wordt de ester gedeeltelijk gehydrolyseerd.

3p **9** ☐ Geef de reactievergelijking van deze hydrolyse. Noteer daarin de organische deeltjes in structuurformules.

Een bruistablet bevat, behalve acetylsalicylzuur, onder meer natriumwaterstofcarbonaat ($NaHCO_3$). Als een bruistablet in water wordt gebracht, treedt een reactie op tussen het acetylsalicylzuur en het waterstofcarbonaat. Hierbij ontstaan onder andere de zuurrest van acetylsalicylzuur en koolstofdioxide. Het bruisen van het tablet wordt veroorzaakt doordat koolstofdioxide als gas uit de oplossing ontwijkt.
Een voorbeeld van een bruistablet is Aspro-bruis. Wanneer een Aspro-bruistablet in water wordt gebracht, is na afloop van de gasontwikkeling een oplossing ontstaan met pH = 5,00. In deze oplossing zijn vrijwel alle acetylsalicylzuurmoleculen omgezet tot de zuurrestionen. Dat blijkt uit de verhouding van de concentraties van de acetylsalicylzuurmoleculen en de zuurrestionen.

3p **10** ☐ Bereken de verhouding tussen de concentraties van de acetylsalicylzuurmoleculen en de zuurrestionen in deze oplossing. Noteer deze verhouding als $\frac{[HAz]}{[Az^-]}$. Gebruik voor K_z de waarde $3{,}0 \cdot 10^{-4}$.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Acetylsalicylzuur is niet het enige zuur dat in bruistabletten voorkomt. Behalve acetylsalicylzuur bevatten Aspro-bruistabletten ook citroenzuur, dat met waterstofcarbonaat reageert onder vorming van koolstofdioxide. Acetylsalicylzuur is een éénwaardig zuur en citroenzuur is een driewaardig zuur. Wanneer de gasontwikkeling die optreedt nadat een Aspro-bruistablet in water is gebracht, is afgelopen, hebben echter niet alle citroenzuurmoleculen hun drie beschikbare H^+ ionen afgestaan.
Een Aspro-bruistablet bevat 2,77 mmol acetylsalicylzuur, 4,50 mmol citroenzuur en 10,1 mmol natriumwaterstofcarbonaat.

2p **11** ☐ Bereken hoeveel H^+ ionen een citroenzuurmolecuul gemiddeld heeft afgestaan als de gasontwikkeling die optreedt nadat een Aspro-bruistablet in water is gebracht, is afgelopen. Ga er bij de berekening van uit dat al het acetylsalicylzuur en al het waterstofcarbonaat heeft gereageerd.

2p **12** ☐ Bereken hoeveel mg acetylsalicylzuur een Aspro-bruistablet bevat.

Op de bijsluiter van bruistabletten staat vaak niet vermeld hoeveel milligram $NaHCO_3$ een tablet bevat. Ellen heeft als opdracht gekregen om te bepalen hoeveel $NaHCO_3$ zo'n Aspro-bruistablet bevat. Bij haar onderzoek heeft ze, behalve van Aspro-bruistabletten, *uitsluitend* gebruikgemaakt van een bekerglas, water en een balans. Ze heeft bij haar onderzoek in eerste instantie onder andere aangenomen dat de hoeveelheid CO_2 die in oplossing blijft, te verwaarlozen is. Verder is ze er van uitgegaan dat alle $NaHCO_3$ reageert en dat in een bruistablet $NaHCO_3$ de enige stof is waaruit CO_2 kan ontstaan.
Bij haar onderzoek heeft Ellen eerst de bepaling van de hoeveelheid $NaHCO_3$ in een bruistablet uitgevoerd (proef 1). Bij de bespreking van het resultaat van haar proef kreeg ze van haar docent te horen dat ze ook moest onderzoeken of haar aanname dat een verwaarloosbare hoeveelheid CO_2 in oplossing blijft, juist is.
Daarom heeft ze, eveneens gebruik makend van uitsluitend een bekerglas, water, Aspro-bruistabletten en een balans, een controleproef (proef 2) gedaan om na te gaan of de hoeveelheid CO_2 die oplost, inderdaad te verwaarlozen is. Daarbij bleek dat die aanname onjuist was.

3p **13** ☐ Geef aan hoe Ellen proef 1 heeft uitgevoerd en welke metingen ze daarbij heeft gedaan.
2p **14** ☐ Beschrijf een manier waarop Ellen proef 2 kan hebben uitgevoerd; geef ook aan hoe bij de door jou beschreven proefuitvoering blijkt dat de genoemde aanname onjuist is.

Glucosespiegel

In ons bloed is een zekere hoeveelheid glucose ($C_6H_{12}O_6$) aanwezig. In de spieren wordt glucose op verschillende manieren omgezet: de glucose kan worden omgezet tot koolstofdioxide en water maar ook tot melkzuur. Bij beide omzettingen van glucose komt energie vrij. Bij de omzetting van glucose tot melkzuur komt per mol glucose minder energie vrij dan bij de omzetting van glucose tot koolstofdioxide en water.
Bij normale inspanning wordt glucose in de spieren omgezet tot koolstofdioxide en water. Wanneer in korte tijd een grote lichamelijke inspanning wordt verricht, zoals bij de 100 meter sprint, wordt de energie geleverd doordat de glucose wordt omgezet tot melkzuur ($C_3H_6O_3$). Dit melkzuur hoopt zich op in de spieren en veroorzaakt een pijnlijk gevoel: de spieren 'verzuren'. Een dergelijke inspanning waarbij glucose wordt omgezet tot melkzuur is niet lang vol te houden.

4p **15** ☐ Geef de reactievergelijking voor beide genoemde omzettingen van glucose. Gebruik hierbij molecuulformules.
2p **16** ☐ Geef aan de hand van beide hierboven genoemde omzettingen van glucose een mogelijke verklaring voor het feit dat bij een kortdurende grote lichamelijke inspanning glucose niet wordt omgezet tot koolstofdioxide en water.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

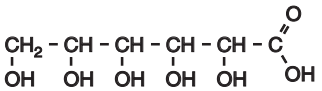
Het glucosegehalte van bloed (de bloedsuikerspiegel) heeft meestal een waarde rond 5 mmol L^{-1}. Door lichamelijke inspanning daalt de bloedsuikerspiegel. Wanneer de bloedsuikerspiegel te ver daalt (onder 3 mmol L^{-1}), heeft dat gevolgen voor het functioneren van het lichaam: je gaat trillen, wordt duizelig en in extreme gevallen kun je flauwvallen.
Om het glucosegehalte op peil te houden, gebruiken sporters wel eens een zogenoemde sportdrank. Sportdranken zijn oplossingen van voornamelijk koolhydraten in water. Eén van die koolhydraten is druivensuiker (glucose) dat snel in het bloed wordt opgenomen.
Een volwassen man met een bloedvolume van 6,0 L drinkt een flesje sportdrank leeg. Volgens de gegevens van de producent bevat zo'n flesje 330 mL sportdrank; per 100 mL is daarin 1,44 g druivensuiker opgelost.

3p **17** ☐ Bereken hoeveel de bloedsuikerspiegel van deze man toeneemt (in mmol L^{-1}). Neem aan dat tijdens het drinken van de sportdrank geen glucose wordt omgezet en dat het bloedvolume 6,0 L blijft.

Het hormoon insuline is betrokken bij de regulering van de bloedsuikerspiegel. Insuline is een polypeptide dat in de pancreas gevormd wordt uit een groter polypeptide: pro-insuline. Bij de vorming van insuline uit pro-insuline worden sommige peptide-bindingen gehydrolyseerd, onder andere de peptide-binding tussen een arginine- en een glycine-eenheid. Bij deze hydrolyse krijgt het glycine een vrije aminogroep.

4p **18** ☐ Geef deze hydrolyse van het fragment ~ Arg – Gly ~ in een reactievergelijking met structuurformules weer.

Het glucosegehalte van bloed kan worden gemeten met behulp van een teststrookje.
Op dit teststrookje bevindt zich een mengsel waarin twee enzymen en een kleurstof voorkomen. Wanneer op het strookje een druppel van een glucosehoudende vloeistof wordt gebracht, treden twee reacties op.
Reactie 1: één van de enzymen (glucose-oxidase) zorgt ervoor dat glucose reageert met zuurstof; daarbij ontstaan waterstofperoxide en een stof A met de volgende structuurformule:



stof A

Reactie 2: het ontstane waterstofperoxide reageert onder invloed van het tweede enzym (een zogenoemd peroxidase) met de kleurstof; de kleur van het teststrookje verandert dan.

3p **19** ☐ Geef de systematische naam van stof A.

Reactie 1 is een redoxreactie. Glucose is hierin de reductor. In de vergelijking van de halfreactie van glucose komen behalve het redoxkoppel (glucose en stof A) en elektronen ook H_2O en H^+ voor.

3p **20** ☐ Geef van de omzetting van glucose tot stof A de vergelijking van de halfreactie. Schrijf hierbij de koolstofverbindingen in molecuulformules.
2p **21** ☐ Leid met behulp van deze vergelijking en de vergelijking van de halfreactie van de oxidator de vergelijking van reactie 1 af. Schrijf hierbij de koolstofverbindingen in molecuulformules.

Ook andere monosachariden kunnen met zuurstof reageren onder vorming van waterstofperoxide. Volgens het informatievel dat bij de teststrookjes wordt geleverd, worden echter met behulp van bovengenoemde teststrookjes geen andere suikers dan glucose aangetoond.

2p **22** ☐ Leg uit dat met de in deze opgave genoemde teststrookjes geen andere suikers dan glucose kunnen worden aangetoond.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Gipsverband

Vroeger stabiliseerde men gebroken armen en benen met gipsverband. Rondom de breuk werd verbandgaas aangelegd, waarop een papje werd aangebracht van vast calciumsulfaat, $CaSO_4(s)$, en vloeibaar water, $H_2O(l)$. Deze stoffen reageren met elkaar onder vorming van vast gips, $CaSO_4 . 2H_2O(s)$. Na verloop van enige tijd is een harde vaste stof ontstaan. De volgende reactie is dan opgetreden:

$$CaSO_4(s) + 2\ H_2O(l) \rightarrow CaSO_4 . 2H_2O(s)$$

3p **23** ☐ Bereken hoeveel gram gips ontstaat wanneer 500 g calciumsulfaat volgens bovenstaande reactievergelijking reageert.

Tegenwoordig wordt voor dit soort verbanden bijna geen gips meer gebruikt, maar voornamelijk zogenoemde polyurethanen.
Een polyurethaan kan worden gevormd uit twee verschillende stoffen. Een van de beginstoffen die bij de vorming van zo'n polyurethaan gebruikt wordt, stof A, heeft de volgende structuurformule:

$HO - CH_2 - CH_2 - CH_2 - CH_2 - CH_2 - OH$ stof A

3p **24** ☐ Geef de systematische naam van stof A.

Een mogelijke andere beginstof voor de vorming van een polyurethaan, stof B, heeft de volgende structuurformule:

$O = C = N - CH_2 - CH_2 - CH_2 - CH_2 - N = C = O$ stof B

De groep N = C = O heet isocyanaat.
In het vervolg van deze opgave wordt stof A aangeduid met $HO - R_1 - OH$ en stof B met $O = C = N - R_2 - N = C = O$.
De vorming van een polyurethaan berust op het feit dat OH groepen met isocyanaatgroepen kunnen reageren. Bij de polymerisatie van stof A met stof B treedt de volgende reactie op:

$$\cdots + HO - R_1 - OH + O = C = N - R_2 - N = C = O + HO - R_1 - OH + O = C = N - R_2 - N = C = O + \cdots$$

$$\rightarrow \sim O - R_1 - O - \overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C} - \overset{\overset{\displaystyle H}{|}}{N} - R_2 - \overset{\overset{\displaystyle H}{|}}{N} - \overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C} - O - R_1 - O - \overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C} - \overset{\overset{\displaystyle H}{|}}{N} - R_2 - \overset{\overset{\displaystyle H}{|}}{N} - \overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C} \sim$$

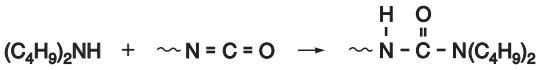
polymeer 1

Deze polymerisatie zou kunnen worden opgevat als additiepolymerisatie.

2p **25** ☐ Geef twee argumenten die de opvatting ondersteunen dat deze polymerisatiereactie berust op additie.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Isocyanaatgroepen kunnen ook met NH groepen reageren. Van de reactie van isocyanaatgroepen met NH groepen maakt men onder andere gebruik bij een methode om vast te stellen wat het massapercentage van stof B in een monster van stof B is. Bij zo'n bepaling voegt men aan een monster van stof B een overmaat dibutylamine, $(C_4H_9)_2NH$, toe. De isocyanaatgroepen van de moleculen van stof B reageren als volgt met dibutylaminemoleculen:



De hoeveelheid dibutylamine die niet heeft gereageerd, wordt vervolgens getitreerd met een oplossing van waterstofchloride in methanol. De vergelijking van de reactie die dan optreedt, kan als volgt worden weergegeven:

$$(C_4H_9)_2NH + HCl \rightarrow (C_4H_9)_2NH_2^+ + Cl^-$$

Bij zo'n bepaling liet men 538 mg van een monster van stof B reageren met 20,0 mL van een 0,989 M dibutylamine-oplossing. Voor de titratie van het niet-gereageerde dibutylamine was 12,5 mL 1,025 M HCl-oplossing nodig.

2p **26** ☐ Bereken hoeveel mmol dibutylamine met stof B heeft gereageerd.

3p **27** ☐ Bereken het massapercentage van stof B in het onderzochte monster.

Omdat isocyanaatgroepen met NH groepen kunnen reageren, kan er ook een reactie optreden tussen polymeer 1 en stof B. Bij die reactie ontstaat een nieuw polymeer, polymeer 2. Polymeer 2 wordt vanwege zijn eigenschappen toegepast in moderne verbanden om gebroken ledematen te stabiliseren. Bij het maken van zo'n verband legt men rondom de breuk een verbandgaas aan, waarop een mengsel van polymeer 1 en stof B is aangebracht, en laat de reactie tussen polymeer 1 en stof B optreden. Nadat de reactie heeft plaatsgevonden, is een verband verkregen dat uitstekend geschikt is om een gebroken ledemaat te stabiliseren.

3p **28** ☐ Leg uit dat polymeer 2 gebruikt kan worden in een verband dat dient om een gebroken ledemaat te stabiliseren.

Einde

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Examen VWO

Voorbereidend
Wetenschappelijk
Onderwijs

20 **02**

Tijdvak 2
Woensdag 19 juni
13.30 – 16.30 uur

Scheikunde 1,2 (nieuwe stijl)

Voor dit examen zijn maximaal 73 punten te behalen; het examen bestaat uit 25 vragen.
Voor elk vraagnummer is aangegeven hoeveel punten met een goed antwoord behaald kunnen worden.
Bij dit examen hoort een informatieblad.
Voor de uitwerking van vraag 12 is een bijlage toegevoegd.

Als bij een vraag een verklaring, uitleg, berekening of afleiding gevraagd wordt, worden aan het antwoord meestal geen punten toegekend als deze verklaring, uitleg, berekening of afleiding ontbreekt.

Geef niet meer antwoorden (redenen, voorbeelden e.d.) dan er worden gevraagd. Als er bijvoorbeeld twee redenen worden gevraagd en je geeft meer dan twee redenen, dan worden alleen de eerste twee in de beoordeling meegeteld.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Koolstofmono-oxide

Het transport van zuurstof in het menselijk lichaam, vanuit de longen naar de weefsels, wordt verzorgd door hemoglobine. Hemoglobine is een eiwit dat in rode bloedcellen voorkomt. In deze opgave wordt hemoglobine weergegeven met Hb en hemoglobine dat zuurstof gebonden heeft met HbO_2. De zuurstofopname door hemoglobine in de longen en de zuurstofafgifte in de weefsels kunnen met behulp van het volgende evenwicht worden beschreven:

$$Hb + O_2 \leftrightarrows HbO_2$$

Het percentage van de hemoglobine dat zuurstof aan zich gebonden heeft, hangt af van de concentratie van O_2.

2p **1** ☐ Leg met behulp van een evenwichtsbeschouwing uit of de $[O_2]$ in de weefsels groter of kleiner is dan in de rode bloedcellen.

Ook koolstofmono-oxide bindt zich, en zelfs beter dan zuurstof, aan hemoglobine. Het vermindert daardoor onder meer het zuurstoftransport. Blootstelling aan koolstofmono-oxide kan, afhankelijk van de concentratie in de ingeademde lucht en de duur van het contact, leiden tot suffigheid, hoofdpijn, bewusteloosheid en zelfs tot de dood.
De competitie tussen koolstofmono-oxide en zuurstof om zich te binden aan hemoglobine kan worden weergegeven met de volgende betrekking:

$$\frac{\text{aantal mol HbCO}}{\text{aantal mol HbO}_2} = M \frac{p_{CO}}{p_{O_2}}$$

In deze betrekking
– is HbCO hemoglobine dat koolstofmono-oxide gebonden heeft;
– stellen p_{CO} en p_{O_2} de partiële drukken voor van koolstofmono-oxide en zuurstof in de ingeademde lucht;
– is M de zogenoemde relatieve bindingsaffiniteit voor koolstofmono-oxide; voor de mens ligt M tussen 210 en 245.
Met behulp van deze betrekking kan worden berekend bij welk volumepercentage van koolstofmono-oxide in lucht evenveel hemoglobine is bezet met koolstofmono-oxide als met zuurstof.

3p **2** ☐ Bereken dit volumepercentage koolstofmono-oxide in lucht.
Gebruik bij deze berekening de volgende gegevens:
– het zuurstofgehalte van lucht is 21 volumeprocent;
– $M = 220$;
– de partiële druk van een gas in een gasmengsel is recht evenredig met het volumepercentage van dat gas.

Doordat koolstofmono-oxide reuk-, kleur- en smaakloos is, is het moeilijk waarneembaar. Daarom zijn er koolstofmono-oxide detectoren ontwikkeld.
Het artikel dat is afgedrukt op het informatieblad dat bij dit examen is verstrekt, gaat over een detector die bijvoorbeeld gebruikt kan worden in de buurt van een keukengeiser.

2p **3** ☐ Leg uit onder welke omstandigheden in een keukengeiser koolstofmono-oxide kan ontstaan.

In regel 14 van het artikel wordt de term katalysatorsysteem gebruikt voor de functie die de combinatie van palladium(II)chloridedihydraat met koper(II)chloridedihydraat heeft.

2p **4** ☐ Leg uit dat de aanduiding katalysator voor de combinatie palladium(II)chloridedihydraat en koper(II)chloridedihydraat juist is.

2p **5** ☐ Geef de vergelijking van de reactie die door toedoen van dit katalysatorsysteem wordt versneld.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

In het ontwerp van de detector is rekening gehouden met een (licht) verlies van water, bijvoorbeeld door verdamping, en van waterstofchloride doordat het als gas ontwijkt. Door een bepaalde voorziening worden deze mogelijke verliezen gecompenseerd.

1p **6** ☐ Geef de eerste twee en de laatste twee woorden van de zin waarin deze voorziening in het artikel staat genoemd.

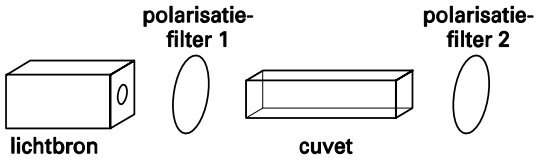
1p **7** ☐ Geef de namen van de twee stoffen op de badge waaruit waterstofchloride gevormd kan worden.

In het artikel wordt niet gesproken over de snelheden van de drie reacties. Bij het ontwerpen van deze detector zullen deze reactiesnelheden zeker een rol hebben gespeeld. Eén van de reacties dient langzaam te verlopen.

2p **8** ☐ Leg uit welke reactie dat is.

Suiker

Bij de winning van sacharose uit suikerbieten wordt de sacharose verkregen door kristallisatie uit het zogenoemde diksap, een geconcentreerde oplossing van sacharose. Omdat sacharose een optisch actieve stof is, kan de concentratie van sacharose in een oplossing worden bepaald door meting van de optische activiteit van die oplossing.
De optische activiteit wordt uitgedrukt in een hoek α. Deze hoek geeft de draaiing weer van de trillingsrichting van gepolariseerd licht met een bepaalde golflengte. De optische activiteit kan worden gemeten met behulp van een polarimeter. De meetopstelling kan een opbouw hebben zoals in onderstaande figuur:



3p **9** ☐ Geef aan welke handelingen men achtereenvolgens met bovenstaande meetopstelling moet verrichten om de draaiingshoek α van een sacharose-oplossing vast te stellen.

Uit de gemeten draaiingshoek α kan de concentratie van de sacharose worden berekend met behulp van de formule:

$$\alpha = [\alpha] \times l \times c$$

Hierin is α de gemeten draaiingshoek, [α] de specifieke draaiing van sacharose bij de gebruikte golflengte, l de weglengte van het licht door de cuvet in dm en c de concentratie van de sacharose in gram per mL.
Bij een bepaling van de concentratie van sacharose in diksap werd 100 mL van de oplossing eerst verdund tot 500 mL. Van deze verdunde oplossing (T = 293 K) werd vervolgens de draaiingshoek α gemeten in een cuvet waarin het licht een weglengte heeft van 1,00 dm. De draaiingshoek α van de oplossing bleek 10,2° te zijn. De specifieke draaiing [α] van sacharose (T = 293 K) voor licht met de gebruikte golflengte van 589 nm is 66,4° mL dm^{-1} g^{-1}.

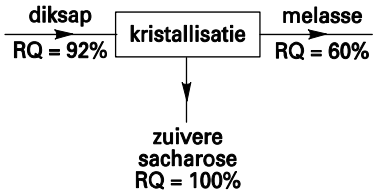
3p **10** ☐ Bereken uit bovenstaande gegevens het massapercentage sacharose in het onderzochte diksap. De dichtheid van diksap is 1,20 g mL^{-1}.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Bij de winning van sacharose is niet alleen het massapercentage sacharose van de oplossing van belang, maar ook de mate van verontreiniging. Daarom gebruikt men wel het begrip reinheidsquotiënt. Het reinheidsquotiënt (RQ) is gedefinieerd als:

$$\text{RQ} = \frac{\text{massa van de sacharose in een hoeveelheid mengsel}}{\text{massa van de totale vaste stof in dat mengsel}} \times 100\%$$

De kristallisatie van sacharose in een suikerfabriek is een continu proces en kan als volgt schematisch worden weergegeven:



Diksap heeft een RQ = 92%, dat wil zeggen dat van de 100 gram opgeloste vaste stof 92 gram sacharose is en dat de resterende 8 gram andere vaste stoffen zijn.

4p **11** ☐ Bereken hoeveel massaprocent van de in diksap opgeloste sacharose tijdens de kristallisatie wordt afgescheiden als zuivere sacharose.

Bij de kristallisatie maakt men gebruik van een aantal kenmerken van mengsels van sacharose en water:
– de oplosbaarheid van sacharose in water neemt af bij dalende temperatuur;
– het is mogelijk een 110% verzadigde oplossing van sacharose in water te maken; in zo'n oplossing is de oplosbaarheid van sacharose met 10% overschreden zonder dat vaste stof ontstaat;
– als in een 110% verzadigde oplossing van sacharose wat sacharosekristallen worden gebracht, kristalliseert zoveel sacharose uit dat een 100% verzadigde oplossing ontstaat.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Er zijn verschillende mogelijkheden om uit diksap door kristallisatie sacharose te winnen. Eén van die mogelijkheden omvat de volgende stappen.

Stap 1: Uit de nog niet verzadigde oplossing wordt bij een constante temperatuur van 70 °C net zo lang water verdampt tot een 110% verzadigde oplossing ontstaat.

Stap 2: In de 110% verzadigde oplossing worden sacharosekristallen gebracht; bij een constante temperatuur van 70 °C kristalliseert zuivere sacharose uit. Deze vaste sacharose wordt volledig verwijderd.

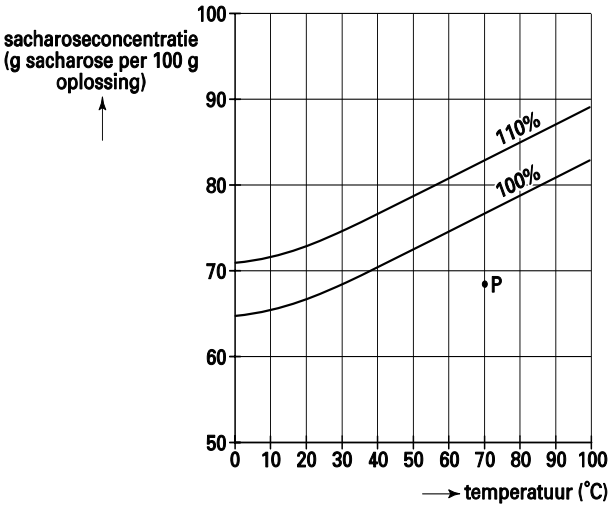
Stap 3: De ontstane 100% verzadigde oplossing wordt afgekoeld tot een 110% verzadigde oplossing ontstaat.

Stap 4: In de dan verkregen 110% verzadigde oplossing worden sacharosekristallen gebracht; bij een constante temperatuur kristalliseert zuivere sacharose uit. Deze vaste sacharose wordt volledig verwijderd.

Met behulp van zogenoemde verzadigingscurven kan men afleiden wat de concentraties van de sacharose in de oplossingen na de stappen 1 tot en met 4 zullen zijn.

In onderstaand diagram zijn twee verzadigingscurven van sacharose in water getekend: die van 100% en die van 110%.

diagram



In het diagram is met een punt P de toestand, dat wil zeggen de temperatuur en het aantal g sacharose per 100 g oplossing, aangegeven van het diksap dat de kristallisatieruimte ingaat.

Op de bijlage is dit diagram op millimeterpapier weergegeven.

4p **12** ☐ Geef op de bijlage de toestand aan van de sacharose-oplossing na ieder van de vier verschillende stappen:
– met een punt A de toestand na stap 1
– met een punt B de toestand na stap 2
– met een punt C de toestand na stap 3
– met een punt D de toestand na stap 4.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Roest ontstaat doordat ijzer met zuurstof en water reageert. IJzerroest kan worden voorgesteld met de formule $Fe_2O_3 . nH_2O$. Men stelt zich voor dat de roestvorming in een aantal stappen verloopt.

Stap 1: Eerst wordt het ijzer omgezet tot Fe^{2+}. Zuurstof is hierbij de oxidator en reageert volgens de halfreactie $O_2 + 2 H_2O + 4 e^- \rightarrow 4 OH^-$.

Stap 2: Vervolgens slaat ijzer(II)hydroxide neer: $Fe^{2+} + 2 OH^- \rightarrow Fe(OH)_2$.

Stap 3: Het ijzer(II)hydroxide wordt daarna omgezet tot ijzer(III)hydroxide; ook hier is zuurstof oxidator. De volgende redoxreactie treedt op:
$4 Fe(OH)_2 + O_2 + 2 H_2O \rightarrow 4 Fe(OH)_3$.

Stap 4: Tenslotte wordt het ijzer(III)hydroxide omgezet tot ijzerroest.

2p **13** ☐ Geef de vergelijking van de halfreactie voor de omzetting van $Fe(OH)_2$ tot $Fe(OH)_3$ (zie stap 3). Neem hierbij aan dat het milieu (zwak) basisch is.

3p **14** ☐ Geef de reactievergelijking voor de omzetting van $Fe(OH)_3$ tot $Fe_2O_3 . nH_2O$ (zie stap 4).

Roestvast staal is een legering van ijzer met vooral chroom en heeft als eigenschap dat het bestand is tegen roesten door de vorming van een beschermend laagje chroom(IV)oxide. Roestvast staal wordt onder andere toegepast in de fabricage van tafelmessen. Van bepaalde duurdere soorten messen bleek na jaren intensief gebruik dat er beschadigingen in het lemmet (het deel waar je mee snijdt) ontstonden. De lemmeten van deze messen waren vervaardigd van roestvast staal en de handvatten bestonden uit een legering met als hoofdbestanddeel zilver. Om de schade aan de messen te verklaren, veronderstelt men dat tijdens de dagelijkse afwas met zeepwater het ijzer van het lemmet zich als opofferingsmetaal gedraagt om het zilver van het handvat te beschermen. Op plaatsen waar het beschermende laagje chroom(IV)oxide is beschadigd, treedt aantasting van het staal op. Daar gaan ijzerionen in oplossing. Men veronderstelt dat de elektronen die daarbij door het ijzer worden afgestaan naar het handvat kunnen stromen, waar ze door zuurstof worden opgenomen. Tijdens de afwas zouden de messen zich dus als elektrochemische cellen gedragen, waarbij er een elektrische stroom door het mes gaat.
Een leerling krijgt als opdracht na te gaan of de veronderstelling dat de messen zich tijdens de afwas als elektrochemische cellen gedragen, juist is. Daartoe scheidt hij van zo'n mes het handvat van het lemmet en maakt, onder andere met behulp van deze twee onderdelen, een elektrochemische cel. Het blijkt dat de cel stroom levert.

3p **15** ☐ Maak een schets van de bedoelde elektrochemische cel. Benoem de onderdelen van de cel en geef in je tekening ook aan welke de positieve elektrode en welke de negatieve elektrode is van de cel.

De gemiddelde grootte van de stroom die tijdens een afwasbeurt door een mes loopt, is 0,3 μA (A is ampère; 1 ampère is 1 coulomb per seconde). Wanneer verder gegeven is dat ijzer het enige metaal is dat reageert, dat het ijzer wordt omgezet tot Fe^{2+} en dat de messen dagelijks tijdens de afwas 20 minuten in het zeepwater verblijven, dan kan worden berekend hoeveel gram ijzer in 15 jaar wordt omgezet.

6p **16** ☐ Geef deze berekening. Maak hierbij onder andere gebruik van Binas-tabel 7. Je hoeft bij deze berekening geen rekening te houden met schrikkeljaren.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Gipsverband

Vroeger stabiliseerde men gebroken armen en benen met gipsverband. Rondom de breuk werd een verbandgaas aangelegd, waarop een papje werd aangebracht van vast calciumsulfaat, $CaSO_4(s)$, en vloeibaar water, $H_2O(l)$. Deze stoffen reageren met elkaar onder vorming van vast gips, $CaSO_4 . 2H_2O(s)$. Na verloop van enige tijd is een harde vaste stof ontstaan. Tijdens dit uitharden van het gips voelt het verband warm aan. De volgende reactie is dan opgetreden:

$$CaSO_4(s) + 2\ H_2O(l) \rightarrow CaSO_4 . 2H_2O(s)$$

5p **17** ☐ Verklaar door middel van een berekening dat tijdens het uitharden van het gips het verband warm aanvoelt. Gebruik hierbij gegevens uit Binas-tabel 57A en het gegeven dat de vormingswarmte van $CaSO_4 . 2H_2O(s)$ $-20{,}21 \cdot 10^5$ J mol^{-1} bedraagt.

Tegenwoordig wordt voor dit soort verbanden bijna geen gips meer gebruikt, maar voornamelijk zogenoemde polyurethanen.
Een polyurethaan kan worden gevormd uit twee verschillende stoffen. Een van de beginstoffen die bij de vorming van zo'n polyurethaan gebruikt wordt, stof A, heeft de volgende structuurformule:

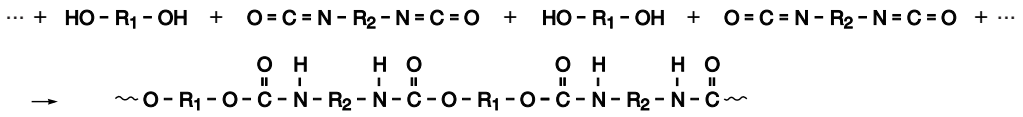
$HO - CH_2 - CH_2 - CH_2 - CH_2 - CH_2 - OH$ stof A

3p **18** ☐ Geef de systematische naam van stof A.

Een mogelijke andere beginstof voor de vorming van een polyurethaan, stof B, heeft de volgende structuurformule:

$O = C = N - CH_2 - CH_2 - CH_2 - CH_2 - N = C = O$ stof B

De groep N = C = O heet isocyanaat.
In het vervolg van deze opgave wordt stof A aangeduid met HO - R_1 - OH en stof B met O = C = N - R_2 - N = C = O.
De vorming van een polyurethaan berust op het feit dat OH groepen met isocyanaatgroepen kunnen reageren. Bij de polymerisatie van stof A met stof B treedt de volgende reactie op:



polymeer 1

Deze polymerisatie zou kunnen worden opgevat als additiepolymerisatie.

2p **19** ☐ Geef twee argumenten die de opvatting ondersteunen dat deze polymerisatiereactie berust op additie.

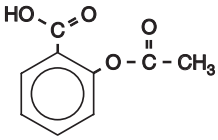
Isocyanaatgroepen kunnen met NH groepen op dezelfde manier reageren als met OH groepen. Daarom kan er ook een reactie optreden tussen polymeer 1 en stof B. Bij die reactie ontstaat een nieuw polymeer, polymeer 2. Polymeer 2 wordt vanwege zijn eigenschappen toegepast in moderne verbanden om gebroken ledematen te stabiliseren. Bij het maken van zo'n verband legt men rondom de breuk een verbandgaas aan, waarop een mengsel van polymeer 1 en stof B is aangebracht, en laat de reactie tussen polymeer 1 en stof B optreden. Nadat de reactie heeft plaatsgevonden, is een verband verkregen dat uitstekend geschikt is om een gebroken ledemaat te stabiliseren.

3p **20** ☐ Leg uit dat polymeer 2 gebruikt kan worden in een verband dat dient om een gebroken ledemaat te stabiliseren.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Bruistablet

Wanneer je hoofdpijn hebt, of last hebt van een ontsteking, kun je een aspirientje innemen. Aspirientjes bevatten de stof acetylsalicylzuur. Hieronder is de structuurformule van acetylsalicylzuur weergegeven:



Acetylsalicylzuur is een ester. In het maagdarmkanaal wordt de ester gedeeltelijk gehydrolyseerd.

3p **21** ☐ Geef de reactievergelijking van deze hydrolyse. Noteer daarin de organische deeltjes in structuurformules.

Een bruistablet bevat, behalve acetylsalicylzuur, onder meer natriumwaterstofcarbonaat ($NaHCO_3$). Als een bruistablet in water wordt gebracht, treedt een reactie op tussen het acetylsalicylzuur en het waterstofcarbonaat. Hierbij ontstaan onder andere de zuurrest van acetylsalicylzuur en koolstofdioxide. Het bruisen van het tablet wordt veroorzaakt doordat koolstofdioxide als gas uit de oplossing ontwijkt.
Een voorbeeld van een bruistablet is Aspro-bruis. Wanneer een Aspro-bruistablet in water wordt gebracht, is na afloop van de gasontwikkeling een oplossing ontstaan met pH = 5,00. In deze oplossing zijn vrijwel alle acetylsalicylzuurmoleculen omgezet tot de zuurrestionen.

4p **22** ☐ Bereken hoeveel procent van de acetylsalicylzuurmoleculen in deze oplossing is omgezet tot zuurrestionen. Gebruik hierbij voor acetylsalicylzuur de notatie HAz en voor het zuurrestion van acetylsalicylzuur de notatie Az^-. Gebruik voor K_z de waarde $3{,}0 \cdot 10^{-4}$.

Acetylsalicylzuur is niet het enige zuur dat in bruistabletten voorkomt. Behalve acetylsalicylzuur bevatten Aspro-bruistabletten ook citroenzuur ($C_6H_8O_7$, molecuulmassa 192,1 u), dat met waterstofcarbonaat reageert onder vorming van koolstofdioxide. Acetylsalicylzuur is een éénwaardig zuur en citroenzuur is een driewaardig zuur. Wanneer de gasontwikkeling die optreedt nadat een Aspro-bruistablet in water is gebracht, is afgelopen, hebben echter niet alle citroenzuurmoleculen hun drie beschikbare H^+ ionen afgestaan.
Een Aspro-bruistablet bevat 500 mg acetylsalicylzuur, 865 mg citroenzuur en 851 mg natriumwaterstofcarbonaat.

5p **23** ☐ Bereken hoeveel H^+ ionen een citroenzuurmolecuul gemiddeld heeft afgestaan als de gasontwikkeling die optreedt nadat een Aspro-bruistablet in water is gebracht, is afgelopen. Ga er bij de berekening van uit dat al het acetylsalicylzuur en al het waterstofcarbonaat heeft gereageerd.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Op de bijsluiter van bruistabletten staat vaak niet vermeld hoeveel milligram $NaHCO_3$ een tablet bevat. Ellen heeft als opdracht gekregen om te bepalen hoeveel $NaHCO_3$ zo'n Aspro-bruistablet bevat. Bij haar onderzoek heeft ze, behalve van Aspro-bruistabletten, *uitsluitend* gebruikgemaakt van een bekerglas, water en een balans. Ze heeft bij haar onderzoek in eerste instantie onder andere aangenomen dat de hoeveelheid CO_2 die in oplossing blijft, te verwaarlozen is. Verder is ze er van uitgegaan dat alle $NaHCO_3$ reageert en dat in een bruistablet $NaHCO_3$ de enige stof is waaruit CO_2 kan ontstaan.
Bij haar onderzoek heeft Ellen eerst de bepaling van de hoeveelheid $NaHCO_3$ in een bruistablet uitgevoerd (proef 1). Bij de bespreking van het resultaat van haar proef kreeg ze van haar docent te horen dat ze ook moest onderzoeken of haar aanname dat een verwaarloosbare hoeveelheid CO_2 in oplossing blijft, juist is.
Daarom heeft ze, eveneens gebruik makend van uitsluitend een bekerglas, water, Aspro-bruistabletten en een balans, een controleproef (proef 2) gedaan om na te gaan of de hoeveelheid CO_2 die oplost, inderdaad te verwaarlozen is. Daarbij bleek dat die aanname onjuist was.

3p **24** ☐ Geef aan hoe Ellen proef 1 heeft uitgevoerd en welke metingen ze daarbij heeft gedaan.

2p **25** ☐ Beschrijf een manier waarop Ellen proef 2 kan hebben uitgevoerd; geef ook aan hoe bij de door jou beschreven proefuitvoering blijkt dat de genoemde aanname onjuist is.

Einde

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Examen VWO

Voorbereidend
Wetenschappelijk
Onderwijs

20 **02**

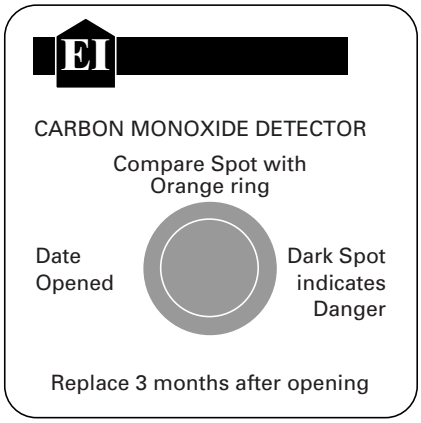
Tijdvak 2
Woensdag 19 juni
13.30 – 16.30 uur

Scheikunde 1,2 (nieuwe stijl)

Informatieblad

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Een snelle controle



Er is een CO-detector in de vorm van een plastic badge in de handel. Deze kan in de buurt van een potentiële CO-bron op een muur worden bevestigd. Op een klein gedeelte van de badge zijn oranje kristallen aangebracht die zwart worden wanneer ze in contact komen met CO. Zelfs een geringe kleurverandering kan worden waargenomen door de kleur van de kristallen te vergelijken met de oranje ring die rondom de kristallen ligt. De chemie die aan deze kleurverandering ten grondslag ligt, is de Wacker-reactie. Het actieve gedeelte van de detector bevat een mengsel van palladium(II)chloridedihydraat en koper(II)chloridedihydraat als katalysatorsysteem. De kleurverandering is het gevolg van de reductie van palladium(II) tot het metaal palladium. De reactie is reversibel[1], de reactiestappen zijn hieronder weergegeven.

Reductie (treedt op in aanwezigheid van CO); CO reageert met palladium(II)chloridedihydraat waarbij koolstofdioxide ontstaat en Pd(II) tot Pd(0) wordt gereduceerd:

$$CO + PdCl_2 . 2H_2O \rightarrow CO_2 + Pd + 2\,HCl + H_2O \qquad \text{reactie 1}$$

Oxidatieve regeneratie; eerst wordt het metaal palladium geoxideerd tot Pd(II) door koper(II)chloride dat zelf wordt gereduceerd tot koper(I)chloride:

$$Pd + 2\,CuCl_2 . 2H_2O \rightarrow PdCl_2 . 2H_2O + Cu_2Cl_2 + 2\,H_2O \qquad \text{reactie 2}$$

waarna koper(I)chloride wordt geoxideerd tot koper(II)chloride door zuurstof uit de lucht:

$$Cu_2Cl_2 + 2\,HCl + 3\,H_2O + \tfrac{1}{2}\,O_2 \rightarrow 2\,CuCl_2 . 2H_2O \qquad \text{reactie 3}$$

Zoals te zien is in bovenstaande reacties is de aanwezigheid en het vasthouden van zowel water als waterstofchloride van essentieel belang voor een goede, reversibele[1] werking van de detector. Dit wordt bereikt door de actieve kristallen op te nemen in hydrofiele silicagel en door een hygroscopische[2], chloride-bevattende stof als calciumchloride en een sterk zuur als silicomolybdeenzuur ($H_8[Si(Mo_2O_7)_6] . 28H_2O$) toe te voegen aan het systeem.
Deze detectoren zijn goedkoop, ze hebben echter hun beperkingen. Andere gassen dan CO zoals ammoniak en ‘haarlakgassen’ kunnen vals alarm veroorzaken. Tevens worden de kristallen geleidelijk donkerder wanneer ze met lucht in contact staan, zelfs wanneer daarin geen CO voorkomt. Daarom dienen de badges om de drie maanden te worden vervangen. Toch maken ze een bruikbare en snelle controle op de aanwezigheid van CO mogelijk.

naar: Chemistry in Britain

noot 1 reversibel betekent omkeerbaar

noot 2 hygroscopisch betekent wateraantrekkend

Einde

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Bijlage bij vraag 12

Examen VWO 2002

Tijdvak 2
Woensdag 19 juni
13.30 –16.30 uur

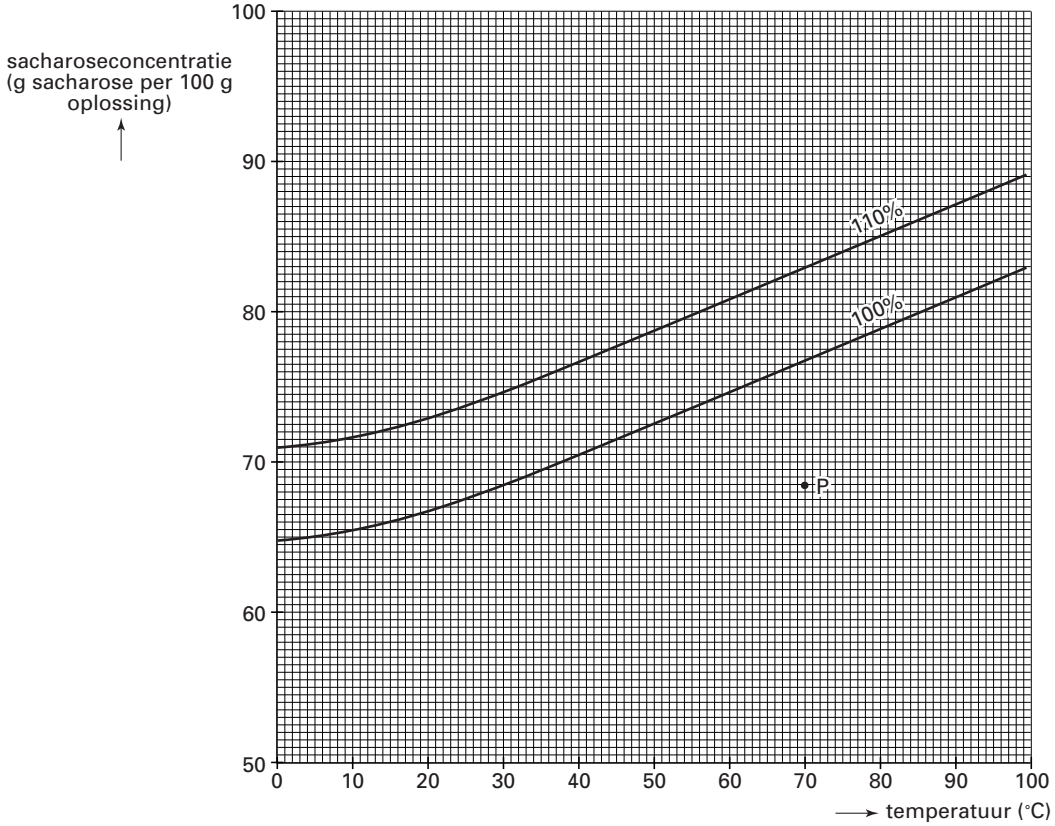
Examennummer

.....

Naam

.....

Vraag 12



Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Scheikunde (oude stijl)

Examen VWO

Voorbereidend
Wetenschappelijk
Onderwijs

20 01

Tijdvak 1
Vrijdag 18 mei
13.30 – 16.30 uur

Voor dit examen zijn maximaal 68 punten te behalen; het examen bestaat uit 22 vragen.
Voor elk vraagnummer is aangegeven hoeveel punten met een goed antwoord behaald kunnen worden.
Voor de uitwerking van vraag 18 is een bijlage toegevoegd.

Als bij een vraag een verklaring, uitleg, berekening of afleiding gevraagd wordt, worden aan het antwoord meestal geen punten toegekend als deze verklaring, uitleg, berekening of afleiding ontbreekt.

Geef niet meer antwoorden (redenen, voorbeelden e.d.) dan er worden gevraagd. Als er bijvoorbeeld twee redenen worden gevraagd en je geeft meer dan twee redenen, dan worden alleen de eerste twee in de beoordeling meegeteld.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Hypochloriet in drinkwater

Een oplossing van natriumhypochloriet bevat hypochlorietionen (ClO^-).

3p **1** □ Geef van ClO^- de elektronenformule. Zet de minlading in de elektronenformule bij het juiste atoom.

Een oplossing van natriumhypochloriet is een ontsmettingsmiddel.
Als het leidingennet voor drinkwater besmet is geraakt met bacteriën, kan men dit leidingennet ontsmetten door het te spoelen met een oplossing van natriumhypochloriet. Daarna wordt het leidingennet doorgespoeld met schoon drinkwater. Na enige tijd doorspoelen wordt gecontroleerd of het drinkwater niet te veel hypochloriet bevat.
In een handboek voor onderzoek aan drinkwater staat een voorschrift voor het bepalen van het gehalte aan hypochloriet. Daarin staat het volgende:

„Men bepaalt na aanzuren van het drinkwater de hoeveelheid hypochloriet door titratie met een oplossing van methyloranje. Dit is mogelijk omdat hypochloriet in zuur milieu hypochlorigzuur (HClO) vormt. Methyloranje wordt door hypochlorigzuur onmiddellijk ontkleurd."

De ontkleuring is een redoxreactie waarbij methyloranje als reductor werkt en het hypochlorigzuur als oxidator. Uit HClO ontstaat hierbij Cl^-.

2p **2** □ Geef van deze redoxreactie de vergelijking van de halfreactie van hypochlorigzuur als oxidator.

Gedurende de gehele titratie is (door het aanzuren) de pH van de oplossing 2.
Bij het bereiken van het eindpunt van de titratie, wanneer al het HClO is omgezet, vindt een kleuromslag plaats. De pH van de oplossing is dan nog steeds 2.

2p **3** □ Geef de kleuromslag die aan het eind van de titratie optreedt.
Noteer je antwoord als volgt:
kleur vóór het eindpunt: .....
kleur bij het eindpunt: .....

In het hierboven genoemde voorschrift voor het bepalen van het gehalte hypochloriet staat verder het volgende:

„De bepaling wordt als volgt uitgevoerd. Voeg aan 100 mL drinkwater 2 druppels geconcentreerd zoutzuur toe en titreer met een $6{,}0 \cdot 10^{-4}$ M methyloranje-oplossing."

Vervolgens staat in het voorschrift vermeld hoe men het aantal mg hypochloriet (ClO^-) per liter drinkwater moet berekenen. Dit kan men doen door het aantal mL methyloranje-oplossing dat voor de titratie nodig was te vermenigvuldigen met een bepaalde factor. Deze factor kan men berekenen uit bovenstaande gegevens en het gegeven dat HClO en methyloranje reageren in de molecuulverhouding 4 : 1.

4p **4** □ Bereken de genoemde factor.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Zilver poetsen

Zilveren sieraden en bestek worden op den duur zwart. Door inwerking van waterstofsulfide en zuurstof ontstaat een dun laagje zilversulfide (Ag_2S). Daarnaast ontstaat uitsluitend water.

3p **5** ☐ Geef de vergelijking van de reactie die optreedt bij het zwart worden van zilver.

Zilversulfide is een zeer slecht oplosbaar zout. Met behulp van het oplosbaarheidsproduct kan worden berekend hoeveel mg zilversulfide per liter water kan oplossen.

4p **6** ☐ Geef deze berekening. Neem als waarde voor het oplosbaarheidsproduct $1{,}6 \cdot 10^{-49}$.

Een eenvoudige manier om zwart geworden zilver weer schoon te krijgen, wordt beschreven in onderstaand krantenartikel:

artikel

Dure poets

Een toonaangevend distributeur van keukengerei brengt voor 25 piek een dunne metaalplaat in de handel, waarmee zilver poetsen een fluitje van een cent wordt. Als de plaat in een bak warm water wordt gelegd en er wat keukenzout bij wordt gestrooid, fleuren ondergedompelde voorwerpen van zilver, koper, roestvrij staal en goud in een oogwenk op. De werking berust op een chemische reactie, waarbij de plaat als katalysator fungeert.
Sinds jaar en dag echter werkt het kunstje ook met een vel aluminiumfolie. Aluminiumfolie is te koop in elke supermarkt en kost slechts enkele guldens per rol.

naar: Deventer Dagblad

In de gebruiksaanwijzing van zo'n plaat staat onder andere het volgende:

tekst

Leg de wonderplaat in een glazen of plastic bak gevuld met heet water. Los per liter een lepel keukenzout op. Leg uw schoon te maken zilveren voorwerpen op de plaat, ondergedompeld in het water.
Alle voorwerpen dienen direct of indirect (via andere voorwerpen die op de plaat liggen) contact te maken met de wonderplaat.

De in het artikel beschreven plaat bestaat uit aluminium. Ten onrechte wordt in het artikel beweerd dat deze plaat als katalysator fungeert. In werkelijkheid wordt het aluminium van de plaat omgezet.
Stel, je wilt via een experiment bewijzen dat tijdens het 'poetsen' aluminium van de plaat wordt omgezet.

2p **7** ☐ Beschrijf het experiment dat je zou gaan uitvoeren om te bewijzen dat tijdens het 'poetsen' aluminium van de plaat wordt omgezet.

De werking van de aluminiumplaat kan verklaard worden door aan te nemen dat hier sprake is van een elektrochemische cel: de aluminiumplaat vormt de ene pool en de schoon te maken zilveren voorwerpen de andere pool.

3p **8** ☐ Geef de vergelijking van de halfreactie die tijdens het 'poetsen' optreedt aan het oppervlak van de schoon te maken zilveren voorwerpen.

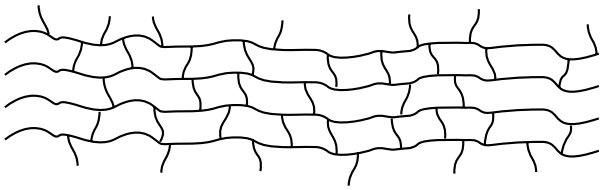
2p **9** ☐ Leg uit of het voorschrift met betrekking tot het directe of indirecte contact juist is.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Zachte contactlenzen

Contactlenzen worden tegenwoordig meestal van een soepele, zachte kunststof gemaakt. Bij het vervaardigen van zachte contactlenzen kan men een aantal stappen onderscheiden. Allereerst wordt uit een mengsel van monomeren door additiepolymerisatie een zogenoemd netwerkpolymeer gevormd. Hierbij ontstaan geen andere stoffen.
Het ontstane netwerkpolymeer heeft een structuur met veel dwarsverbindingen. Het is een hard, watervrij product. Een stukje van zo'n polymeer (polymeer A) is hieronder (figuur 1) schematisch weergegeven.

figuur 1



polymeer A

Er zijn verschillende methodes om een voorwerp te maken van een synthetisch polymeer. Twee van deze methodes zijn hieronder beschreven.

Methode 1
Men maakt eerst het polymeer in korrelvorm. Daarna wordt het polymeer vloeibaar gemaakt, waarna het voorwerp wordt gemaakt door het vloeibare polymeer in een mal te spuiten.

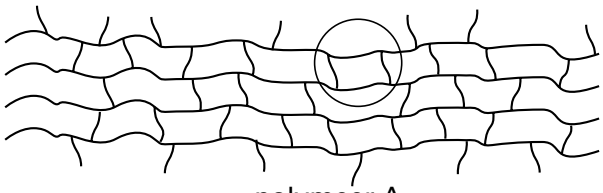
Methode 2
Men brengt het mengsel van monomeren in een mal. Daarna brengt men de polymerisatie op gang. Na afloop van de reactie is het voorwerp in de mal ontstaan.

Eén van deze methodes is niet geschikt om een voorwerp van polymeer A te maken.

2p **10** □ Leg uit welke methode *niet* geschikt is.

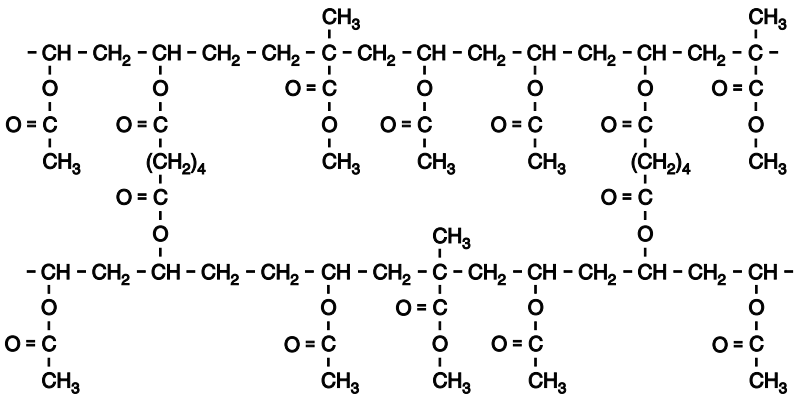
In figuur 2 is polymeer A nogmaals weergegeven. Het omcirkelde gedeelte daarin is 'uitvergroot' tot de structuurformule die daaronder staat (figuur 3).

figuur 2



polymeer A

figuur 3



'uitvergroot' stukje van polymeer A

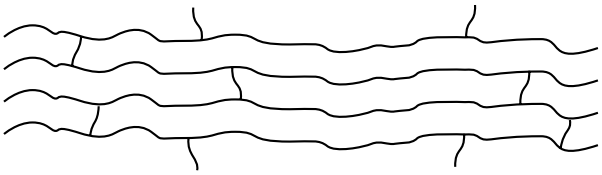
Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Polymeer A wordt bereid door de additiepolymerisatie van drie soorten monomeren. Eén van deze monomeren heeft de molecuulformule $C_{10}H_{14}O_4$. Dit monomeer zorgt ervoor dat tijdens deze additiepolymerisatie een polymeer ontstaat dat een netwerkstructuur heeft.

3p **11** □ Geef de structuurformule van dit monomeer.

Het netwerkpolymeer heeft een zodanige hardheid dat door slijpen en polijsten een lens met de juiste vorm gemaakt kan worden.
Na het slijpen en polijsten van de lens wordt het polymeer van de lens tenslotte omgezet in een netwerkpolymeer dat minder dwarsverbindingen heeft (polymeer B). Hierdoor krijgt de lens de gewenste soepelheid. Een stukje van polymeer B is hieronder schematisch weergegeven (figuur 4).

figuur 4



polymeer B

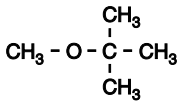
Polymeer B moet tevens zodanig zijn opgebouwd dat het vrije OH groepen bevat, zodat het water kan binden. Daartoe wordt polymeer A omgezet in polymeer B door de lens in een basische oplossing te leggen. Er treedt een verzepingsreactie op van de estergroepen in polymeer A. Als voldoende estergroepen zijn verzeept, wordt een overmaat zuur aan het reactiemengsel toegevoegd; de verzeping stopt dan. Er is uiteindelijk een mengsel ontstaan van een zure oplossing en vast polymeer B. In de zure oplossing bevinden zich drie opgeloste koolstofverbindingen. Deze drie koolstofverbindingen worden door spoelen verwijderd.

3p **12** □ Geef de structuurformules van deze drie koolstofverbindingen.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

MTBE

Bij het maken van benzine wordt vaak de stof methyl-*tert*-butylether, MTBE, toegevoegd. MTBE is een alkoxyalkaan met de volgende structuurformule:



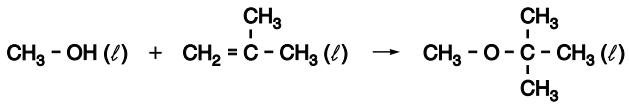
Er zijn nog andere alkoxyalkanen met dezelfde molecuulformule als MTBE.

5p **13** □ Geef de structuurformules van die andere alkoxyalkanen. Laat daarbij stereo-isomerie buiten beschouwing.

Toevoeging van MTBE aan benzine zorgt onder andere voor een verhoging van het zogenoemde octaangetal van de benzine. Daarnaast zorgen zuurstofhoudende verbindingen ook voor een meer volledige verbranding van de benzine, waardoor de uitstoot van koolstofmonooxide afneemt. Om die reden is men in de VS gedurende de wintermaanden verplicht zoveel zuurstofhoudende verbindingen aan de benzine toe te voegen dat er 2,7 massaprocent O in de benzine zit.

4p **14** □ Bereken hoeveel liter MTBE nodig is om $1{,}0 \cdot 10^6$ liter benzine te maken die aan deze eis voldoet. Neem hierbij aan dat de oorspronkelijke benzine geen zuurstofhoudende verbindingen bevat en dat de dichtheden van de oorspronkelijke benzine, van MTBE en van het mengsel dat daaruit gevormd wordt alle drie de waarde $0{,}72 \cdot 10^3$ g L^{-1} hebben.

MTBE wordt gemaakt door een reactie tussen methanol en 2-methylpropeen. De omstandigheden waaronder de reactie wordt uitgevoerd, zijn zodanig dat alle bij de reactie betrokken stoffen vloeibaar zijn:



De bereiding van MTBE via deze reactie vindt plaats volgens een continu proces. Bij het ontwerp van dit proces hebben onder andere de eigenschappen van de drie stoffen een rol gespeeld. Een aantal eigenschappen staat in onderstaande tabel vermeld:

tabel

	kookpunt	vormingsenthalpie (onder de omstandigheden die in de reactor heersen)
methanol	65,0 °C	$-2{,}40 \cdot 10^5$ J mol^{-1} methanol(ℓ)
2-methylpropeen	−6,9 °C	$-0{,}34 \cdot 10^5$ J mol^{-1} 2-methylpropeen(ℓ)
MTBE	55,2 °C	$-2{,}78 \cdot 10^5$ J mol^{-1} MTBE(ℓ)

Uit deze gegevens valt onder andere af te leiden of de reactor gekoeld dan wel verwarmd moet worden om de temperatuur in de reactor constant te houden.

3p **15** □ Bereken uit bovenstaande gegevens de enthalpieverandering in joule per mol methanol voor de reactie methanol(ℓ) + 2-methylpropeen(ℓ) → MTBE(ℓ).

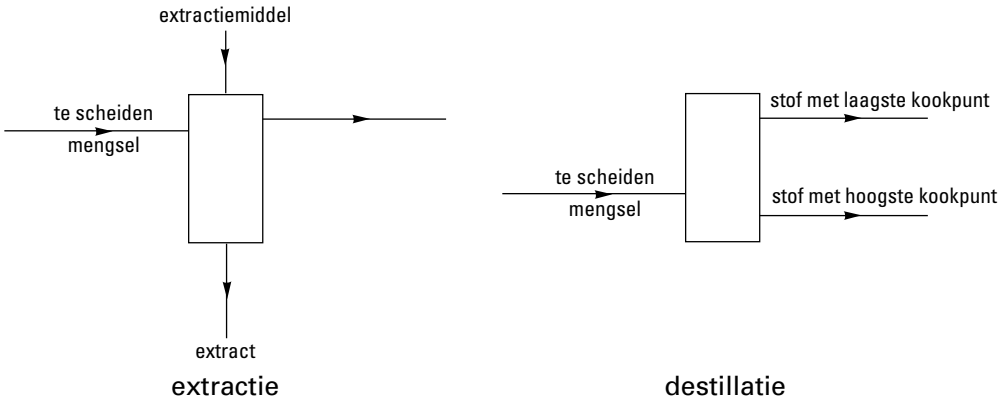
2p **16** □ Leg uit of de reactor gekoeld dan wel verwarmd moet worden om de temperatuur in de reactor constant te houden.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Bij de uitvoering van het genoemde continue proces worden 2-methylpropeen en een overmaat methanol in de reactor geleid. Het mengsel dat de reactor verlaat, bevat behalve MTBE en methanol ook nog wat 2-methylpropeen. Dit mengsel wordt vervolgens via een aantal stappen gescheiden. Bij de eerste scheiding wordt methanol door extractie verwijderd. Het extractiemiddel dat bij deze extractie wordt gebruikt, moet onder andere aan de volgende twee voorwaarden voldoen:
– het extract moet behalve het extractiemiddel alleen de te verwijderen stof bevatten;
– het mengsel van extractiemiddel en opgeloste stof moet gemakkelijk door destillatie zijn te scheiden.

2p **17** □ Leg aan de hand van eigenschappen van de te scheiden stoffen uit dat bij bovengenoemde extractie water als extractiemiddel aan beide voorwaarden voldoet.

Behalve de genoemde extractie vinden in het continue proces ook twee destillaties plaats. In het continue proces zijn dus in totaal drie scheidingsruimten nodig: één ruimte voor de extractie en twee ruimten voor de destillaties. MTBE en 2-methylpropeen worden elk apart afgevoerd. Methanol wordt gerecirculeerd. De hoeveelheid gerecirculeerd methanol is niet voldoende om het proces continu te laten verlopen. Daarom moet aanhoudend extra methanol worden toegevoerd. Dit extra methanol wordt samen met het gerecirculeerde methanol in de reactor geleid.
In een blokschema van een continu proces worden een extractie en een destillatie als volgt weergegeven:



Op de bijlage is een klein deel van het blokschema van de bereiding van MTBE weergegeven; met name de scheidingsruimten ontbreken.

4p **18** □ Maak het blokschema op de bijlage af door het tekenen van de drie scheidingsruimten en door het plaatsen van lijnen en pijlen. Houd je daarbij aan de volgende aanwijzingen:
– teken in je blokschema de scheidingsruimten op de manier zoals hierboven is weergegeven;
– zet bij de zelf getekende lijnen (in plaats van de aanduidingen „te scheiden mengsel”, „extractiemiddel”, „extract”, „stof met laagste kookpunt” en „stof met hoogste kookpunt”) de namen van de bijbehorende stoffen (methanol, 2-methylpropeen, MTBE en water); het is mogelijk dat sommige namen daarbij meerdere keren gebruikt moeten worden;
– de recirculatie van het water dat bij de scheiding wordt gebruikt, hoeft niet te worden getekend.

Let op: de laatste vragen van dit examen staan op de volgende pagina.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Eiwitbepaling

Als warm, geconcentreerd zwavelzuur aan amino-ethaanzuur ($C_2H_5O_2N$) wordt toegevoegd, treedt een redoxreactie op. Bij deze reactie ontstaan CO_2, SO_2, NH_4^+ en H_2O.

6p **19** □ Geef van deze redoxreactie de vergelijkingen van de halfreacties en leid daaruit de vergelijking van de totale reactie af.

De bovenbeschreven reactie treedt op soortgelijke wijze op als warm, geconcentreerd zwavelzuur wordt toegevoegd aan eiwit; alle stikstofatomen in het eiwit worden dan omgezet in ammoniumionen. Men kan met behulp van deze reactie het eiwitgehalte van diervoeding vaststellen. Daartoe bepaalt men eerst het aantal mmol eiwit-N per gram diervoeding. Dit is het aantal mmol stikstofatomen in het eiwit per gram diervoeding. Deze bepaling wordt als volgt uitgevoerd.

- Aan 1,0 gram diervoeding wordt 4 mL geconcentreerd zwavelzuur toegevoegd. Na enige tijd verwarmen wordt het mengsel volledig overgebracht in een maatkolf en met gedestilleerd water aangevuld tot een volume van 50,0 mL.
- Van de ontstane oplossing wordt 5,0 mL gepipetteerd in een erlenmeyer. Vervolgens wordt aan de inhoud van de erlenmeyer een overmaat natronloog toegevoegd. Het NH_4^+ wordt daardoor volledig omgezet in NH_3.
- Daarna wordt door verhitting al het NH_3 uit de oplossing verwijderd. Al het NH_3 wordt geleid in 5,0 mL 0,10 M zoutzuur. Het opgeloste HCl is in overmaat aanwezig. Het NH_3 wordt door reactie met zoutzuur volledig omgezet in NH_4^+.
- Tenslotte wordt de oplossing teruggetitreerd met natronloog.

Bij deze terugtitratie mag het NH_4^+ niet worden omgezet. Om die reden voert men de titratie zodanig uit dat de pH bij het bereiken van het eindpunt van de titratie niet boven 5,7 uitkomt. Bij deze pH is de verhouding $\frac{[NH_3]}{[NH_4^+]}$ zo klein dat de omzetting van NH_4^+ in NH_3 te verwaarlozen is.

3p **20** □ Bereken de verhouding $\frac{[NH_3]}{[NH_4^+]}$ bij pH = 5,7.

Men voert bovenbeschreven bepaling uit aan een diervoeding A. Voor de genoemde terugtitratie blijkt 7,7 mL 0,030 M natronloog nodig te zijn.

3p **21** □ Bereken het aantal mmol eiwit-N per gram diervoeding A.

Uit het aantal mmol eiwit-N is het aantal mg eiwit-N te berekenen.
Vervolgens kan men hieruit het aantal mg eiwit berekenen door gebruik te maken van de volgende omrekeningsformule:

aantal mg eiwit (per gram diervoeding) = aantal mg eiwit-N (per gram diervoeding) × 6,3

Van een diervoeding B heeft men vastgesteld dat het aantal mmol eiwit-N per gram diervoeding 1,9 is.

3p **22** □ Bereken het massapercentage eiwit in diervoeding B.

Einde

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Bijlage bij vraag 18

Examen VWO 2001

Tijdvak 1
Vrijdag 18 mei
13.30 – 16.30 uur

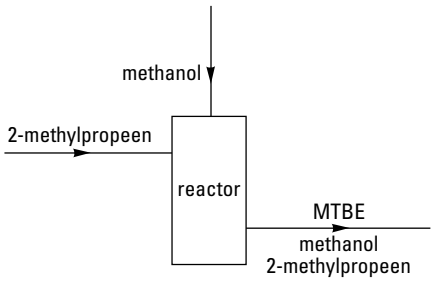
Examennummer

.....

Naam

.....

Vraag 18



Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Scheikunde 1 (nieuwe stijl)

Examen VWO

Voorbereidend
Wetenschappelijk
Onderwijs

20 01

Tijdvak 1
Vrijdag 18 mei
13.30 – 16.30 uur

Voor dit examen zijn maximaal 71 punten te behalen; het examen bestaat uit 25 vragen.
Voor elk vraagnummer is aangegeven hoeveel punten met een goed antwoord behaald kunnen worden.
Bij dit examen hoort een informatieblad.

Als bij een vraag een verklaring, uitleg, berekening of afleiding gevraagd wordt, worden aan het antwoord meestal geen punten toegekend als deze verklaring, uitleg, berekening of afleiding ontbreekt.

Geef niet meer antwoorden (redenen, voorbeelden e.d.) dan er worden gevraagd. Als er bijvoorbeeld twee redenen worden gevraagd en je geeft meer dan twee redenen, dan worden alleen de eerste twee in de beoordeling meegeteld.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Parkeerkaartje

In het volgende artikel wordt een voorbeeld gegeven van de manier waarop chemie ingezet kan worden om het alledaagse leven gemakkelijker te maken:

artikel

Stel je het werk van een parkeerwachter voor die voortdurend op de parkeerkaartjes achter de voorruiten van auto's moet turen om proberen vast te stellen of de parkeertijd van twee uur al dan niet is verlopen.
Teamleider Dr. Kylie Singlett legt uit hoe ze dit probleem aanpakten.
„We zochten een manier om het verlopen van het parkeerkaartje zodanig zichtbaar te maken dat dit op een afstand te zien is. We besloten om gebruik te maken van het verschijnsel dat bij elke chemicus bekend is: de klokreactie van jood. Onze kaartjes zijn geïmpregneerd met een mengsel van zetmeel, jodide en thiosulfaat.
Als je je kaartje koopt, wordt dit in de kaartjesautomaat besproeid met een oplossing van persulfaat. Het persulfaat oxideert het jodide tot jood. In het begin reageert het jood met thiosulfaat. Na een bepaalde tijd, als het thiosulfaat is opgebruikt, reageert het jood met het zetmeel, en zie daar … je kaartje wordt blauw!"

vertaald uit: Chem NZ, februari 1996

Bij de in het artikel genoemde klokreactie is in feite sprake van drie reacties.
De eerstgenoemde reactie is de reactie van opgelost persulfaat ($S_2O_8^{2-}$) met jodide.
Bij deze reactie wordt persulfaat omgezet in opgelost sulfaat.

3p **1** ☐ Geef de vergelijking van de reactie tussen persulfaat en jodide.

Het in het artikel beschreven systeem dient nauwkeurig te zijn. Dat wil zeggen dat een kaartje dat twee uur geldig is, na twee uur blauw zal kleuren. Men heeft het systeem in een laboratorium getest. Bij deze test heeft men tientallen op dezelfde wijze geïmpregneerde kaartjes met eenzelfde hoeveelheid persulfaatoplossing besproeid en voor elk kaartje gemeten na hoeveel minuten het blauw kleurt. De concentratie van de gebruikte oplossing en de omstandigheden waren bij elk van die proeven hetzelfde.
De gemeten tijden bleken onderling slechts enkele minuten te verschillen.
Deze test is niet voldoende om te concluderen dat het nieuwe systeem bij toepassing in auto's ook nauwkeurig zal zijn.

2p **2** ☐ Welke test moet men in het laboratorium tevens uitvoeren om meer zekerheid te krijgen of dit systeem in de praktijk nauwkeurig zal zijn? Geef een verklaring voor je antwoord.

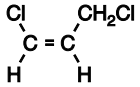
Men kan door een aanpassing van het systeem ook maximale parkeertijden instellen die korter zijn dan twee uur. Het parkeerkaartje moet dus na een kortere tijd blauw kleuren.

2p **3** ☐ Geef een mogelijke aanpassing van het systeem waardoor men dit kan bereiken.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

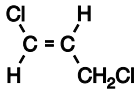
Grondontsmetting

Jaar in jaar uit aardappelen verbouwen op hetzelfde stuk grond is niet goed omdat in de grond het aantal organismen (aaltjes) die de aardappelen aantasten, toeneemt. Door gebruik te maken van grondontsmettingsmiddelen worden de aaltjes bestreden, zodat men wel vaker aardappelen kan telen op hetzelfde stuk grond. Een grondontsmettingsmiddel dat men tegen aaltjes kan gebruiken, heeft de volgende structuurformule:



verbinding A

Van verbinding A bestaan verscheidene isomeren. Eén van die isomeren, verbinding B, verschilt alleen in ruimtelijke structuur van verbinding A:



verbinding B

4p **4** □ Geef de systematische naam van verbinding A, zodanig dat daaruit blijkt in welk opzicht verbinding A van verbinding B verschilt.

Verbinding A en verbinding B worden gevormd als Cl_2 onder bepaalde omstandigheden met $CH_2 = CH - CH_3$ reageert.

2p **5** □ Leg uit of de reactie tussen Cl_2 en $CH_2 = CH - CH_3$ waarbij verbinding A ontstaat, een substitutiereactie is.

Hoewel alleen verbinding A werkzaam is tegen aaltjes, werd jarenlang een mengsel van verbinding A en verbinding B gebruikt als grondontsmettingsmiddel tegen aaltjes. Verbinding A en verbinding B zijn onderzocht op giftigheid voor de mens. Hierbij is gebleken dat beide stoffen een zekere mate van mutageniteit bezitten. Op basis hiervan zou het gebruik van beide stoffen verboden moeten worden. De mutagene eigenschappen zijn echter zo gering dat men het risico voor gebruikers en omwonenden verwaarloosbaar klein acht. Daarom heeft men besloten om het gebruik van verbinding A in ieder geval tot het jaar 2002 toe te staan. Het gebruik van mengsels van verbinding A en verbinding B is sinds 1 augustus 1997 echter verboden.
Mengsels van verbinding A en verbinding B die bij de bereiding van het ontsmettingsmiddel ontstaan, moeten dus sinds 1 augustus 1997 gescheiden worden. Destillatie is een scheidingsmethode die men vaak kan toepassen om een mengsel van verbindingen te scheiden. Er bestaan echter mengsels van stereo-isomeren die men niet kan scheiden door middel van destillatie.

2p **6** □ Leg uit bij welke soort stereo-isomeren een mengsel zeker niet door middel van destillatie te scheiden is.

2p **7** □ Leg uit of verwacht mag worden dat een mengsel van verbinding A en verbinding B door middel van destillatie te scheiden is.

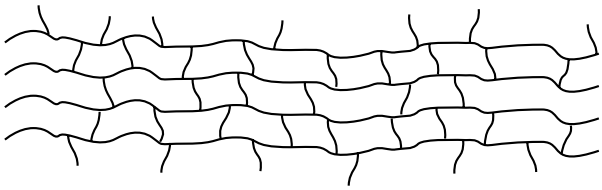
2p **8** □ Geef op basis van bovenstaande gegevens een argument dat de wetgever gebruikt kan hebben om het gebruik van mengsels van verbinding A en verbinding B te verbieden.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Zachte contactlenzen

Contactlenzen worden tegenwoordig meestal van een soepele, zachte kunststof gemaakt. Bij het vervaardigen van zachte contactlenzen kan men een aantal stappen onderscheiden. Allereerst wordt uit een mengsel van monomeren door additiepolymerisatie een zogenoemd netwerkpolymeer gevormd. Hierbij ontstaan geen andere stoffen.
Het ontstane netwerkpolymeer heeft een structuur met veel dwarsverbindingen. Het is een hard, watervrij product. Een stukje van zo'n polymeer (polymeer A) is hieronder (figuur 1) schematisch weergegeven.

figuur 1



polymeer A

Er zijn verschillende methodes om een voorwerp te maken van een synthetisch polymeer. Twee van deze methodes zijn hieronder beschreven.

Methode 1
Men maakt eerst het polymeer in korrelvorm. Daarna wordt het polymeer vloeibaar gemaakt, waarna het voorwerp wordt gemaakt door het vloeibare polymeer in een mal te spuiten.

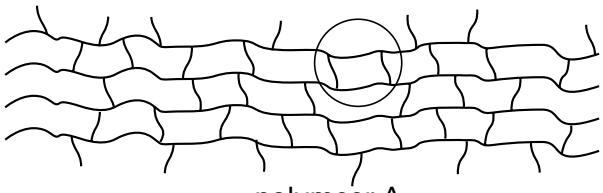
Methode 2
Men brengt het mengsel van monomeren in een mal. Daarna brengt men de polymerisatie op gang. Na afloop van de reactie is het voorwerp in de mal ontstaan.

Eén van deze methodes is niet geschikt om een voorwerp van polymeer A te maken.

2p **9** □ Leg uit welke methode *niet* geschikt is.

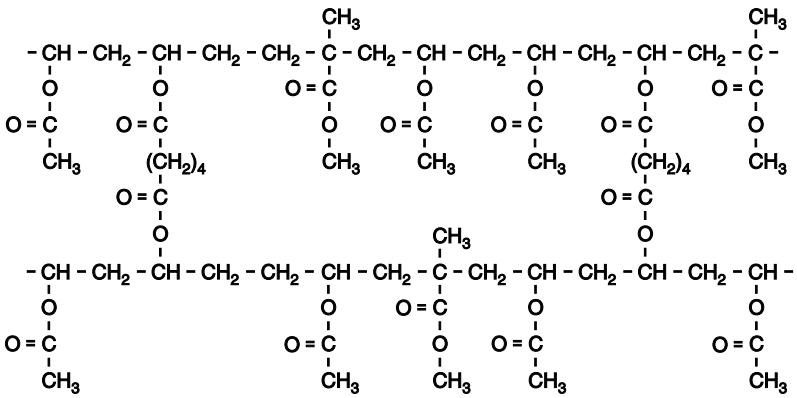
In figuur 2 is polymeer A nogmaals weergegeven. Het omcirkelde gedeelte daarin is 'uitvergroot' tot de structuurformule die daaronder staat (figuur 3).

figuur 2



polymeer A

figuur 3



'uitvergroot' stukje van polymeer A

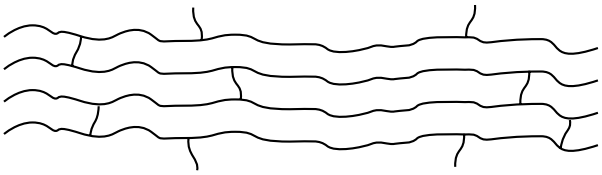
Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Polymeer A wordt bereid door de additiepolymerisatie van drie soorten monomeren. Eén van deze monomeren heeft de molecuulformule $C_{10}H_{14}O_4$. Dit monomeer zorgt ervoor dat tijdens deze additiepolymerisatie een polymeer ontstaat dat een netwerkstructuur heeft.

3p **10** □ Geef de structuurformule van dit monomeer.

Het netwerkpolymeer heeft een zodanige hardheid dat door slijpen en polijsten een lens met de juiste vorm gemaakt kan worden.
Na het slijpen en polijsten van de lens wordt het polymeer van de lens tenslotte omgezet in een netwerkpolymeer dat minder dwarsverbindingen heeft (polymeer B). Hierdoor krijgt de lens de gewenste soepelheid. Een stukje van polymeer B is hieronder schematisch weergegeven (figuur 4).

figuur 4



polymeer B

Polymeer B moet tevens zodanig zijn opgebouwd dat het vrije OH groepen bevat, zodat het water kan binden. Daartoe wordt polymeer A omgezet in polymeer B door de lens in een basische oplossing te leggen. Er treedt een verzepingsreactie op van de estergroepen in polymeer A. Als voldoende estergroepen zijn verzeept, wordt een overmaat zuur aan het reactiemengsel toegevoegd; de verzeping stopt dan. Er is uiteindelijk een mengsel ontstaan van een zure oplossing en vast polymeer B. In de zure oplossing bevinden zich drie opgeloste koolstofverbindingen. Deze drie koolstofverbindingen worden door spoelen verwijderd.

3p **11** □ Geef de structuurformules van deze drie koolstofverbindingen.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Eiwitbepaling

Als warm, geconcentreerd zwavelzuur aan amino-ethaanzuur ($C_2H_5O_2N$) wordt toegevoegd, treedt een redoxreactie op. Bij deze reactie ontstaan CO_2, SO_2, NH_4^+ en H_2O.

6p **12** □ Geef van deze redoxreactie de vergelijkingen van de halfreacties en leid daaruit de vergelijking van de totale reactie af.

De bovenbeschreven reactie treedt op soortgelijke wijze op als warm, geconcentreerd zwavelzuur wordt toegevoegd aan eiwit; alle stikstofatomen in het eiwit worden dan omgezet in ammoniumionen. Men kan met behulp van deze reactie het eiwitgehalte van diervoeding vaststellen. Daartoe bepaalt men eerst het aantal mmol eiwit-N per gram diervoeding. Dit is het aantal mmol stikstofatomen in het eiwit per gram diervoeding. Deze bepaling wordt als volgt uitgevoerd.

- Aan 1,0 gram diervoeding wordt 4 mL geconcentreerd zwavelzuur toegevoegd. Na enige tijd verwarmen wordt het mengsel volledig overgebracht in een maatkolf en met gedestilleerd water aangevuld tot een volume van 50,0 mL.
- Van de ontstane oplossing wordt 5,0 mL gepipetteerd in een erlenmeyer. Vervolgens wordt aan de inhoud van de erlenmeyer een overmaat natronloog toegevoegd. Het NH_4^+ wordt daardoor volledig omgezet in NH_3.
- Daarna wordt door verhitting al het NH_3 uit de oplossing verwijderd. Al het NH_3 wordt geleid in 5,0 mL 0,10 M zoutzuur. Het opgeloste HCl is in overmaat aanwezig. Het NH_3 wordt door reactie met zoutzuur volledig omgezet in NH_4^+.
- Tenslotte wordt de oplossing getitreerd met natronloog. Bij deze titratie reageert alleen het overgebleven H^+ (H_3O^+).

Men voert bovenbeschreven bepaling uit aan een diervoeding A. Voor de genoemde titratie blijkt 7,7 mL 0,030 M natronloog nodig te zijn.

3p **13** □ Bereken het aantal mmol eiwit-N per gram diervoeding A.

Uit het aantal mmol eiwit-N is het aantal mg eiwit-N te berekenen.
Vervolgens kan men hieruit het aantal mg eiwit berekenen door gebruik te maken van de volgende omrekeningsformule:

aantal mg eiwit (per gram diervoeding) = aantal mg eiwit-N (per gram diervoeding) × 6,3

Van een diervoeding B heeft men vastgesteld dat het aantal mmol eiwit-N per gram diervoeding 1,9 is.

3p **14** □ Bereken het massapercentage eiwit in diervoeding B.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Tanden en cariës

Tanden en kiezen zijn bedekt met glazuur. Dit glazuur bestaat vrijwel geheel uit hydroxy-apatiet, $Ca_5(PO_4)_3OH$. Hydroxy-apatiet kan beschouwd worden als een mengsel van de zouten calciumfosfaat en calciumhydroxide.

4p **15** □ Leid af in welke molverhouding (calciumfosfaat : calciumhydroxide) deze zouten in hydroxy-apatiet aanwezig zijn.

Hydroxy-apatiet is erg hard, maar het is kwetsbaar als het met zure oplossingen in contact komt. In het volgende tekstfragment wordt de aantasting van hydroxy-apatiet door zure oplossingen beschreven.

tekstfragment

Cariës
Een zwak zuur (pH 6-4) zoals melkzuur, dat bacteriën in tandplak uit suikers vormen, diffundeert tussen de apatietkristalletjes de tand binnen, waardoor elke twee protonen (H^+) telkens één calciumion (Ca^{2+}) verdringen; deze langzame ontkalking maakt de tand in eerste instantie poreus en veroorzaakt uiteindelijk gaten.

Erosie
Een sterk zuur (pH 3-1) dat bijvoorbeeld in de vorm van azijn of citrusvruchten in de mond terechtkomt, heeft geen diffusie-bepaalde ontkalking met porositeiten tot gevolg, maar leidt telkens tot etsing en verlies van een buitenste dunne laag.

uit: Melk en Zuivelproducten in Relatie tot Tandgezondheid

Melkzuur is de triviale naam van 2-hydroxypropaanzuur.
Een voorbeeld van een suiker waaruit melkzuur kan ontstaan, is sacharose. Voor deze omzetting van sacharose tot melkzuur is ook water nodig.

4p **16** □ Geef van de omzetting van sacharose tot melkzuur de reactievergelijking in molecuulformules. Neem hierbij aan dat melkzuur de enige koolstofverbinding is die gevormd wordt.

Van melkzuur bestaan twee stereo-isomeren.
De vorming van melkzuur uit suikers door bacteriën vindt plaats onder invloed van enzymen. Een enzym werkt stereospecifiek. Toch ontstaan bij de hierboven beschreven vorming van melkzuur uit suikers beide stereo-isomeren.

2p **17** □ Geef een mogelijke verklaring voor het feit dat bij de bovenbeschreven vorming van melkzuur uit suikers beide stereo-isomeren van melkzuur ontstaan.

Het tekstfragment geeft als definitie van een sterk zuur: pH tussen 3 en 1. Deze definitie wijkt af van gangbare definities. Volgens die gangbare definities is azijnzuur een zwak zuur.

4p **18** □ Laat door berekening zien dat azijn een pH tussen 3 en 1 heeft. Neem aan dat azijn 40 gram opgelost azijnzuur per liter bevat en dat de waarde van K_z $1{,}8 \cdot 10^{-5}$ is.

Uit het tekstfragment kan worden opgemaakt dat in het geval van erosie door reactie van H^+ met ionen in het hydroxy-apatiet niet alleen Ca^{2+} vrijkomt, maar het kristalrooster volledig wordt afgebroken. Bij deze reactie reageren twee ionsoorten van het hydroxy-apatiet.

3p **19** □ Geef van deze reactie van hydroxy-apatiet met H^+ de vergelijking.

Let op: de laatste vragen van dit examen staan op de volgende pagina.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Ammoniak en verzuring

Deze opgave gaat over het artikel „Ammoniak-emissie is gunstig voor het tegengaan van zure regen”, dat is afgedrukt op het informatieblad dat bij dit examen is verstrekt.
Lees dit artikel en maak vervolgens de vragen van deze opgave.

In het begin van het artikel wordt gesproken over „zure uitstoot van industrie en verkeer” die bijdraagt tot het ontstaan van zure regen. Zwaveldioxide is zo’n stof die bijdraagt tot het ontstaan van zure regen. Deze stof wordt in de atmosfeer, door een reactie met andere stoffen, omgezet tot een (verdunde) oplossing van zwavelzuur.

3p **20** □ Geef de reactievergelijking van deze omzetting van zwaveldioxide.

De schrijver beweert in zijn artikel dat de vorming van H^+ door „bacteriële oxidatie” van ammoniak niet altijd tot verzuring leidt.

2p **21** □ Welke twee oorzaken voert de schrijver aan om duidelijk te maken dat de vorming van H^+ door „bacteriële oxidatie” niet altijd tot verzuring leidt?

2p **22** □ Geef twee oorzaken waardoor het verzurende effect van een bepaalde hoeveelheid gevormd H^+ van plaats tot plaats kan verschillen.

De schrijver verwijst in zijn betoog naar een veel gebruikte ammoniumhoudende kunstmest. Deze kunstmest wordt vaak in de vorm van een zogenoemde NPK kunstmest toegepast. Een NPK kunstmest bestaat uit een mengsel van zouten.

4p **23** □ Geef de formules van twee zouten die, als mengsel, aangeduid kunnen worden als NPK kunstmest.

Stel je bent politicus en je bent er van overtuigd geraakt dat de boodschap die de schrijver van het artikel brengt, juist is. Daarom heb je het standpunt ingenomen dat een reeds genomen maatregel die te maken heeft met de belangrijkste bron van ammoniak-emissie in Nederland, teruggedraaid moet worden.

2p **24** □ Welke maatregel is dat?

2p **25** □ Welk argument tegen jouw standpunt wordt in het artikel genoemd?

Einde

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Scheikunde 1 (nieuwe stijl)

Examen VWO

Voorbereidend
Wetenschappelijk
Onderwijs

20 01

Tijdvak 1
Vrijdag 18 mei
13.30 – 16.30 uur

Informatieblad

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

informatie

’Ammoniak-emissie is gunstig voor het tegengaan van zure regen’

Er bestaat nu in ons land een algemeen verbreide misvatting dat ammoniak, samen met de zure uitstoot van industrie en verkeer, bijdraagt tot het ontstaan van zure regen.
De misvatting over de rol van ammoniak bij zure regen is te wijten aan onjuiste interpretatie van publicaties over dit onderwerp. Ammoniak bereikt de bodem als ammonium-ionen, die een zuur karakter hebben, maar men moet bedenken dat deze ontstaan zijn uit ammoniakgas plus H^+ ionen, die op hun beurt afkomstig zijn van de reactie van zwavel- en stikstofoxiden met water. Ammoniak-emissie is dus gunstig voor het tegengaan van zure regen.
Voorts ontstaan er bij reactie met NO_2 in de vochtige atmosfeer ammoniumnitriet en -nitraat in gelijke hoeveelheden, waarbij nitriet ontleedt tot stikstof en water. De reacties zijn:

$2\ NO_2 + H_2O \rightarrow HNO_2 + HNO_3$	reactie 1
$2\ NH_3 + HNO_2 + HNO_3 \rightarrow NH_4NO_2 + NH_4NO_3$	reactie 2
$NH_4NO_2 \rightarrow N_2 + 2\ H_2O$	reactie 3

Hier worden dus een deel van de ammoniak en een deel van de stikstofoxiden in de atmosfeer samen vernietigd. Ook door deze reactie draagt ammoniak bij aan vermindering van zure regen. De mate waarin deze reactie optreedt is nog onvoldoende bekend, maar ze is waarschijnlijk niet verwaarloosbaar. Uiteindelijk komt de rest van de ammoniak, in de vorm van NH_4^+ ionen, via de regen in de bodem terecht. Kan ze daar bijdragen aan verzuring? In de bodem worden ammonium-ionen in de zwak alkalische omgeving omgezet tot ammoniak, dat onder invloed van bacteriën in aëroob milieu wordt geoxideerd tot nitraat, waarbij inderdaad H^+ ionen worden gevormd. De reacties waar het om gaat zijn dus:

atmosfeer (regendruppels):	$NH_3 + H^+ \rightarrow NH_4^+$	reactie 4
bodem (aëroob, bufferend):	$NH_4^+ + \text{buffer} \rightarrow NH_3 + \text{buffer-}H^+$	reactie 5
	$NH_3 + 2\ O_2 \rightarrow NO_3^- + H^+ + H_2O$	reactie 6

We moeten deze beide effecten wel goed van elkaar onderscheiden.
Het neutraliserende effect van ammoniak op zure regen is algemeen verspreid. De bacteriële oxidatie van ammoniak in de bodem leidt weliswaar tot vorming van H^+ ionen, maar of dit tot verzuring leidt, is afhankelijk van de plaatselijke bodemgesteldheid. In de eerste plaats zal in de bodem een verdere bufferwerking optreden en in de tweede plaats zullen NO_3^- ionen, waar deze in planten worden opgenomen, worden uitgewisseld tegen OH^- ionen. De totale omvang van een eventuele resterende verzuring is nog onvoldoende bekend. Opmerkelijk is overigens dat er reeds lange tijd op grote schaal ammoniumhoudende kunstmest is gebruikt, zonder dat daarbij aanzienlijke verzuring is opgetreden.
Nu heeft ammoniak-emissie naast de vermeende verzuring wel een ander effect: verhoogde stikstofbelasting van de bodem. Voor de stedelijke gebieden is dit van geen belang, voor agrarische gronden is dit in feite een voordeel (gratis bemesting), maar voor de zogenaamde ’natuurgebieden’ kan dit verstorend werken.

naar: Chemisch Weekblad

Einde

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Scheikunde 1,2 (nieuwe stijl)

Examen VWO

Voorbereidend
Wetenschappelijk
Onderwijs

20 01

Tijdvak 1
Vrijdag 18 mei
13.30 – 16.30 uur

Voor dit examen zijn maximaal 70 punten te behalen; het examen bestaat uit 24 vragen.
Voor elk vraagnummer is aangegeven hoeveel punten met een goed antwoord behaald kunnen worden.
Voor de uitwerking van vraag 20 is een bijlage toegevoegd.

Als bij een vraag een verklaring, uitleg, berekening of afleiding gevraagd wordt, worden aan het antwoord meestal geen punten toegekend als deze verklaring, uitleg, berekening of afleiding ontbreekt.

Geef niet meer antwoorden (redenen, voorbeelden e.d.) dan er worden gevraagd. Als er bijvoorbeeld twee redenen worden gevraagd en je geeft meer dan twee redenen, dan worden alleen de eerste twee in de beoordeling meegeteld.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Parkeerkaartje

In het volgende artikel wordt een voorbeeld gegeven van de manier waarop chemie ingezet kan worden om het alledaagse leven gemakkelijker te maken:

artikel

Stel je het werk van een parkeerwachter voor die voortdurend op de parkeerkaartjes achter de voorruiten van auto's moet turen om proberen vast te stellen of de parkeertijd van twee uur al dan niet is verlopen.
Teamleider Dr. Kylie Singlett legt uit hoe ze dit probleem aanpakten.
„We zochten een manier om het verlopen van het parkeerkaartje zodanig zichtbaar te maken dat dit op een afstand te zien is. We besloten om gebruik te maken van het verschijnsel dat bij elke chemicus bekend is: de klokreactie van jood. Onze kaartjes zijn geïmpregneerd met een mengsel van zetmeel, jodide en thiosulfaat.
Als je je kaartje koopt, wordt dit in de kaartjesautomaat besproeid met een oplossing van persulfaat. Het persulfaat oxideert het jodide tot jood. In het begin reageert het jood met thiosulfaat. Na een bepaalde tijd, als het thiosulfaat is opgebruikt, reageert het jood met het zetmeel, en zie daar … je kaartje wordt blauw!"

vertaald uit: Chem NZ, februari 1996

Bij de in het artikel genoemde klokreactie is in feite sprake van drie reacties.
De eerstgenoemde reactie is de reactie van opgelost persulfaat ($S_2O_8^{2-}$) met jodide.
Bij deze reactie wordt persulfaat omgezet in opgelost sulfaat.

3p **1** ☐ Geef de vergelijking van de reactie tussen persulfaat en jodide.

Het in het artikel beschreven systeem dient nauwkeurig te zijn. Dat wil zeggen dat een kaartje dat twee uur geldig is, na twee uur blauw zal kleuren. Men heeft het systeem in een laboratorium getest. Bij deze test heeft men tientallen op dezelfde wijze geïmpregneerde kaartjes met eenzelfde hoeveelheid persulfaatoplossing besproeid en voor elk kaartje gemeten na hoeveel minuten het blauw kleurt. De concentratie van de gebruikte oplossing en de omstandigheden waren bij elk van die proeven hetzelfde.
De gemeten tijden bleken onderling slechts enkele minuten te verschillen.
Deze test is niet voldoende om te concluderen dat het nieuwe systeem bij toepassing in auto's ook nauwkeurig zal zijn.

2p **2** ☐ Welke test moet men in het laboratorium tevens uitvoeren om meer zekerheid te krijgen of dit systeem in de praktijk nauwkeurig zal zijn? Geef een verklaring voor je antwoord.

Men kan door een aanpassing van het systeem ook maximale parkeertijden instellen die korter zijn dan twee uur. Het parkeerkaartje moet dus na een kortere tijd blauw kleuren.

2p **3** ☐ Geef een mogelijke aanpassing van het systeem waardoor men dit kan bereiken.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Zilver poetsen

Zilveren sieraden en bestek worden op den duur zwart. Door inwerking van onder andere waterstofsulfide ontstaat een dun laagje zilversulfide (Ag_2S).
Een eenvoudige manier om zwart geworden zilver weer schoon te krijgen, wordt beschreven in onderstaand krantenartikel:

artikel

Dure poets

Een toonaangevend distributeur van keukengerei brengt voor 25 piek een dunne metaalplaat in de handel, waarmee zilver poetsen een fluitje van een cent wordt. Als de plaat in een bak warm water wordt gelegd en er wat keukenzout bij wordt gestrooid, fleuren ondergedompelde voorwerpen van zilver, koper, roestvrij staal en goud in een oogwenk op. De werking berust op een chemische reactie, waarbij de plaat als katalysator fungeert.
Sinds jaar en dag echter werkt het kunstje ook met een vel aluminiumfolie. Aluminiumfolie is te koop in elke supermarkt en kost slechts enkele guldens per rol.

naar: Deventer Dagblad

In de gebruiksaanwijzing van zo'n plaat staat onder andere het volgende:

tekst

Leg de wonderplaat in een glazen of plastic bak gevuld met heet water. Los per liter een lepel keukenzout op. Leg uw schoon te maken zilveren voorwerpen op de plaat, ondergedompeld in het water.
Alle voorwerpen dienen direct of indirect (via andere voorwerpen die op de plaat liggen) contact te maken met de wonderplaat.

De in het artikel beschreven plaat bestaat uit aluminium. Ten onrechte wordt in het artikel beweerd dat deze plaat als katalysator fungeert. In werkelijkheid wordt het aluminium van de plaat omgezet.
Stel, je wilt via een experiment bewijzen dat tijdens het 'poetsen' aluminium van de plaat wordt omgezet.

2p **4** ☐ Beschrijf het experiment dat je zou gaan uitvoeren om te bewijzen dat tijdens het 'poetsen' aluminium van de plaat wordt omgezet.

De werking van de aluminiumplaat kan verklaard worden door aan te nemen dat hier sprake is van een elektrochemische cel: de aluminiumplaat vormt de ene pool en de schoon te maken zilveren voorwerpen de andere pool.

3p **5** ☐ Geef de vergelijking van de halfreactie die tijdens het 'poetsen' optreedt aan het oppervlak van de schoon te maken zilveren voorwerpen.

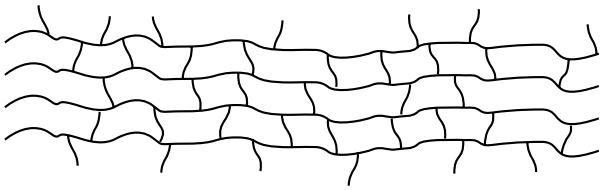
2p **6** ☐ Leg uit of het voorschrift met betrekking tot het directe of indirecte contact juist is.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Zachte contactlenzen

Contactlenzen worden tegenwoordig meestal van een soepele, zachte kunststof gemaakt. Bij het vervaardigen van zachte contactlenzen kan men een aantal stappen onderscheiden. Allereerst wordt uit een mengsel van monomeren door additiepolymerisatie een zogenoemd netwerkpolymeer gevormd. Hierbij ontstaan geen andere stoffen.
Het ontstane netwerkpolymeer heeft een structuur met veel dwarsverbindingen. Het is een hard, watervrij product. Een stukje van zo'n polymeer (polymeer A) is hieronder (figuur 1) schematisch weergegeven.

figuur 1



polymeer A

Er zijn verschillende methodes om een voorwerp te maken van een synthetisch polymeer. Twee van deze methodes zijn hieronder beschreven.

Methode 1
Men maakt eerst het polymeer in korrelvorm. Daarna wordt het polymeer vloeibaar gemaakt, waarna het voorwerp wordt gemaakt door het vloeibare polymeer in een mal te spuiten.

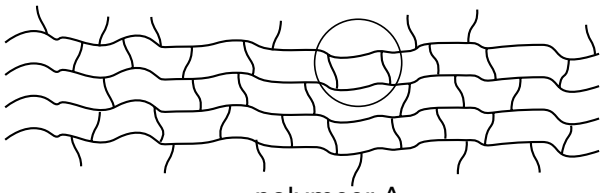
Methode 2
Men brengt het mengsel van monomeren in een mal. Daarna brengt men de polymerisatie op gang. Na afloop van de reactie is het voorwerp in de mal ontstaan.

Eén van deze methodes is niet geschikt om een voorwerp van polymeer A te maken.

2p **7** □ Leg uit welke methode *niet* geschikt is.

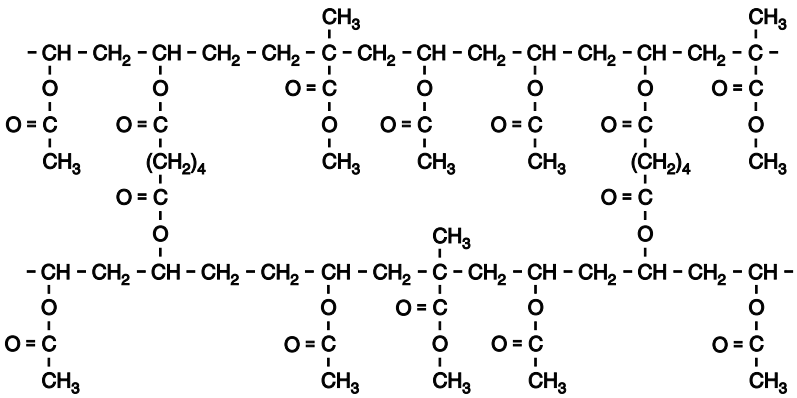
In figuur 2 is polymeer A nogmaals weergegeven. Het omcirkelde gedeelte daarin is 'uitvergroot' tot de structuurformule die daaronder staat (figuur 3).

figuur 2



polymeer A

figuur 3



'uitvergroot' stukje van polymeer A

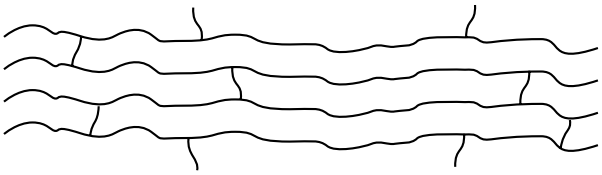
Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Polymeer A wordt bereid door de additiepolymerisatie van drie soorten monomeren. Eén van deze monomeren heeft de molecuulformule $C_{10}H_{14}O_4$. Dit monomeer zorgt ervoor dat tijdens deze additiepolymerisatie een polymeer ontstaat dat een netwerkstructuur heeft.

3p **8** □ Geef de structuurformule van dit monomeer.

Het netwerkpolymeer heeft een zodanige hardheid dat door slijpen en polijsten een lens met de juiste vorm gemaakt kan worden.
Na het slijpen en polijsten van de lens wordt het polymeer van de lens tenslotte omgezet in een netwerkpolymeer dat minder dwarsverbindingen heeft (polymeer B). Hierdoor krijgt de lens de gewenste soepelheid. Een stukje van polymeer B is hieronder schematisch weergegeven (figuur 4).

figuur 4



polymeer B

Polymeer B moet tevens zodanig zijn opgebouwd dat het vrije OH groepen bevat, zodat het water kan binden. Daartoe wordt polymeer A omgezet in polymeer B door de lens in een basische oplossing te leggen. Er treedt een verzepingsreactie op van de estergroepen in polymeer A. Als voldoende estergroepen zijn verzeept, wordt een overmaat zuur aan het reactiemengsel toegevoegd; de verzeping stopt dan. Er is uiteindelijk een mengsel ontstaan van een zure oplossing en vast polymeer B. In de zure oplossing bevinden zich drie opgeloste koolstofverbindingen. Deze drie koolstofverbindingen worden door spoelen verwijderd.

3p **9** □ Geef de structuurformules van deze drie koolstofverbindingen.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Ammoniak en verzuring

Deze opgave gaat over het artikel „Ammoniak-emissie is gunstig voor het tegengaan van zure regen” (zie pagina 7 hiernaast). Lees dit artikel en maak vervolgens de vragen van deze opgave.

In het begin van het artikel wordt gesproken over „zure uitstoot van industrie en verkeer” die bijdraagt tot het ontstaan van zure regen. Zwaveldioxide is zo’n stof die bijdraagt tot het ontstaan van zure regen. Deze stof wordt in de atmosfeer, door een reactie met andere stoffen, omgezet tot een (verdunde) oplossing van zwavelzuur.

3p **10** □ Geef de reactievergelijking van deze omzetting van zwaveldioxide.

De reactie van NO_2 met water (reactie 1) is een redoxreactie.

3p **11** □ Geef de vergelijkingen van de halfreacties waaruit de vergelijking van reactie 1 kan worden afgeleid.

De schrijver beweert in zijn artikel dat de vorming van H^+ door „bacteriële oxidatie” van ammoniak niet altijd tot verzuring leidt.

2p **12** □ Welke twee oorzaken voert de schrijver aan om duidelijk te maken dat de vorming van H^+ door „bacteriële oxidatie” niet altijd tot verzuring leidt?

2p **13** □ Geef twee oorzaken waardoor het verzurende effect van een bepaalde hoeveelheid gevormd H^+ van plaats tot plaats kan verschillen.

De schrijver verwijst in zijn betoog naar een veel gebruikte ammoniumhoudende kunstmest. Deze kunstmest wordt vaak in de vorm van een zogenoemde NPK kunstmest toegepast. Een NPK kunstmest bestaat uit een mengsel van zouten.

4p **14** □ Geef de formules van twee zouten die, als mengsel, aangeduid kunnen worden als NPK kunstmest.

Stel je bent politicus en je bent er van overtuigd geraakt dat de boodschap die de schrijver van het artikel brengt, juist is. Daarom heb je het standpunt ingenomen dat een reeds genomen maatregel die te maken heeft met de belangrijkste bron van ammoniak-emissie in Nederland, teruggedraaid moet worden.

2p **15** □ Welke maatregel is dat?

2p **16** □ Welk argument tegen jouw standpunt wordt in het artikel genoemd?

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

artikel

’Ammoniak-emissie is gunstig voor het tegengaan van zure regen’

Er bestaat nu in ons land een algemeen verbreide misvatting dat ammoniak, samen met de zure uitstoot van industrie en verkeer, bijdraagt tot het ontstaan van zure regen.
De misvatting over de rol van ammoniak bij zure regen is te wijten aan onjuiste interpretatie van publicaties over dit onderwerp. Ammoniak bereikt de bodem als ammonium-ionen, die een zuur karakter hebben, maar men moet bedenken dat deze ontstaan zijn uit ammoniakgas plus H^+ ionen, die op hun beurt afkomstig zijn van de reactie van zwavel- en stikstofoxiden met water. Ammoniak-emissie is dus gunstig voor het tegengaan van zure regen.
Voorts ontstaan er bij reactie met NO_2 in de vochtige atmosfeer ammoniumnitriet en -nitraat in gelijke hoeveelheden, waarbij nitriet ontleedt tot stikstof en water. De reacties zijn:

$2\ NO_2 + H_2O \rightarrow HNO_2 + HNO_3$	reactie 1
$2\ NH_3 + HNO_2 + HNO_3 \rightarrow NH_4NO_2 + NH_4NO_3$	reactie 2
$NH_4NO_2 \rightarrow N_2 + 2\ H_2O$	reactie 3

Hier worden dus een deel van de ammoniak en een deel van de stikstofoxiden in de atmosfeer samen vernietigd. Ook door deze reactie draagt ammoniak bij aan vermindering van zure regen. De mate waarin deze reactie optreedt is nog onvoldoende bekend, maar ze is waarschijnlijk niet verwaarloosbaar. Uiteindelijk komt de rest van de ammoniak, in de vorm van NH_4^+ ionen, via de regen in de bodem terecht. Kan ze daar bijdragen aan verzuring? In de bodem worden ammonium-ionen in de zwak alkalische omgeving omgezet tot ammoniak, dat onder invloed van bacteriën in aëroob milieu wordt geoxideerd tot nitraat, waarbij inderdaad H^+ ionen worden gevormd. De reacties waar het om gaat zijn dus:

atmosfeer (regendruppels):	$NH_3 + H^+ \rightarrow NH_4^+$	reactie 4
bodem (aëroob, bufferend):	$NH_4^+ + \text{buffer} \rightarrow NH_3 + \text{buffer-}H^+$	reactie 5
	$NH_3 + 2\ O_2 \rightarrow NO_3^- + H^+ + H_2O$	reactie 6

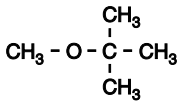
We moeten deze beide effecten wel goed van elkaar onderscheiden.
Het neutraliserende effect van ammoniak op zure regen is algemeen verspreid. De bacteriële oxidatie van ammoniak in de bodem leidt weliswaar tot vorming van H^+ ionen, maar of dit tot verzuring leidt, is afhankelijk van de plaatselijke bodemgesteldheid. In de eerste plaats zal in de bodem een verdere bufferwerking optreden en in de tweede plaats zullen NO_3^- ionen, waar deze in planten worden opgenomen, worden uitgewisseld tegen OH^- ionen. De totale omvang van een eventuele resterende verzuring is nog onvoldoende bekend. Opmerkelijk is overigens dat er reeds lange tijd op grote schaal ammoniumhoudende kunstmest is gebruikt, zonder dat daarbij aanzienlijke verzuring is opgetreden.
Nu heeft ammoniak-emissie naast de vermeende verzuring wel een ander effect: verhoogde stikstofbelasting van de bodem. Voor de stedelijke gebieden is dit van geen belang, voor agrarische gronden is dit in feite een voordeel (gratis bemesting), maar voor de zogenaamde ’natuurgebieden’ kan dit verstorend werken.

naar: Chemisch Weekblad

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

MTBE

Bij het maken van benzine wordt vaak de stof methyl-*tert*-butylether, MTBE, toegevoegd. MTBE is een alkoxyalkaan met de volgende structuurformule:



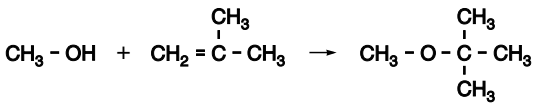
Er zijn nog andere alkoxyalkanen met dezelfde molecuulformule als MTBE.

5p **17** □ Geef de structuurformules van die andere alkoxyalkanen. Laat daarbij stereo-isomerie buiten beschouwing.

Toevoeging van MTBE aan benzine zorgt onder andere voor een verhoging van het zogenoemde octaangetal van de benzine. Daarnaast zorgen zuurstofhoudende verbindingen ook voor een meer volledige verbranding van de benzine, waardoor de uitstoot van koolstofmonooxide afneemt. Om die reden is men in de VS gedurende de wintermaanden verplicht zoveel zuurstofhoudende verbindingen aan de benzine toe te voegen dat er 2,7 massaprocent O in de benzine zit.

4p **18** □ Bereken hoeveel liter MTBE nodig is om $1{,}0 \cdot 10^6$ liter benzine te maken die aan deze eis voldoet. Neem hierbij aan dat de oorspronkelijke benzine geen zuurstofhoudende verbindingen bevat en dat de dichtheden van de oorspronkelijke benzine, van MTBE en van het mengsel dat daaruit gevormd wordt alle drie de waarde $0{,}72 \cdot 10^3$ g L^{-1} hebben.

MTBE wordt gemaakt door een reactie tussen methanol en 2-methylpropeen. De omstandigheden waaronder de reactie wordt uitgevoerd, zijn zodanig dat alle bij de reactie betrokken stoffen vloeibaar zijn:



De bereiding van MTBE via deze reactie vindt plaats volgens een continu proces. Bij het ontwerp van dit proces hebben onder andere de kookpunten van de drie stoffen een rol gespeeld. Deze kookpunten staan in onderstaande tabel vermeld:

tabel

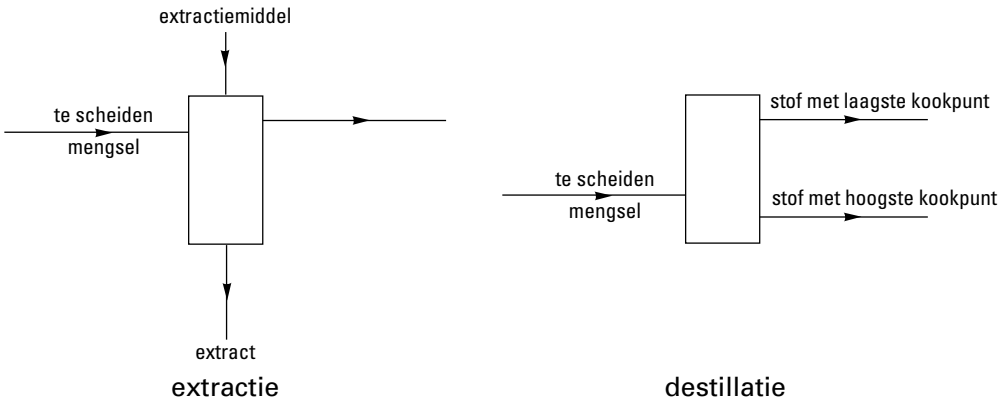
	kookpunt
methanol	65,0 °C
2-methylpropeen	–6,9 °C
MTBE	55,2 °C

Bij de uitvoering van het genoemde continue proces worden 2-methylpropeen en een overmaat methanol in de reactor geleid. Het mengsel dat de reactor verlaat, bevat behalve MTBE en methanol ook nog wat 2-methylpropeen. Dit mengsel wordt vervolgens via een aantal stappen gescheiden. Bij de eerste scheiding wordt methanol door extractie verwijderd. Het extractiemiddel dat bij deze extractie wordt gebruikt, moet onder andere aan de volgende twee voorwaarden voldoen:
- het extract moet behalve het extractiemiddel alleen de te verwijderen stof bevatten;
- het mengsel van extractiemiddel en opgeloste stof moet gemakkelijk door destillatie zijn te scheiden.

2p **19** □ Leg aan de hand van eigenschappen van de te scheiden stoffen uit dat bij bovengenoemde extractie water als extractiemiddel aan beide voorwaarden voldoet.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Behalve de genoemde extractie vinden in het continue proces ook twee destillaties plaats. In het continue proces zijn dus in totaal drie scheidingsruimten nodig: één ruimte voor de extractie en twee ruimten voor de destillaties. MTBE en 2-methylpropeen worden elk apart afgevoerd. Methanol wordt gerecirculeerd. De hoeveelheid gerecirculeerd methanol is niet voldoende om het proces continu te laten verlopen. Daarom moet aanhoudend extra methanol worden toegevoerd. Dit extra methanol wordt samen met het gerecirculeerde methanol in de reactor geleid.
In een blokschema van een continu proces worden een extractie en een destillatie als volgt weergegeven:



Op de bijlage is een klein deel van het blokschema van de bereiding van MTBE weergegeven; met name de scheidingsruimten ontbreken.

4p **20** □ Maak het blokschema op de bijlage af door het tekenen van de drie scheidingsruimten en door het plaatsen van lijnen en pijlen. Houd je daarbij aan de volgende aanwijzingen:
- teken in je blokschema de scheidingsruimten op de manier zoals hierboven is weergegeven;
- zet bij de zelf getekende lijnen (in plaats van de aanduidingen „te scheiden mengsel”, „extractiemiddel”, „extract”, „stof met laagste kookpunt” en „stof met hoogste kookpunt”) de namen van de bijbehorende stoffen (methanol, 2-methylpropeen, MTBE en water); het is mogelijk dat sommige namen daarbij meerdere keren gebruikt moeten worden;
- de recirculatie van het water dat bij de scheiding wordt gebruikt, hoeft niet te worden getekend.

Let op: de laatste vragen van dit examen staan op de volgende pagina.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Eiwitbepaling

Als warm, geconcentreerd zwavelzuur aan amino-ethaanzuur ($C_2H_5O_2N$) wordt toegevoegd, treedt een redoxreactie op. Bij deze reactie ontstaan CO_2, SO_2, NH_4^+ en H_2O.

6p **21** □ Geef van deze redoxreactie de vergelijkingen van de halfreacties en leid daaruit de vergelijking van de totale reactie af.

De bovenbeschreven reactie treedt op soortgelijke wijze op als warm, geconcentreerd zwavelzuur wordt toegevoegd aan eiwit; alle stikstofatomen in het eiwit worden dan omgezet in ammoniumionen. Men kan met behulp van deze reactie het eiwitgehalte van diervoeding vaststellen. Daartoe bepaalt men eerst het aantal mmol eiwit-N per gram diervoeding. Dit is het aantal mmol stikstofatomen in het eiwit per gram diervoeding. Deze bepaling wordt als volgt uitgevoerd.

- Aan 1,0 gram diervoeding wordt 4 mL geconcentreerd zwavelzuur toegevoegd. Na enige tijd verwarmen wordt het mengsel volledig overgebracht in een maatkolf en met gedestilleerd water aangevuld tot een volume van 50,0 mL.
- Van de ontstane oplossing wordt 5,0 mL gepipetteerd in een erlenmeyer. Vervolgens wordt aan de inhoud van de erlenmeyer een overmaat natronloog toegevoegd. Het NH_4^+ wordt daardoor volledig omgezet in NH_3.
- Daarna wordt door verhitting al het NH_3 uit de oplossing verwijderd. Al het NH_3 wordt geleid in 5,0 mL 0,10 M zoutzuur. Het opgeloste HCl is in overmaat aanwezig. Het NH_3 wordt door reactie met zoutzuur volledig omgezet in NH_4^+.
- Tenslotte wordt de oplossing getitreerd met natronloog.

Bij deze titratie moet alleen het overgebleven $H^+(H_3O^+)$ worden omgezet, en niet het NH_4^+. Om die reden voert men de titratie zodanig uit dat de pH bij het bereiken van het eindpunt van de titratie niet boven 5,7 uitkomt. Bij deze pH is de verhouding $\frac{[NH_3]}{[NH_4^+]}$ zo klein dat de omzetting van NH_4^+ in NH_3 te verwaarlozen is.

3p **22** □ Bereken de verhouding $\frac{[NH_3]}{[NH_4^+]}$ bij pH = 5,7.

Men voert bovenbeschreven bepaling uit aan een diervoeding A. Voor de genoemde titratie blijkt 7,7 mL 0,030 M natronloog nodig te zijn.

3p **23** □ Bereken het aantal mmol eiwit-N per gram diervoeding A.

Uit het aantal mmol eiwit-N is het aantal mg eiwit-N te berekenen.
Vervolgens kan men hieruit het aantal mg eiwit berekenen door gebruik te maken van de volgende omrekeningsformule:

aantal mg eiwit (per gram diervoeding) = aantal mg eiwit-N (per gram diervoeding) × 6,3

Van een diervoeding B heeft men vastgesteld dat het aantal mmol eiwit-N per gram diervoeding 1,9 is.

3p **24** □ Bereken het massapercentage eiwit in diervoeding B.

Einde

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Examen VWO 2001

Tijdvak 1
Vrijdag 18 mei
13.30 – 16.30 uur

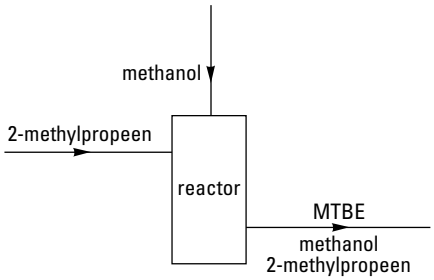
Examennummer

.....

Naam

.....

Vraag 20



Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Scheikunde (oude stijl)

Examen VWO

Voorbereidend
Wetenschappelijk
Onderwijs

20 01

Tijdvak 2
Woensdag 20 juni
13.30 – 16.30 uur

Voor dit examen zijn maximaal 70 punten te behalen; het examen bestaat uit 23 vragen.
Voor elk vraagnummer is aangegeven hoeveel punten met een goed antwoord behaald kunnen worden.
Voor de uitwerking van vraag 4 is een bijlage toegevoegd.

Als bij een vraag een verklaring, uitleg, berekening of afleiding gevraagd wordt, worden aan het antwoord meestal geen punten toegekend als deze verklaring, uitleg, berekening of afleiding ontbreekt.

Geef niet meer antwoorden (redenen, voorbeelden e.d.) dan er worden gevraagd. Als er bijvoorbeeld twee redenen worden gevraagd en je geeft meer dan twee redenen, dan worden alleen de eerste twee in de beoordeling meegeteld.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Biogas reinigen

Biologisch afvalmateriaal bestaat hoofdzakelijk uit eiwitten, koolhydraten en vetten. Door vergisting van biologisch afvalmateriaal ontstaat zogenoemd biogas. Biogas wordt gezien als een duurzame energiebron. Bij vergisting van biologisch afvalmateriaal ontstaat echter ook waterstofsulfide.

2p **1** □ Uit welke van de drie genoemde stoffen (eiwitten, koolhydraten en vetten) kan het waterstofsulfide gevormd zijn? Geef een verklaring voor je antwoord; betrek hierin van alledrie de genoemde stoffen de samenstelling.

Waterstofsulfide is een giftig, stinkend gas. Bovendien ontstaat bij verbranding van waterstofsulfide zwaveldioxide, dat luchtverontreiniging veroorzaakt. Daarom verwijdert men zoveel mogelijk waterstofsulfide uit het biogas.
Men heeft een nieuwe methode ontwikkeld om biogas te reinigen. Daarbij wordt het waterstofsulfide omgezet tot zwavel. In dit proces wordt het biogas in een zogenoemde scrubber door een licht basische vloeistof geleid. Hier wordt het waterstofsulfide als volgt omgezet:

$H_2S + OH^- \rightarrow HS^- + H_2O$ (reactie 1)

De HS^- bevattende vloeistof die de scrubber verlaat wordt vervolgens in een ruimte (bioreactor) geleid waar het HS^- door bacteriën, met zuurstof uit de lucht, wordt omgezet tot zwavel. In de bioreactor treedt de volgende reactie op:

$2\ HS^- + O_2 \rightarrow 2\ S + 2\ OH^-$ (reactie 2)

Deze reactie is een redoxreactie.

3p **2** □ Geef van reactie 2 de vergelijkingen van de beide halfreacties.

De suspensie met daarin de gevormde zwavel wordt uit de bioreactor naar een filter gevoerd, terwijl de bacteriën in de bioreactor achterblijven. Het filter scheidt de zwavel van de vloeistofstroom. Omdat bij het totale proces geen OH^- verbruikt wordt, en ook niet gevormd, kan de basische vloeistof die na filtratie overblijft, opnieuw worden gebruikt.

2p **3** □ Leg uit dat bij het hierboven beschreven proces uiteindelijk geen OH^- wordt verbruikt en ook niet gevormd.

Bij de uitvoering van de biogasreiniging als continu proces wordt, behalve het biogas, ook een geconcentreerde oplossing van natriumhydroxide in de scrubber geleid. Dit ondanks het feit dat geen OH^- verbruikt wordt. Dit is nodig omdat in reactie 1 water wordt gevormd dat moet worden afgevoerd. Dat doet men door een deel van de vloeistof af te tappen. Daardoor gaat OH^- verloren. Het inleiden van de geconcentreerde oplossing van natriumhydroxide dient om dit verlies te compenseren.
De hiervoor beschreven biogasreiniging als continu proces kan in een blokschema worden weergegeven. Op de bijlage bij deze opgave is een deel van dit blokschema afgebeeld.

5p **4** □ Teken op de bijlage de andere twee blokken, met de namen *bioreactor* en *filter*.
Maak het blokschema compleet met lijnen en pijlen; zet bij die lijnen en pijlen de bijbehorende namen. Kies daarbij uit de volgende lijst. Het is mogelijk dat je daarbij één of meer namen meerdere malen moet gebruiken.

- *geconcentreerde oplossing van natriumhydroxide*
- *HS^- bevattende vloeistof*
- *licht basische vloeistof*
- *lucht in*
- *lucht uit*
- *zwavel*
- *zwavelsuspensie*

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Men controleert regelmatig of de waterstofsulfideconcentratie in het biogas voldoende omlaag is gebracht. Dit kan onder andere gebeuren door middel van een terugtitratie:
- een bekende hoeveelheid gereinigd biogas wordt geleid in een oplossing die een bekende hoeveelheid jood bevat; de volgende reactie treedt dan op:
  $H_2S + I_2 \rightarrow S + 2\ H^+ + 2\ I^-$
- vervolgens wordt de ontstane oplossing teruggetitreerd met een oplossing van natriumthiosulfaat van bekende molariteit.

Als bij zo'n bepaling 10,0 dm^3 ($p = p_0$; $T = 298$ K) gereinigd biogas geleid wordt door een oplossing die 0,250 mmol jood bevat, blijkt voor de terugtitratie 7,72 mL 0,0500 M natriumthiosulfaatoplossing nodig te zijn.

5p **5** □ Bereken het volumepercentage H_2S in het gereinigde biogas.

Cyanidevergiftiging

Hemoglobine zorgt in het lichaam voor het transport van zuurstof. Zuurstof wordt in de cellen van weefsels gebruikt voor de verbranding van koolhydraten, vetten en eiwitten.

3p **6** □ Geef de reactievergelijking voor de volledige verbranding van glucose.

Hemoglobine is een eiwit dat onder andere bestaat uit vier polypeptideketens. Van één van die polypeptideketens kan de aminozuurvolgorde van het COOH-uiteinde als volgt worden weergegeven:

~ Tyr – Arg

3p **7** □ Geef van dit fragment de structuurformule.

Behalve de vier polypeptideketens bevat een hemoglobinemolecuul ook groepen waarin Fe^{2+} ionen zijn gebonden. Het gehele eiwit kan met de formule $HbFe^{2+}$ worden weergegeven. In de longen bindt hemoglobine zuurstof en vormt zo oxyhemoglobine. Oxyhemoglobine kan met de formule O_2HbFe^{2+} worden weergegeven. In weefsels geeft oxyhemoglobine de gebonden zuurstof af waarbij weer hemoglobine ontstaat.
Bij een acute vergiftiging met een cyanide belemmeren de cyanide-ionen (CN^-) de afgifte van zuurstof door het oxyhemoglobine. De gevolgen kunnen ernstig zijn. Daarom is directe medische behandeling noodzakelijk. Eén van de behandelingsmethoden is het toedienen van een oplossing van natriumnitriet ($NaNO_2$), gevolgd door het toedienen van een oplossing van natriumthiosulfaat ($Na_2S_2O_3$).
Het toegediende nitriet zet het Fe^{2+}, dat gebonden is in het oxyhemoglobine, gedeeltelijk om tot Fe^{3+}. Er ontstaat dan nitraat en hemoglobine waarin Fe^{3+} gebonden is.
Hemoglobine waarin Fe^{3+} gebonden is, wordt methemoglobine genoemd en kan met de formule $HbFe^{3+}$ worden weergegeven. De omzetting van oxyhemoglobine en nitriet, tot methemoglobine en nitraat, is onderzocht. Resultaten van dit onderzoek zijn:

- als 1,0 mol oxyhemoglobine wordt omgezet tot methemoglobine, wordt tegelijkertijd 1,5 mol nitriet omgezet tot 1,5 mol nitraat;
- als 1,0 mol oxyhemoglobine wordt omgezet tot methemoglobine, wordt tegelijkertijd 1,0 mol hydroxide gevormd;
- als oxyhemoglobine wordt omgezet tot methemoglobine, wordt ook water verbruikt;
- alle zuurstof die in het oxyhemoglobine gebonden is, wordt tijdens de reactie verbruikt.

3p **8** □ Geef de reactievergelijking voor de omzetting van oxyhemoglobine en nitriet tot onder andere methemoglobine en nitraat. Gebruik voor oxyhemoglobine en methemoglobine de hierboven gegeven formules.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Thiocyanaat in speeksel

Bij de behandeling van iemand met een cyanidevergiftiging, ontstaan in de lever thiocyanaationen (SCN^-). Thiocyanaationen zijn lineair, met het koolstofatoom in het midden.

3p **9** □ Geef de elektronenformule van het thiocyanaation. Zet de minlading bij het juiste atoom.

Iemand die een cyanidevergiftiging heeft gehad, en daarvoor is behandeld, blijft nog enige tijd onder controle. De in de lever gevormde thiocyanaationen komen ook in het speeksel terecht. De hoeveelheid thiocyanaat in het speeksel is een maat voor de hoeveelheid cyanide die nog in het lichaam aanwezig is.
De concentratie thiocyanaat in het speeksel kan colorimetrisch bepaald worden. Door toevoeging van een oplossing met Fe^{3+} ionen aan het speeksel vormen zich $FeSCN^{2+}$ ionen, die er de oorzaak van zijn dat de oplossing een rode kleur krijgt.
De vorming van $FeSCN^{2+}$ is een evenwichtsreactie:

$$Fe^{3+}(aq) + SCN^-(aq) \leftrightarrows FeSCN^{2+}(aq)$$

Voor dit evenwicht geldt: $K = 9{,}1 \cdot 10^2$ (298 K).

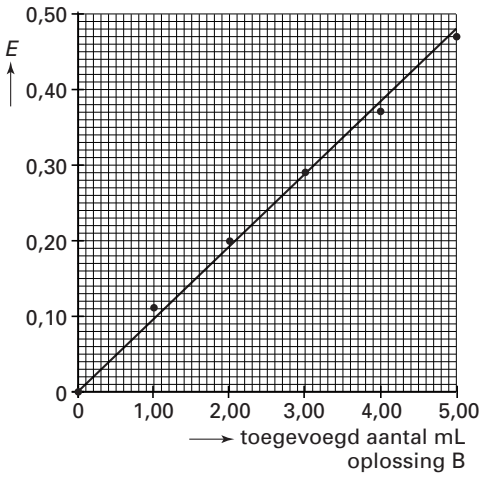
Om het SCN^- gehalte in speeksel te bepalen, is van zes ijkoplossingen de extinctie bij een golflengte van 447 nm gemeten. Bij alle metingen werd dezelfde cuvet gebruikt.
De samenstelling van de ijkoplossingen en de gemeten extincties staan vermeld in onderstaande tabel en zijn verwerkt tot een ijkdiagram.

tabel

ijkoplossing nr.	mL oplossing A	mL oplossing B	mL water	gemeten extinctie (E)
1	5,00	0,00	5,00	0,00
2	5,00	1,00	4,00	0,11
3	5,00	2,00	3,00	0,20
4	5,00	3,00	2,00	0,29
5	5,00	4,00	1,00	0,37
6	5,00	5,00	0,00	0,47

Oplossing A is een 0,200 M $Fe(NO_3)_3$-oplossing, oplossing B is een $2{,}00 \cdot 10^{-4}$ M KSCN-oplossing.

ijkdiagram



Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Fe^{3+} ionen kunnen met SCN^- ionen ook de deeltjes $Fe(SCN)_2^+$, $Fe(SCN)_3$, $Fe(SCN)_4^-$, $Fe(SCN)_5^{2-}$ en $Fe(SCN)_6^{3-}$ vormen, volgens:

$FeSCN^{2+}(aq)$	+	$SCN^-(aq)$	$\leftrightarrows$	$Fe(SCN)_2^+(aq)$
$Fe(SCN)_2^+(aq)$	+	$SCN^-(aq)$	$\leftrightarrows$	$Fe(SCN)_3(aq)$
$Fe(SCN)_3(aq)$	+	$SCN^-(aq)$	$\leftrightarrows$	$Fe(SCN)_4^-(aq)$
$Fe(SCN)_4^-(aq)$	+	$SCN^-(aq)$	$\leftrightarrows$	$Fe(SCN)_5^{2-}(aq)$
$Fe(SCN)_5^{2-}(aq)$	+	$SCN^-(aq)$	$\leftrightarrows$	$Fe(SCN)_6^{3-}(aq)$

Alle soorten deeltjes die uit Fe^{3+} en SCN^- ionen gevormd kunnen worden, veroorzaken een rode kleur. Het absorptiespectrum is voor iedere soort deeltjes anders. De vorming van andere soorten deeltjes dan $FeSCN^{2+}$ ionen moet daarom voor een nauwkeurige bepaling worden tegengegaan. Dit wordt bereikt door de molariteit van oplossing A 1000 keer zo groot te maken als de molariteit van oplossing B.

2p **10** □ Leg aan de hand van een evenwichtsbeschouwing uit hoe een grote molariteit van oplossing A ten opzichte van oplossing B ervoor kan zorgen dat de vorming van andere soorten deeltjes dan $Fe(SCN)^{2+}$ te verwaarlozen is.

In de ijkoplossingen 2 tot en met 6 is meer dan 98% van de SCN^- ionen omgezet tot $FeSCN^{2+}$ ionen. De vorming van andere soorten deeltjes dan $FeSCN^{2+}$ in deze oplossingen is te verwaarlozen.

4p **11** □ Bereken de concentraties, in mol L^{-1}, van de ionen Fe^{3+}, SCN^- en $FeSCN^{2+}$ in ijkoplossing 6 als 98% van de SCN^- ionen is omgezet tot $FeSCN^{2+}$.

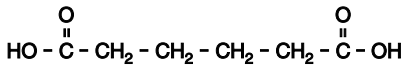
2p **12** □ Laat door een berekening van de concentratiebreuk zien dat in ijkoplossing 6 in de evenwichtssituatie méér dan 98% van de SCN^- ionen is omgezet tot $FeSCN^{2+}$ (298 K).

Van een persoon werd speeksel verzameld. Het speeksel onderging de volgende bewerkingen:
- een hoeveelheid van het speeksel werd gedurende vijf minuten gecentrifugeerd;
- van de heldere oplossing werd 0,100 mL gepipetteerd in een maatkolf van 10,00 mL;
- aan de vloeistof werd 5,00 mL oplossing A toegevoegd;
- met water werd de oplossing in de maatkolf aangevuld tot 10,00 mL;
- van de zo ontstane oplossing werd, met dezelfde cuvet als die waarmee de extincties van de ijkoplossingen waren bepaald, de extinctie bij 447 nm gemeten; deze was 0,23.

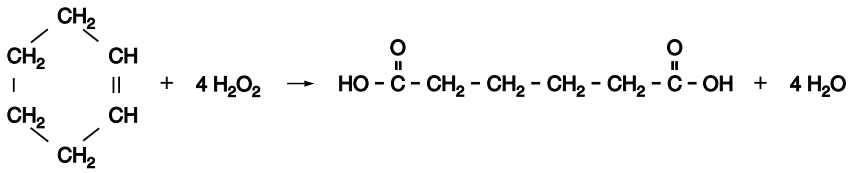
4p **13** □ Bereken mede met behulp van het ijkdiagram de concentratie van de SCN^- ionen, in mol L^{-1}, in het onderzochte speeksel.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Hexaandizuur is een van de grondstoffen voor de bereiding van sommige soorten nylon. De structuurformule van hexaandizuur is:



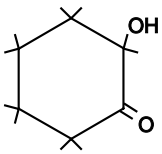
Er is een nieuw proces in ontwikkeling om hexaandizuur te maken. Hierbij laat men cyclohexeen in zuur milieu met waterstofperoxide reageren. Bij deze reactie ontstaat behalve hexaandizuur, uitsluitend water:



Waterstofperoxide is tijdens deze bereiding opgelost in water. Cyclohexeen lost vrijwel niet op in water. Als tijdens de bereiding een stof met de algemene formule $R_3CH_3NHSO_4$ aanwezig is, kan men een hoge opbrengst verkrijgen. In $R_3CH_3NHSO_4$ stelt R een alkylgroep met 6 tot 8 koolstofatomen voor.
Het $R_3CH_3NHSO_4$ wordt aan het begin van de reactie aan de waterige fase, dat is de oplossing van waterstofperoxide in water, toegevoegd. Het $R_3CH_3NHSO_4$ is in de waterige fase gesplitst in $R_3CH_3N^+$ ionen en HSO_4^- ionen. Het zwakke zuur HSO_4^- zorgt voor het zure milieu van de waterige fase. De $R_3CH_3N^+$ ionen zorgen voor de hoge opbrengst van het proces.
Bij de bovengenoemde uitvoering van het proces was bij het begin van de reactie de pH van de waterige fase 1,90.

4p **14** □ Bereken hoeveel mol $R_3CH_3NHSO_4$ per liter van de waterige fase moet worden opgelost om bij het begin van de reactie pH = 1,90 te verkrijgen (T = 298 K).

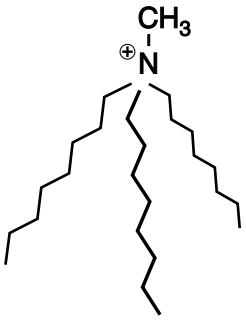
Tijdens de omzetting van cyclohexeen tot hexaandizuur ontstaan verschillende tussenproducten. Eén van die tussenproducten kan als volgt worden weergeven:



3p **15** □ Geef de systematische naam van dit tussenproduct.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

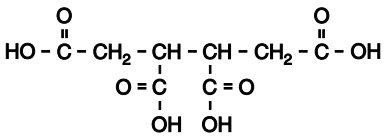
In de stof $R_3CH_3NHSO_4$ die tijdens het onderzoek naar de bereiding van hexaandizuur uit cyclohexeen en waterstofperoxide werd gebruikt, was het aantal koolstofatomen in de alkylgroepen R gelijk aan 8.
De ruimtelijke bouw van een $R_3CH_3N^+$ ion, met 8 koolstofatomen in elke groep R, kan als volgt worden weergegeven:



De zigzaglijntjes in bovenstaande weergave van een $R_3CH_3N^+$ ion stellen de C_8H_{17} groepen voor.
Omdat cyclohexeen en de waterstofperoxide-oplossing niet mengen, moet tijdens de reactie heftig geroerd worden. Door de aanwezigheid van de $R_3CH_3N^+$ ionen wordt de menging van het cyclohexeen en de waterige fase sterk verbeterd.

3p **16** □ Leg aan de hand van de bouw van de $R_3CH_3N^+$ ionen uit hoe het komt dat door de aanwezigheid van deze ionen de menging van het cyclohexeen en de waterige fase sterk wordt verbeterd.

Gesubstitueerde cyclohexenen reageren in zuur milieu op dezelfde wijze met waterstofperoxide als cyclohexeen. Zo kan bijvoorbeeld ook 1,2,3,4-butaantetracarbonzuur worden bereid.



1,2,3,4-butaantetracarbonzuur

Van 1,2,3,4-butaantetracarbonzuur bestaan stereo-isomeren.

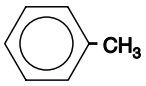
3p **17** □ Leg uit hoeveel verschillende stereo-isomeren er van 1,2,3,4-butaantetracarbonzuur bestaan.

2p **18** □ Geef de structuurformule van een gesubstitueerd cyclohexeen dat als beginstof voor de bereiding van 1,2,3,4-butaantetracarbonzuur kan worden gebruikt. Je hoeft bij het beantwoorden van deze vraag geen rekening te houden met stereo-isomerie.

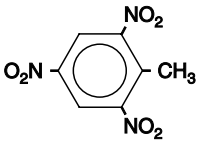
Let op: de laatste vragen van dit examen staan op de volgende pagina.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Trinitrotolueen (TNT) is een springstof. Het wordt bereid door tolueen met geconcentreerd salpeterzuur te laten reageren, met als katalysator geconcentreerd zwavelzuur. Behalve trinitrotolueen ontstaat bij deze bereiding één andere stof.
De structuurformules van tolueen en trinitrotolueen zijn als volgt:



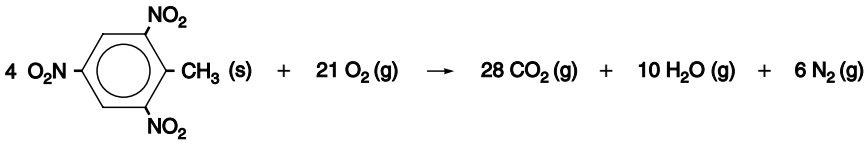
tolueen



trinitrotolueen

3p **19** □ Geef de reactievergelijking voor de vorming van trinitrotolueen uit tolueen en geconcentreerd salpeterzuur. Gebruik voor tolueen en trinitrotolueen bovenstaande structuurformules; voor salpeterzuur mag je in dit geval de formule HNO_3 gebruiken.

Onder gecontroleerde omstandigheden kan TNT langzaam verbranden. Daarbij kunnen koolstofdioxide, waterdamp en stikstof ontstaan volgens onderstaande reactievergelijking:



De enthalpieverandering (reactiewarmte) voor deze reactie is: $\Delta H = -32{,}93 \cdot 10^5$ J per mol TNT (bij 298 K en $p = p_0$). Uit deze enthalpieverandering kan de vormingsenthalpie (vormingswarmte) van TNT berekend worden.

4p **20** □ Bereken mede met behulp van bovenstaande gegevens de vormingsenthalpie van TNT in J per mol TNT (bij 298 K en $p = p_0$).

Bij een explosie van TNT komt in zeer korte tijd zeer veel energie vrij. Daardoor ontstaat een sterke zogenoemde schokgolf. Er is nog een oorzaak voor het ontstaan van een schokgolf bij een explosie van TNT.

2p **21** □ Leg uit hoe het in korte tijd vrijkomen van zeer veel energie een schokgolf kan veroorzaken.

2p **22** □ Leg uit door welke andere oorzaak bij de explosie van TNT een schokgolf ontstaat.

Bij een explosie van TNT is vaak niet genoeg zuurstof aanwezig om bovengenoemde verbrandingsreactie te laten verlopen. Er komt bij een explosie van TNT dan ook minder energie vrij: zo'n $25 \cdot 10^5$ J per mol TNT.
TNT wordt wel als maat gebruikt om het effect van een explosie uit te drukken. Zo heeft men geschat dat de explosie die ontstond toen miljoenen jaren geleden een grote meteoriet op het schiereiland Yucatan in Mexico insloeg, een effect had dat overeenkomt met het effect van de explosie van 75 miljoen megaton TNT (een megaton is 10^9 kg). Men veronderstelt dat deze inslag het uitsterven van de dinosaurussen heeft veroorzaakt.

3p **23** □ Bereken het aantal joules dat bij deze inslag moet zijn vrijgekomen. Gebruik hierbij het gegeven dat bij een explosie van TNT $25 \cdot 10^5$ J per mol TNT vrijkomt.

Einde

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Bijlage bij vraag 4

Examen VWO 2001

Tijdvak 2
Woensdag 20 juni
13.30 – 16.30 uur

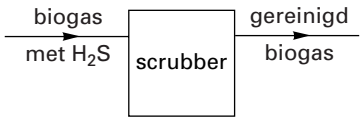
Examennummer

.....

Naam

.....

Vraag 4



Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Scheikunde 1 (nieuwe stijl)

Examen VWO

Voorbereidend
Wetenschappelijk
Onderwijs

20 01

Tijdvak 2
Woensdag 20 juni
13.30 – 16.30 uur

Voor dit examen zijn maximaal 68 punten te behalen; het examen bestaat uit 25 vragen. Voor elk vraagnummer is aangegeven hoeveel punten met een goed antwoord behaald kunnen worden.

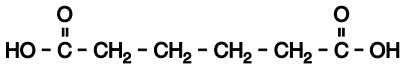
Als bij een vraag een verklaring, uitleg, berekening of afleiding gevraagd wordt, worden aan het antwoord meestal geen punten toegekend als deze verklaring, uitleg, berekening of afleiding ontbreekt.

Geef niet meer antwoorden (redenen, voorbeelden e.d.) dan er worden gevraagd. Als er bijvoorbeeld twee redenen worden gevraagd en je geeft meer dan twee redenen, dan worden alleen de eerste twee in de beoordeling meegeteld.

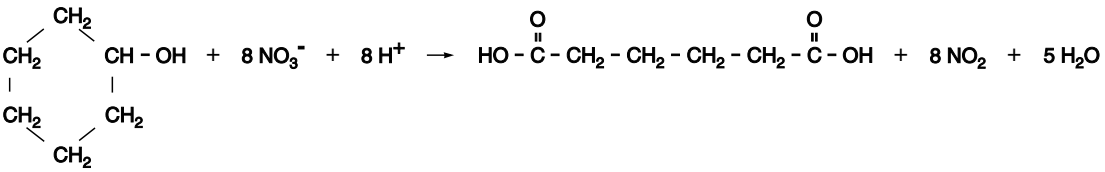
Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Dizuren

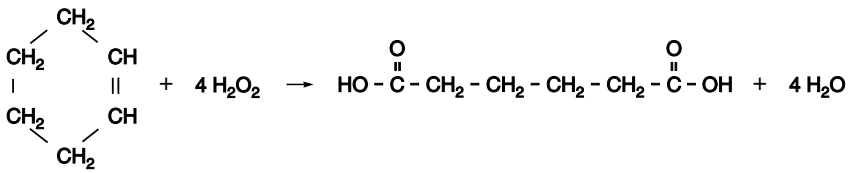
Hexaandizuur is een van de grondstoffen voor de bereiding van sommige soorten nylon.
De structuurformule van hexaandizuur is:



In de industrie worden grote hoeveelheden hexaandizuur bereid door cyclohexanol te laten reageren met salpeterzuur. Hierbij ontstaan, behalve hexaandizuur, ook water en stikstofoxiden. De volgende reactie treedt onder andere op:



Deze bereidingswijze heeft bepaalde nadelen. Daarom wordt gezocht naar alternatieven. Eén van de alternatieven die in ontwikkeling is, is de reactie van cyclohexeen in zuur milieu met waterstofperoxide. Bij deze bereidingswijze ontstaat, behalve hexaandizuur, uitsluitend water:

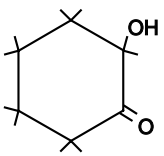


2p **1** □ Leg met behulp van bovenstaande gegevens uit wat het voordeel is van de bereidingswijze met behulp van waterstofperoxide ten opzichte van de bereidingswijze met behulp van salpeterzuur.

Waterstofperoxide is tijdens deze bereiding opgelost in water. Cyclohexeen lost vrijwel niet op in water. Als tijdens de bereiding een stof met de algemene formule $R_3CH_3NHSO_4$ aanwezig is, kan men een hoog rendement verkrijgen. In $R_3CH_3NHSO_4$ is R een alkylgroep met 6 tot 8 koolstofatomen.
Tijdens een experimentele uitvoering van dit proces heeft men uit 100 gram cyclohexeen 161 gram zuiver hexaandizuur verkregen.

3p **2** □ Bereken het rendement van dit proces.

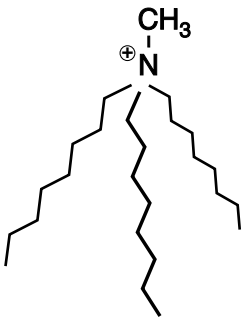
Tijdens de omzetting van cyclohexeen tot hexaandizuur ontstaan verschillende tussenproducten. Eén van die tussenproducten kan als volgt worden weergeven:



3p **3** □ Geef de systematische naam van dit tussenproduct.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

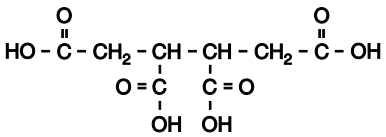
In het reactiemengsel is $R_3CH_3NHSO_4$ gesplitst in $R_3CH_3N^+$ ionen en HSO_4^- ionen. Het zwakke zuur HSO_4^- zorgt voor het zure milieu. De $R_3CH_3N^+$ ionen zorgen voor het hoge rendement van het proces.
In de stof $R_3CH_3NHSO_4$ die tijdens het onderzoek naar de bereiding van hexaandizuur uit cyclohexeen en waterstofperoxide werd gebruikt, was het aantal koolstofatomen in de alkylgroepen R gelijk aan 8.
De ruimtelijke bouw van een $R_3CH_3N^+$ ion, met 8 koolstofatomen in elke groep R, kan als volgt worden weergegeven:



De zigzaglijntjes in bovenstaande weergave van een $R_3CH_3N^+$ ion stellen de C_8H_{17} groepen voor.
Omdat cyclohexeen en de waterstofperoxide-oplossing niet mengen, moet tijdens de reactie heftig geroerd worden. Door de aanwezigheid van de $R_3CH_3N^+$ ionen wordt de menging van het cyclohexeen en de waterige fase sterk verbeterd.

3p **4** □ Leg aan de hand van de bouw van de $R_3CH_3N^+$ ionen uit hoe het komt dat door de aanwezigheid van deze ionen de menging van het cyclohexeen en de waterige fase sterk wordt verbeterd.

Gesubstitueerde cyclohexenen reageren in zuur milieu op dezelfde wijze met waterstofperoxide als cyclohexeen. Zo kan bijvoorbeeld ook 1,2,3,4-butaantetracarbonzuur worden bereid.



1,2,3,4-butaantetracarbonzuur

2p **5** □ Geef de structuurformule van een gesubstitueerd cyclohexeen dat als beginstof voor de bereiding van 1,2,3,4-butaantetracarbonzuur kan worden gebruikt. Je hoeft bij het beantwoorden van deze vraag geen rekening te houden met stereo-isomerie.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Cyanidevergiftiging

Hemoglobine zorgt in het lichaam voor het transport van zuurstof. Zuurstof wordt in de cellen van weefsels gebruikt voor de verbranding van koolhydraten, vetten en eiwitten.

3p **6** □ Geef de reactievergelijking voor de volledige verbranding van glucose.

Hemoglobine is een eiwit waarin Fe^{2+} ionen zijn gebonden. Dit kan met de formule $HbFe^{2+}$ worden weergegeven. In de longen bindt hemoglobine zuurstof en vormt zo oxyhemoglobine. Oxyhemoglobine kan met de formule O_2HbFe^{2+} worden weergegeven. In weefsels geeft oxyhemoglobine de gebonden zuurstof af waarbij weer hemoglobine ontstaat.
Bij een acute vergiftiging met een cyanide belemmeren de cyanide-ionen (CN^-) de afgifte van zuurstof door het oxyhemoglobine. De gevolgen kunnen ernstig zijn. Daarom is directe medische behandeling noodzakelijk. Eén van de behandelingsmethoden is het toedienen van een oplossing van natriumnitriet ($NaNO_2$), gevolgd door het toedienen van een oplossing van natriumthiosulfaat ($Na_2S_2O_3$).
Het toegediende nitriet zet het Fe^{2+}, dat gebonden is in het oxyhemoglobine, gedeeltelijk om tot Fe^{3+}. Er ontstaat dan nitraat en hemoglobine waarin Fe^{3+} gebonden is.
Hemoglobine waarin Fe^{3+} gebonden is, wordt methemoglobine genoemd en kan met de formule $HbFe^{3+}$ worden weergegeven. Methemoglobine kan *geen* zuurstof binden.
De omzetting van oxyhemoglobine en nitriet, tot methemoglobine en nitraat, is onderzocht.
Resultaten van dit onderzoek zijn:

- als 1,0 mol oxyhemoglobine wordt omgezet tot methemoglobine, wordt tegelijkertijd 1,5 mol nitriet omgezet tot 1,5 mol nitraat;
- als 1,0 mol oxyhemoglobine wordt omgezet tot methemoglobine, wordt tegelijkertijd 1,0 mol hydroxide gevormd;
- als oxyhemoglobine wordt omgezet tot methemoglobine, wordt ook water verbruikt;
- alle zuurstof die in het oxyhemoglobine gebonden is, wordt tijdens de reactie verbruikt.

3p **7** □ Geef de reactievergelijking voor de omzetting van oxyhemoglobine en nitriet tot onder andere methemoglobine en nitraat. Gebruik voor oxyhemoglobine en methemoglobine de hierboven gegeven formules.

Het gevormde methemoglobine reageert met cyanide tot cyanomethemoglobine:

$$HbFe^{3+} + CN^- \leftrightarrows HbFeCN^{2+} \qquad \text{(reactie 1)}$$

Methemoglobine blijkt het cyanide efficiënt uit de weefsels te verwijderen. In de lever reageert het cyanomethemoglobine met het toegediende thiosulfaat. Er ontstaan thiocyanaat (SCN^-), sulfiet en methemoglobine:

$$HbFeCN^{2+} + S_2O_3^{2-} \rightarrow SCN^- + SO_3^{2-} + HbFe^{3+} \qquad \text{(reactie 2)}$$

Bij de behandeling van iemand met een acute cyanidevergiftiging mag van de totale in het bloed aanwezige hoeveelheid hemoglobine (plus oxyhemoglobine) maximaal 20% worden omgezet tot methemoglobine. Het totale aantal gram hemoglobine (plus oxyhemoglobine) dat in het bloed van een volwassen man aanwezig is, kan met behulp van onderstaande vergelijking berekend worden:

aantal gram hemoglobine (plus oxyhemoglobine) = gewicht (in kg) × F

Hierin is F een omrekeningsfactor.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Voor volwassen mannen gelden de volgende gegevens:
- bij volwassen mannen is 7,5 massaprocent van het lichaamsgewicht bloed;
- de dichtheid van het bloed is 1,05 kg L^{-1};
- er is per 100 mL bloed 16 g hemoglobine (plus oxyhemoglobine) aanwezig.

Met behulp van bovenstaande gegevens is te berekenen dat de in bovenstaande vergelijking genoemde factor *F* gelijk is aan 11 (g kg^{-1}).

3p **8** □ Geef die berekening.

5p **9** □ Bereken hoeveel mL nitrietoplossing een volwassen mannelijke patiënt van 80 kg maximaal mag worden toegediend, na een acute cyanidevergiftiging, om 20% van de in het bloed aanwezige hemoglobine (plus oxyhemoglobine) om te zetten tot methemoglobine. Gebruik daarbij de volgende gegevens:
- de molecuulmassa van hemoglobine (en ook van oxyhemoglobine) is $6{,}8 \cdot 10^4$ u;
- per 1,0 mol oxyhemoglobine reageert 1,5 mol nitriet;
- de reactie tussen oxyhemoglobine en nitriet is aflopend;
- de toegediende nitrietoplossing bevat 30 g natriumnitriet per liter.

Het methemoglobine dat volgens reactie 2 in de lever wordt gevormd, kan opnieuw cyanide uit de weefsels verwijderen (reactie 1). Het gevormde cyanomethemoglobine wordt daarna in de lever opnieuw omgezet tot methemoglobine, enzovoorts. Op deze manier is het mogelijk om met minder dan 20% methemoglobine alle cyanide uit de weefsels te verwijderen. Het zou bijvoorbeeld ook al gaan met slechts 5% gevormd methemoglobine. Dit kan worden bereikt door minder nitrietoplossing toe te dienen dan bij vraag 9 berekend is. Toch is de hoeveelheid nitrietoplossing die bij een acute cyanidevergiftiging wordt toegediend zodanig dat ongeveer 20% van de in bloed aanwezige hemoglobine (plus oxyhemoglobine) wordt omgezet tot methemoglobine.

2p **10** □ Leg uit waarom men er toch voor kiest om bij personen met een acute cyanidevergiftiging ongeveer 20% van de hemoglobine (plus oxyhemoglobine) om te zetten tot methemoglobine.

Een onderzoeker merkte over de in dit vraagstuk beschreven behandeling van een cyanidevergiftiging op dat dit „een uitstekend voorbeeld is van een bestrijding van het kwade met het kwade”.
Kennelijk is nitriet ook slecht voor de gezondheid.

2p **11** □ Verklaar met behulp van gegevens uit deze opgave dat nitriet slecht voor de gezondheid is.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Milde bromeringen

Deze opgave gaat over het artikel 'Milde oxidatieve bromeringen' (zie pagina 7 hiernaast). Lees dit artikel en maak vervolgens de vragen van deze opgave.

Op een aantal plaatsen in het artikel wordt „In de voetsporen van de natuur" uit de titel verduidelijkt.

1p **12** □ Geef één zin aan waarin zo'n verduidelijking voorkomt. Noem de eerste twee en de laatste twee woorden van deze zin.

In alinea 6 wordt de vorming van HOBr uit onder andere H_2O_2 en Br^-, met WO_4^{2-} als katalysator, beschreven en in de figuur wordt deze schematisch weergegeven. Deze reactie is een redoxreactie.

4p **13** □ Leid met behulp van vergelijkingen van halfreacties de vergelijking af voor deze vorming van HOBr.

Een gelaagd dubbelhydroxide kan bestaan uit onder andere magnesium- en aluminiumionen. Per mol magnesium- en aluminiumionen samen bevat zo'n LDH twee mol hydroxide-ionen; voor de rest zitten er chloride-ionen in. Het LDH waaruit de synthetische katalysator is gemaakt, kan worden weergegeven met de verhoudingsformule $Mg_{1,00-x}Al_x(OH)_{2,00}Cl_{0,30}$. In de katalysator die gebruikt is, is 10% van de chloride-ionen vervangen door wolframaationen. De katalysator kan worden weergegeven met de formule $Mg_{1,00-x}Al_x(OH)_{2,00}Cl_y(WO_4)_z$.

3p **14** □ Leid de waarde van x in de formule $Mg_{1,00-x}Al_x(OH)_{2,00}Cl_{0,30}$ af.

2p **15** □ Leid de waarden van y en z in de formule $Mg_{1,00-x}Al_x(OH)_{2,00}Cl_y(WO_4)_z$ van de gebruikte katalysator af.

In alinea 10 worden 'positief geladen aminozuren' genoemd. Hiermee worden positief geladen aminozuureenheden bedoeld die deel uitmaken van een eiwitketen. Een positief geladen lysine-eenheid in een eiwitketen kan schematisch worden weergegeven met Lys^+. In een eiwitketen komt het fragment ~Gly-Lys^+~ voor.

4p **16** □ Geef het fragment ~Gly-Lys^+~ weer in een structuurformule. Geef in deze structuurformule ook aan waar de positieve lading zit.

De testreactie die in alinea 7 wordt genoemd en in de figuur is weergegeven, is een bromeringsreactie.

2p **17** □ Leg uit of deze bromeringsreactie als een substitutiereactie mag worden gezien.

Fenolrood en broomfenolblauw kunnen als indicator worden gebruikt.
Gegevens:

	kleur bij lagere pH-*waarden*	*omslagtraject in* pH *bij* 298 K	*kleur bij hogere* pH-*waarden*
Broomfenolblauw	geel	3,0 – 4,6	blauw
Fenolrood	geel	6,6 – 8,0	rood

Uit deze gegevens kan worden afgeleid tussen welke pH-grenzen de genoemde testreactie (alinea 7) dient te worden uitgevoerd.

2p **18** □ Leg uit wat deze pH-grenzen zijn.

In de alinea's 7 en 8 worden resultaten genoemd van onderzoek naar de zogenoemde bromeringsactiviteit van verschillende katalysatoren. Voor het uitvoeren van dit onderzoek dient eerst een onderzoeksvraag geformuleerd te zijn.

1p **19** □ Formuleer een onderzoeksvraag voor een dergelijk onderzoek.

4p **20** □ Beschrijf hoe je het onderzoek ter beantwoording van de bij de vorige vraag geformuleerde onderzoeksvraag uitvoert.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Milde oxidatieve bromeringen: in de voetsporen van de natuur

1 Bromering van koolstofverbindingen leidt tot de vervaardiging van interessante stoffen, waaronder vlamvertragers en ontsmettingsmiddelen.

2 Bij de hedendaagse fabricage van deze stoffen maakt men vaak gebruik van elementair broom (Br_2), een zeer toxisch en moeilijk hanteerbaar reagens. Aan het Centrum voor Oppervlakte Chemie en Katalyse (COK) in Leuven wordt daarom gewerkt aan de ontwikkeling van milieuvriendelijke en veilige bromeringen.

3 Enzymen of biokatalysatoren, met name vanadium-broomperoxidases (afgekort VPO's) bleken de inspiratiebron bij uitstek. VPO's die uit schimmels gewonnen kunnen worden, zijn namelijk in staat selectieve bromeringen uit te voeren. Bovendien maken zij gebruik van eenvoudige reagentia, namelijk bromide (Br^-) en waterstofperoxide (H_2O_2).

4 Opgeloste enzymen zijn voor industriële toepassingen niet zo interessant. Men gebruikt liever enzymen die gebonden zijn aan vaste stoffen, zodat ze beter teruggewonnen kunnen worden. De activiteit van dergelijke geïmmobiliseerde enzymen is echter minstens honderd keer zo klein als die van opgeloste enzymen.

5 Er is nu een synthetische katalysator gemaakt die de werking van het enzym nabootst. Deze vaste, onoplosbare stof bestaat uit wolframaat eenheden (WO_4^{2-}) die ionisch uitgewisseld zijn op een anorganische dragerstructuur. Deze anorganische dragerstructuur is een zogenoemd gelaagd dubbelhydroxide (layered double hydroxide, afgekort LDH).

6 De bromering verloopt als volgt: eerst zet H_2O_2 met behulp van WO_4^{2-} als katalysator het Br^- om tot HOBr.
Het HOBr reageert vervolgens met een organische verbinding (zie figuur 1).

7 De traditionele testreactie voor bromeringsactiviteit is de omzetting van het gele fenolrood tot het blauwe broomfenolblauw. Dergelijke omkleuringsreacties toonden aan dat de enzymnabootser actiever is dan de geïmmobiliseerde broomperoxidases.

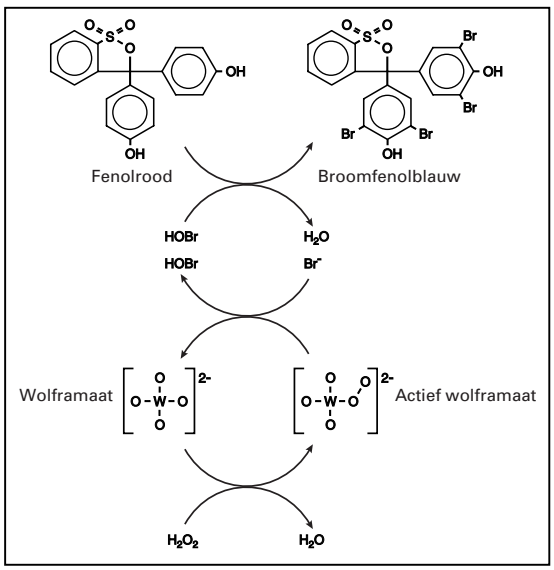
8 De dragerstructuur blijkt essentieel voor de bromeringsactiviteit. Want opgelost WO_4^{2-} vertoont onder dezelfde omstandigheden een veel lagere activiteit dan WO_4^{2-} dat gebonden is op de enzymnabootser.

9 Logischerwijze kan worden gesteld dat de reactie tussen de negatief geladen reactiepartners (het bromide en het actieve wolframaat) wordt verhinderd door elektrostatische afstoting. De aanwezigheid van positieve ladingen in de anorganische LDH-drager maakt dat deze afstoting minder wordt.

10 Een vergelijkbaar scenario bestaat voor de echte enzymen. Hier is het actieve vanadiumcentrum omgeven door positief geladen aminozuren, zoals His, Arg en Lys.

naar: Chemisch Weekblad en Nature

figuur 1



Schematische voorstelling van de katalysator in werking. Het actieve wolframaat is gebonden op de positief geladen, anorganische LDH-drager (niet afgebeeld). Hier helpt het met het oxideren van Br^- onder vorming van HOBr. Dit HOBr zorgt voor de bromering van koolstofverbindingen, zoals fenolrood.

Let op: de laatste vragen van dit examen staan op de volgende pagina.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Biogas reinigen

Biologisch afvalmateriaal bestaat hoofdzakelijk uit eiwitten, koolhydraten en vetten. Door vergisting van biologisch afvalmateriaal ontstaat zogenoemd biogas. Biogas wordt gezien als een duurzame energiebron. Bij vergisting van biologisch afvalmateriaal ontstaat echter ook waterstofsulfide.

2p **21** □ Uit welke van de drie genoemde stoffen (eiwitten, koolhydraten en vetten) kan het waterstofsulfide gevormd zijn? Geef een verklaring voor je antwoord; betrek hierin van alledrie de genoemde stoffen de samenstelling.

Waterstofsulfide is een giftig, stinkend gas. Dat zijn redenen waarom men zoveel mogelijk waterstofsulfide uit het biogas verwijdert.

2p **22** □ Leg uit om welke andere reden men het waterstofsulfide uit het biogas verwijdert.

Men heeft een nieuwe methode ontwikkeld om biogas te reinigen. Daarbij wordt het waterstofsulfide omgezet tot zwavel. In dit proces wordt het biogas in een zogenoemde scrubber door een licht basische vloeistof geleid. Hier wordt het waterstofsulfide als volgt omgezet:

$H_2S + OH^- \rightarrow HS^- + H_2O$ (reactie 1)

De pH van de oplossing waarin men het biogas leidt, is 8,0. Bij deze pH wordt het H_2S omgezet tot vrijwel uitsluitend HS^-. De hoeveelheid S^{2-} die gevormd wordt, is te verwaarlozen. Dit volgt uit de verhouding $\frac{[HS^-]}{[S^{2-}]}$ bij deze pH.

3p **23** □ Bereken de verhouding $\frac{[HS^-]}{[S^{2-}]}$ in een oplossing met pH = 8,0 (T = 298 K).

De HS^- bevattende vloeistof die de scrubber verlaat, wordt vervolgens in een ruimte geleid waar het HS^- door bacteriën, met zuurstof uit de lucht, wordt omgezet tot zwavel. In deze bioreactor treedt de volgende reactie op:

$2\ HS^- + O_2 \rightarrow 2\ S + 2\ OH^-$ (reactie 2)

De suspensie met daarin de gevormde zwavel wordt uit de bioreactor naar een filter gevoerd, terwijl de bacteriën in de bioreactor achterblijven. Het filter scheidt de zwavel van de vloeistofstroom. Omdat bij het totale proces geen OH^- verbruikt wordt, en ook niet gevormd, kan de basische vloeistof die na filtratie overblijft, opnieuw worden gebruikt.

2p **24** □ Leg uit dat bij het hierboven beschreven proces uiteindelijk geen OH^- wordt verbruikt en ook niet gevormd.

Men controleert regelmatig of de waterstofsulfideconcentratie voldoende omlaag is gebracht. Dit kan onder andere gebeuren door middel van een titratie:

- een bekende hoeveelheid gereinigd biogas wordt geleid in een oplossing, die een bekende hoeveelheid jood bevat; de volgende reactie treedt dan op:
  $H_2S + I_2 \rightarrow S + 2\ H^+ + 2\ I^-$
- vervolgens wordt door middel van een titratie met een oplossing van natriumthiosulfaat ($Na_2S_2O_3$) van bekende molariteit bepaald hoeveel jood na de reactie met H_2S is overgebleven; daarbij treedt de volgende reactie op:
  $2\ S_2O_3^{2-} + I_2 \rightarrow S_4O_6^{2-} + 2\ I^-$

Als bij zo'n bepaling 10,0 dm^3 ($p = p_0$; T = 298 K) gereinigd biogas wordt geleid door een oplossing die 0,250 mmol jood bevat, blijkt voor de titratie 7,72 mL 0,0500 M natriumthiosulfaatoplossing nodig te zijn.

5p **25** □ Bereken het volumepercentage H_2S in het gereinigde biogas.

Einde

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Scheikunde 1,2 (nieuwe stijl)

Examen VWO

Voorbereidend
Wetenschappelijk
Onderwijs

20 01

Tijdvak 2
Woensdag 20 juni
13.30 – 16.30 uur

Voor dit examen zijn maximaal 71 punten te behalen; het examen bestaat uit 25 vragen.
Voor elk vraagnummer is aangegeven hoeveel punten met een goed antwoord behaald kunnen worden.
Voor de uitwerking van vraag 24 is een bijlage toegevoegd.

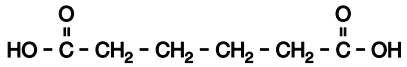
Als bij een vraag een verklaring, uitleg, berekening of afleiding gevraagd wordt, worden aan het antwoord meestal geen punten toegekend als deze verklaring, uitleg, berekening of afleiding ontbreekt.

Geef niet meer antwoorden (redenen, voorbeelden e.d.) dan er worden gevraagd. Als er bijvoorbeeld twee redenen worden gevraagd en je geeft meer dan twee redenen, dan worden alleen de eerste twee in de beoordeling meegeteld.

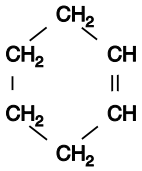
Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Dizuren

Hexaandizuur is een van de grondstoffen voor de bereiding van sommige soorten nylon.
De structuurformule van hexaandizuur is:



Een methode die in ontwikkeling is om hexaandizuur te maken, is de reactie van cyclohexeen in zuur milieu met waterstofperoxide.
Cyclohexeen heeft de volgende structuurformule:



Bij de reactie tussen cyclohexeen en waterstofperoxide ontstaat, behalve hexaandizuur, uitsluitend water.

3p **1** □ Geef de vergelijking, in molecuulformules, van de reactie tussen cyclohexeen en waterstofperoxide.

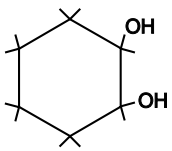
Waterstofperoxide is tijdens deze bereiding opgelost in water. Cyclohexeen lost vrijwel niet op in water. Als tijdens de bereiding een stof met de algemene formule $R_3CH_3NHSO_4$ aanwezig is, kan men een hoog rendement verkrijgen. In $R_3CH_3NHSO_4$ is R een alkylgroep met 6 tot 8 koolstofatomen.
Tijdens een experimentele uitvoering van dit proces heeft men uit 100 gram cyclohexeen 161 gram zuiver hexaandizuur verkregen.

3p **2** □ Bereken het rendement van dit proces.

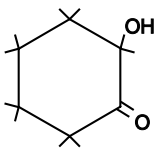
Het $R_3CH_3NHSO_4$ wordt aan het begin van de reactie aan de waterige fase, dat is de oplossing van waterstofperoxide in water, toegevoegd. Het $R_3CH_3NHSO_4$ is in de waterige fase gesplitst in $R_3CH_3N^+$ ionen en HSO_4^- ionen. Het zwakke zuur HSO_4^- zorgt voor het zure milieu van de waterige fase. De $R_3CH_3N^+$ ionen zorgen voor het hoge rendement van het proces.
Bij de bovengenoemde uitvoering van het proces was bij het begin van de reactie de pH van de waterige fase 1,90.

4p **3** □ Bereken hoeveel mol $R_3CH_3NHSO_4$ per liter van de waterige fase moet worden opgelost om bij het begin van de reactie pH = 1,90 te verkrijgen (T = 298 K).

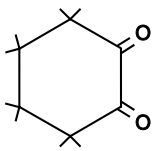
Tijdens de omzetting van cyclohexeen tot hexaandizuur ontstaan verschillende tussenproducten, onder andere:



tussenproduct 1



tussenproduct 2



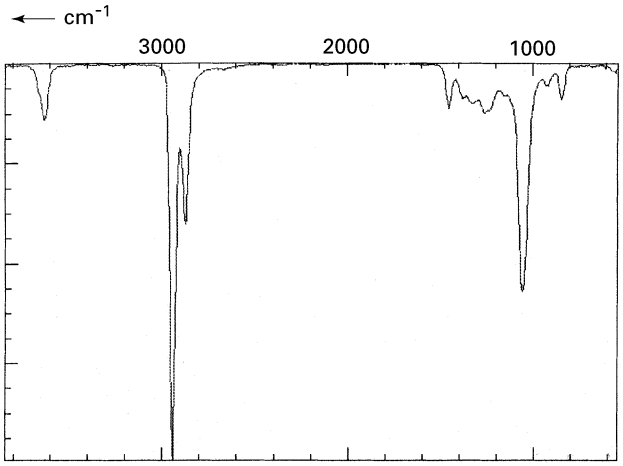
tussenproduct 3

3p **4** □ Geef de systematische naam van tussenproduct 2.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

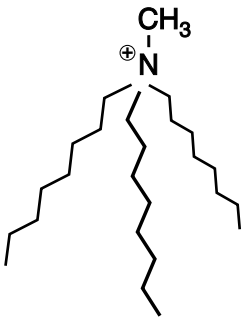
In figuur 1 is het infraroodspectrum van een van de tussenproducten in de gasfase weergegeven.

figuur 1



2p **5** □ Leg uit van welk tussenproduct het infraroodspectrum is afgebeeld in figuur 1.

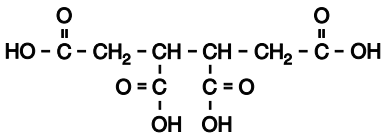
In de stof $R_3CH_3NHSO_4$ die tijdens het onderzoek naar de bereiding van hexaandizuur uit cyclohexeen en waterstofperoxide werd gebruikt, was het aantal koolstofatomen in de alkylgroepen R gelijk aan 8.
De ruimtelijke bouw van een $R_3CH_3N^+$ ion, met 8 koolstofatomen in elke groep R, kan als volgt worden weergegeven:



De zigzaglijntjes in bovenstaande weergave van een $R_3CH_3N^+$ ion stellen de C_8H_{17} groepen voor.
Omdat cyclohexeen en de waterstofperoxide-oplossing niet mengen, moet tijdens de reactie heftig geroerd worden. Door de aanwezigheid van de $R_3CH_3N^+$ ionen wordt de menging van het cyclohexeen en de waterige fase sterk verbeterd.

3p **6** □ Leg aan de hand van de bouw van de $R_3CH_3N^+$ ionen uit hoe het komt dat door de aanwezigheid van deze ionen de menging van het cyclohexeen en de waterige fase sterk wordt verbeterd.

Gesubstitueerde cyclohexenen reageren in zuur milieu op dezelfde wijze met waterstofperoxide als cyclohexeen. Zo kan bijvoorbeeld ook 1,2,3,4-butaantetracarbonzuur worden bereid.



1,2,3,4-butaantetracarbonzuur

2p **7** □ Geef de structuurformule van een gesubstitueerd cyclohexeen dat als beginstof voor de bereiding van 1,2,3,4-butaantetracarbonzuur kan worden gebruikt. Je hoeft bij het beantwoorden van deze vraag geen rekening te houden met stereo-isomerie.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Thiocyanaat in speeksel

Bij de behandeling van iemand met een cyanidevergiftiging worden de cyanide-ionen (CN^-) in de lever omgezet tot thiocyanaationen (SCN^-). De thiocyanaationen komen onder andere in het speeksel terecht. De hoeveelheid thiocyanaat in het speeksel is een maat voor de hoeveelheid cyanide die nog in het lichaam aanwezig is.
De concentratie thiocyanaat in het speeksel kan colorimetrisch bepaald worden. Door toevoeging van een oplossing met Fe^{3+} ionen aan het speeksel vormen zich $FeSCN^{2+}$ ionen, die er de oorzaak van zijn dat de oplossing een rode kleur krijgt.
De vorming van $FeSCN^{2+}$ is een evenwichtsreactie:

$$Fe^{3+}(aq) + SCN^-(aq) \rightleftarrows FeSCN^{2+}(aq)$$

Voor dit evenwicht geldt: $K = 9{,}1 \cdot 10^2$ (298 K).

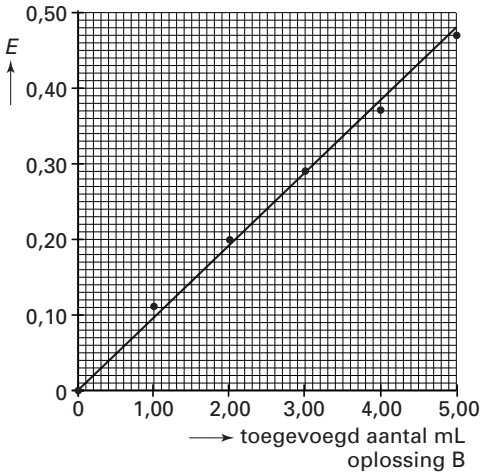
Om het SCN^- gehalte in speeksel te bepalen, is van zes ijkoplossingen de extinctie bij een golflengte van 447 nm gemeten. Bij alle metingen werd dezelfde cuvet gebruikt. De samenstelling van de ijkoplossingen en de gemeten extincties staan vermeld in onderstaande tabel en zijn verwerkt tot een ijkdiagram.

tabel

ijkoplossing nr.	mL oplossing A	mL oplossing B	mL water	gemeten extinctie (E)
1	5,00	0,00	5,00	0,00
2	5,00	1,00	4,00	0,11
3	5,00	2,00	3,00	0,20
4	5,00	3,00	2,00	0,29
5	5,00	4,00	1,00	0,37
6	5,00	5,00	0,00	0,47

Oplossing A is een 0,200 M $Fe(NO_3)_3$-oplossing, oplossing B is een $2{,}00 \cdot 10^{-4}$ M KSCN-oplossing.

ijkdiagram



Fe^{3+} ionen kunnen met SCN^- ionen ook de deeltjes $Fe(SCN)_2^+$, $Fe(SCN)_3$, $Fe(SCN)_4^-$, $Fe(SCN)_5^{2-}$ en $Fe(SCN)_6^{3-}$ vormen, volgens:

$$FeSCN^{2+}(aq) + SCN^-(aq) \rightleftarrows Fe(SCN)_2^+(aq)$$
$$Fe(SCN)_2^+(aq) + SCN^-(aq) \rightleftarrows Fe(SCN)_3(aq)$$
$$Fe(SCN)_3(aq) + SCN^-(aq) \rightleftarrows Fe(SCN)_4^-(aq)$$
$$Fe(SCN)_4^-(aq) + SCN^-(aq) \rightleftarrows Fe(SCN)_5^{2-}(aq)$$
$$Fe(SCN)_5^{2-}(aq) + SCN^-(aq) \rightleftarrows Fe(SCN)_6^{3-}(aq)$$

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Alle soorten deeltjes die uit Fe^{3+} en SCN^- ionen gevormd kunnen worden, veroorzaken een rode kleur. Het absorptiespectrum is voor iedere soort deeltjes anders. De vorming van andere soorten deeltjes dan $FeSCN^{2+}$ ionen moet daarom voor een nauwkeurige bepaling worden tegengegaan. Dit wordt bereikt door de molariteit van oplossing A 1000 keer zo groot te maken als de molariteit van oplossing B.

2p **8** □ Leg aan de hand van een evenwichtsbeschouwing uit hoe een grote molariteit van oplossing A ten opzichte van oplossing B ervoor kan zorgen dat de vorming van andere soorten deeltjes dan $Fe(SCN)^{2+}$ te verwaarlozen is.

In de ijkoplossingen 2 tot en met 6 is meer dan 98% van de SCN^- ionen omgezet tot $FeSCN^{2+}$ ionen. De vorming van andere soorten deeltjes dan $FeSCN^{2+}$ in deze oplossingen is te verwaarlozen.

4p **9** □ Bereken de concentraties, in mol L^{-1}, van de ionen Fe^{3+}, SCN^- en $FeSCN^{2+}$ in ijkoplossing 6 als 98% van de SCN^- ionen is omgezet tot $FeSCN^{2+}$.

2p **10** □ Laat door een berekening van de concentratiebreuk zien dat in ijkoplossing 6 in de evenwichtssituatie méér dan 98% van de SCN^- ionen is omgezet tot $FeSCN^{2+}$ (298 K).

Van een persoon werd speeksel verzameld. Het speeksel onderging de volgende bewerkingen:

- een hoeveelheid van het speeksel werd gedurende vijf minuten gecentrifugeerd;
- van de heldere oplossing werd 0,100 mL gepipetteerd in een maatkolf van 10,00 mL;
- aan de vloeistof werd 5,00 mL oplossing A toegevoegd;
- met water werd de oplossing in de maatkolf aangevuld tot 10,00 mL;
- van de zo ontstane oplossing werd, met dezelfde cuvet als die waarmee de extincties van de ijkoplossingen waren bepaald, de extinctie bij 447 nm gemeten; deze was 0,23.

4p **11** □ Bereken mede met behulp van het ijkdiagram de concentratie van de SCN^- ionen, in mol L^{-1}, in het onderzochte speeksel.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Milde bromeringen

Deze opgave gaat over het artikel 'Milde oxidatieve bromeringen' (zie pagina 7 hiernaast). Lees dit artikel en maak vervolgens de vragen van deze opgave.

Op een aantal plaatsen in het artikel wordt „In de voetsporen van de natuur" uit de titel verduidelijkt.

1p **12** □ Geef één zin aan waarin zo'n verduidelijking voorkomt. Noem de eerste twee en de laatste twee woorden van deze zin.

In alinea 6 wordt de vorming van HOBr uit onder andere H_2O_2 en Br^-, met WO_4^{2-} als katalysator, beschreven en in de figuur wordt deze schematisch weergegeven. Deze reactie is een redoxreactie.

4p **13** □ Leid met behulp van vergelijkingen van halfreacties de vergelijking af voor deze vorming van HOBr.

Een gelaagd dubbelhydroxide kan bestaan uit onder andere magnesium- en aluminiumionen. Per mol magnesium- en aluminiumionen samen bevat zo'n LDH twee mol hydroxide-ionen; voor de rest zitten er chloride-ionen in. Het LDH waaruit de synthetische katalysator is gemaakt, kan worden weergegeven met de verhoudingsformule $Mg_{1,00-x}Al_x(OH)_{2,00}Cl_{0,30}$. In de katalysator die gebruikt is, is 10% van de chloride-ionen vervangen door wolframaationen. De katalysator kan worden weergegeven met de formule $Mg_{1,00-x}Al_x(OH)_{2,00}Cl_y(WO_4)_z$.

3p **14** □ Leid de waarde van x in de formule $Mg_{1,00-x}Al_x(OH)_{2,00}Cl_{0,30}$ af.
2p **15** □ Leid de waarden van y en z in de formule $Mg_{1,00-x}Al_x(OH)_{2,00}Cl_y(WO_4)_z$ van de gebruikte katalysator af.

In alinea 10 worden 'positief geladen aminozuren' genoemd. Hiermee worden positief geladen aminozuureenheden bedoeld die deel uitmaken van een eiwitketen. Een positief geladen lysine-eenheid in een eiwitketen kan schematisch worden weergegeven met Lys^+. In een eiwitketen komt het fragment ~Gly-Lys^+~ voor.

4p **16** □ Geef het fragment ~Gly-Lys^+~ weer in een structuurformule. Geef in deze structuurformule ook aan waar de positieve lading zit.

De testreactie die in alinea 7 wordt genoemd en in de figuur is weergegeven, is een bromeringsreactie.

2p **17** □ Leg uit of deze bromeringsreactie als een substitutiereactie mag worden gezien.

Fenolrood en broomfenolblauw kunnen als indicator worden gebruikt.
Gegevens:

	kleur bij lagere pH-*waarden*	*omslagtraject in* pH *bij* 298 K	*kleur bij hogere* pH-*waarden*
Broomfenolblauw	geel	3,0 – 4,6	blauw
Fenolrood	geel	6,6 – 8,0	rood

Uit deze gegevens kan worden afgeleid tussen welke pH-grenzen de genoemde testreactie (alinea 7) dient te worden uitgevoerd.

2p **18** □ Leg uit wat deze pH-grenzen zijn.

In de alinea's 7 en 8 worden resultaten genoemd van onderzoek naar de zogenoemde bromeringsactiviteit van verschillende katalysatoren. Voor het uitvoeren van dit onderzoek dient eerst een onderzoeksvraag geformuleerd te zijn.

1p **19** □ Formuleer een onderzoeksvraag voor een dergelijk onderzoek.
4p **20** □ Beschrijf hoe je het onderzoek ter beantwoording van de bij de vorige vraag geformuleerde onderzoeksvraag uitvoert.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl. Pagina: 1000

Milde oxidatieve bromeringen: in de voetsporen van de natuur

1 Bromering van koolstofverbindingen leidt tot de vervaardiging van interessante stoffen, waaronder vlamvertragers en ontsmettingsmiddelen.

2 Bij de hedendaagse fabricage van deze stoffen maakt men vaak gebruik van elementair broom (Br_2), een zeer toxisch en moeilijk hanteerbaar reagens. Aan het Centrum voor Oppervlakte Chemie en Katalyse (COK) in Leuven wordt daarom gewerkt aan de ontwikkeling van milieuvriendelijke en veilige bromeringen.

3 Enzymen of biokatalysatoren, met name vanadium-broomperoxidases (afgekort VPO's) bleken de inspiratiebron bij uitstek. VPO's die uit schimmels gewonnen kunnen worden, zijn namelijk in staat selectieve bromeringen uit te voeren. Bovendien maken zij gebruik van eenvoudige reagentia, namelijk bromide (Br^-) en waterstofperoxide (H_2O_2).

4 Opgeloste enzymen zijn voor industriële toepassingen niet zo interessant. Men gebruikt liever enzymen die gebonden zijn aan vaste stoffen, zodat ze beter teruggewonnen kunnen worden. De activiteit van dergelijke geïmmobiliseerde enzymen is echter minstens honderd keer zo klein als die van opgeloste enzymen.

5 Er is nu een synthetische katalysator gemaakt die de werking van het enzym nabootst. Deze vaste, onoplosbare stof bestaat uit wolframaat eenheden (WO_4^{2-}) die ionisch uitgewisseld zijn op een anorganische dragerstructuur. Deze anorganische dragerstructuur is een zogenoemd gelaagd dubbelhydroxide (layered double hydroxide, afgekort LDH).

6 De bromering verloopt als volgt: eerst zet H_2O_2 met behulp van WO_4^{2-} als katalysator het Br^- om tot HOBr. Het HOBr reageert vervolgens met een organische verbinding (zie figuur 2).

7 De traditionele testreactie voor bromeringsactiviteit is de omzetting van het gele fenolrood tot het blauwe broomfenolblauw. Dergelijke omkleuringsreacties toonden aan dat de enzymnabootser actiever is dan de geïmmobiliseerde broomperoxidases.

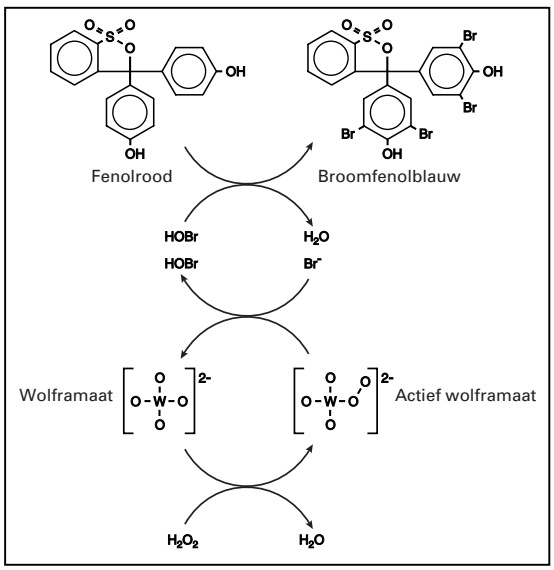
8 De dragerstructuur blijkt essentieel voor de bromeringsactiviteit. Want opgelost WO_4^{2-} vertoont onder dezelfde omstandigheden een veel lagere activiteit dan WO_4^{2-} dat gebonden is op de LDH-drager.

9 Logischerwijze kan worden gesteld dat de reactie tussen de negatief geladen reactiepartners (het bromide en het actieve wolframaat) wordt verhinderd door elektrostatische afstoting. De aanwezigheid van positieve ladingen in de anorganische LDH-drager maakt dat deze afstoting minder wordt.

10 Een vergelijkbaar scenario bestaat voor de echte enzymen. Hier is het actieve vanadiumcentrum omgeven door positief geladen aminozuren, zoals His, Arg en Lys.

naar: Chemisch Weekblad en Nature

figuur 2



Schematische voorstelling van de katalysator in werking. Het actieve wolframaat is gebonden op de positief geladen, anorganische LDH-drager (niet afgebeeld). Hier helpt het met het oxideren van Br^- onder vorming van HOBr. Dit HOBr zorgt voor de bromering van koolstofverbindingen, zoals fenolrood.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Biogas reinigen

Biologisch afvalmateriaal bestaat hoofdzakelijk uit eiwitten, koolhydraten en vetten. Door vergisting van biologisch afvalmateriaal ontstaat zogenoemd biogas. Biogas wordt gezien als een duurzame energiebron. Bij vergisting van biologisch afvalmateriaal ontstaat echter ook waterstofsulfide.

2p **21** □ Uit welke van de drie genoemde stoffen (eiwitten, koolhydraten en vetten) kan het waterstofsulfide gevormd zijn? Geef een verklaring voor je antwoord; betrek hierin van alledrie de genoemde stoffen de samenstelling.

Waterstofsulfide is een giftig, stinkend gas. Dat zijn redenen waarom men zoveel mogelijk waterstofsulfide uit het biogas verwijdert.

2p **22** □ Leg uit om welke andere reden men het waterstofsulfide uit het biogas verwijdert.

Men heeft een nieuwe methode ontwikkeld om biogas te reinigen. Daarbij wordt het waterstofsulfide omgezet tot zwavel. In dit proces wordt het biogas in een zogenoemde scrubber door een licht basische vloeistof geleid. Hier wordt het waterstofsulfide als volgt omgezet:

$H_2S + OH^- \rightarrow HS^- + H_2O$ (reactie 1)

De HS^- bevattende vloeistof die de scrubber verlaat, wordt vervolgens in een ruimte (bioreactor) geleid waar het HS^- door bacteriën, met zuurstof uit de lucht, wordt omgezet tot zwavel. In de bioreactor treedt de volgende reactie op:

$2\ HS^- + O_2 \rightarrow 2\ S + 2\ OH^-$ (reactie 2)

De suspensie met daarin de gevormde zwavel wordt uit de bioreactor naar een filter gevoerd; terwijl de bacteriën in de bioreactor achterblijven. Het filter scheidt de zwavel van de vloeistofstroom. Omdat bij het totale proces geen OH^- verbruikt wordt, en ook niet gevormd, kan de basische vloeistof die na filtratie overblijft, opnieuw worden gebruikt.

2p **23** □ Leg uit dat bij het hierboven beschreven proces uiteindelijk geen OH^- wordt verbruikt en ook niet gevormd.

Bij de uitvoering van de biogasreiniging als continu proces wordt, behalve het biogas, ook een geconcentreerde oplossing van natriumhydroxide in de scrubber geleid. Dit ondanks het feit dat geen OH^- verbruikt wordt. Dit is nodig omdat in reactie 1 water wordt gevormd dat moet worden afgevoerd. Dat doet men door een deel van de vloeistof af te tappen. Daardoor gaat OH^- verloren. Het inleiden van de geconcentreerde oplossing van natriumhydroxide dient om dit verlies te compenseren.
De hiervoor beschreven biogasreiniging als continu proces kan in een blokschema worden weergegeven. Op de bijlage bij deze opgave is een deel van dit blokschema afgebeeld.

5p **24** □ Teken op de bijlage de andere twee blokken, met de namen *bioreactor* en *filter*.
Maak het blokschema compleet met lijnen en pijlen; zet bij die lijnen en pijlen de bijbehorende namen. Kies daarbij uit de volgende lijst. Het is mogelijk dat je daarbij één of meer namen meerdere malen moet gebruiken.

- *geconcentreerde oplossing van natriumhydroxide*
- *HS^- bevattende vloeistof*
- *licht basische vloeistof*
- *lucht in*
- *lucht uit*
- *zwavel*
- *zwavelsuspensie*

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Men controleert regelmatig of de waterstofsulfideconcentratie in het biogas voldoende omlaag is gebracht. Dit kan onder andere gebeuren door middel van een titratie:

- een bekende hoeveelheid gereinigd biogas wordt geleid in een oplossing die een bekende hoeveelheid jood bevat; de volgende reactie treedt dan op:
  $H_2S + I_2 \rightarrow S + 2\ H^+ + 2\ I^-$
- vervolgens wordt door middel van een titratie met een oplossing van natriumthiosulfaat ($Na_2S_2O_3$) van bekende molariteit bepaald hoeveel jood na de reactie met H_2S is overgebleven; daarbij treedt de volgende reactie op:
  $2\ S_2O_3^{2-} + I_2 \rightarrow S_4O_6^{2-} + 2\ I^-$

Als bij zo'n bepaling 10,0 dm^3 ($p = p_0$; $T = 298$ K) gereinigd biogas wordt geleid door een oplossing die 0,250 mmol jood bevat, blijkt voor de titratie 7,72 mL 0,0500 M natriumthiosulfaatoplossing nodig te zijn.

5p **25** □ Bereken het volumepercentage H_2S in het gereinigde biogas.

Einde

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Bijlage bij vraag 24

Examen VWO 2001

Tijdvak 2
Woensdag 20 juni
13.30 – 16.30 uur

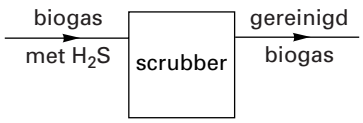
Examennummer

.....

Naam

.....

Vraag 24



Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Scheikunde

Examen VWO

Voorbereidend
Wetenschappelijk
Onderwijs

20 00

Tijdvak 1
Vrijdag 26 mei
13.30 – 16.30 uur

Dit examen bestaat uit 23 vragen.
Voor elk vraagnummer is aangegeven hoeveel punten met een goed antwoord behaald kunnen worden.

Als bij een open vraag een verklaring, uitleg, berekening of afleiding gevraagd wordt, worden aan het antwoord meestal geen punten toegekend als deze verklaring, uitleg, berekening of afleiding ontbreekt.

Geef niet meer antwoorden (redenen, voorbeelden e.d.) dan er worden gevraagd. Als er bijvoorbeeld twee redenen worden gevraagd en je geeft meer dan twee redenen, worden alleen de eerste twee in de beoordeling meegeteld.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Opgave 1

Aan veel wasmiddelen is een bleekmiddel toegevoegd. Men schrijft de blekende werking toe aan de vorming van zuurstofatomen die vervolgens met moleculen van bijvoorbeeld een gekleurde vlek in het wasgoed reageren. Een veel gebruikt bleekmiddel is natriumperboraat-tetrahydraat ($NaBO_3.4H_2O$).
Als een wasmiddel aan water wordt toegevoegd, lost het natriumperboraat-tetrahydraat op, waarbij als ionen natriumionen en perboraationen (BO_3^-) ontstaan. Het ontstane waswater is enigszins basisch.
Men neemt aan dat de vorming van zuurstofatomen uit perboraationen plaatsvindt via drie achtereenvolgende reacties:

$BO_3^- + H_2O \leftrightarrows H_2O_2 + BO_2^-$ (reactie 1)

$H_2O_2 + OH^- \leftrightarrows H_2O + HOO^-$ (reactie 2)

$HOO^- \rightarrow OH^- + O$ (reactie 3)

Het HOO^- ion heet het waterstofperoxide-ion.

4p **1** □ Geef de elektronenformule van het waterstofperoxide-ion. Zet daarbij de lading bij het juiste atoom.

De reacties 1 en 2 zijn evenwichtsreacties. Van alle drie reacties verloopt reactie 3 het langzaamst. De snelheid van reactie 3 is pas bij ongeveer 60 °C groot genoeg om de blekende werking van het waswater merkbaar te maken.

4p **2** □ Leg mede aan de hand van de bovengenoemde reacties uit of naar verwachting de blekende werking in waswater van 60 °C met een pH = 9 sterker is dan, zwakker is dan, of gelijk is aan de blekende werking in waswater van 60 °C met een pH = 8.

De vorming van zuurstofatomen uit waterstofperoxide-ionen verloopt bij 40 °C zo langzaam dat geen blekende werking merkbaar is. Om bij 40 °C toch voldoende blekende werking te krijgen heeft men aan wasmiddel dat natriumperboraat-tetrahydraat bevat, ook de stof TAED (tetraacetylethyleendiamine, $C_{10}H_{16}N_2O_4$) toegevoegd. Moleculen van deze stof reageren met waterstofperoxide-ionen.
Bij die reactie ontstaan moleculen van de stof DAED (diacetylethyleendiamine, $C_6H_{12}N_2O_2$) en peracetaationen $(CH_3-\underset{\underset{O}{\|}}{C}-O-O^{\ominus})$:

$$\underset{\text{TAED}}{C_{10}H_{16}N_2O_4} + 2\,HOO^- \rightarrow \underset{\text{DAED}}{C_6H_{12}N_2O_2} + 2\,CH_3-\underset{\underset{O}{\|}}{C}-O-O^{\ominus}$$ (reactie 4)

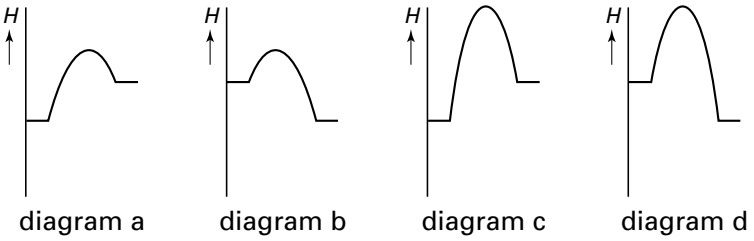
Vervolgens ontleden bij 40 °C de peracetaationen snel in acetaationen en zuurstofatomen:

$$CH_3-\underset{\underset{O}{\|}}{C}-O-O^{\ominus} \rightarrow CH_3-\underset{\underset{O}{\|}}{C}-O^{\ominus} + O$$ (reactie 5)

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Men neemt aan dat zowel de enthalpieverandering van reactie 5 als de enthalpieverandering van reactie 3 uitsluitend wordt bepaald door het verbreken van de binding tussen twee zuurstofatomen in het desbetreffende ion. Toch verloopt reactie 5 bij 40 °C aanzienlijk sneller dan reactie 3.
Hieronder staan vier enthalpiediagrammen (diagrammen a, b, c, en d). In deze diagrammen behoort het linker niveau bij de deeltjes die reageren en het rechter niveau bij de deeltjes die ontstaan. Eén van de diagrammen geeft het verloop van reactie 3 weer en één van de andere diagrammen geeft het verloop van reactie 5 weer.

diagrammen



4p **3** □ Leg uitgaande van bovenstaande gegevens uit welk van de diagrammen het verloop van reactie 3 weergeeft en welk van de diagrammen het verloop van reactie 5.

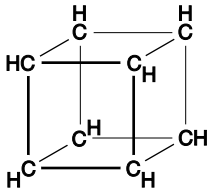
Een bepaald wasmiddel bevat 3,0 massaprocent TAED en bevat zoveel natriumperboraat-tetrahydraat dat al het TAED door het natriumperboraat-tetrahydraat kan worden omgezet.

4p **4** □ Bereken hoeveel massaprocent natriumperboraat-tetrahydraat het wasmiddel minstens zal bevatten. De massa van een mol TAED is 228 gram.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Opgave 2

Cubaan is een koolwaterstof met de formule C_8H_8. De acht koolstofatomen van een cubaanmolecuul zitten op de hoekpunten van een denkbeeldige kubus. De bindingen tussen de koolstofatomen vormen de ribben van de kubus:

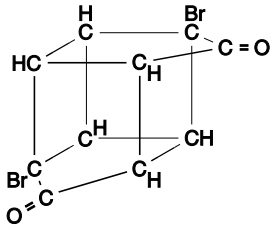


Voor de bindingsenthalpie van de C – H bindingen in cubaan geldt de waarde die in Binas tabel 58 voor C – H (overige) is vermeld. Voor de bindingsenthalpie van de C – C bindingen in cubaan geldt een andere waarde dan de waarde die in tabel 58 voor C – C is vermeld. Dit komt doordat de C – C bindingen in een cubaanmolecuul ongebruikelijke hoeken (90°) met elkaar maken.

6p **5** □ Bereken de bindingsenthalpie in J mol^{-1} (298 K) van C – C in cubaan. Maak bij de berekening onder andere gebruik van de volgende gegevens:

- de enthalpieverandering van de vorming van gasvormig cubaan volgens $8\ C(s) + 4\ H_2(g) \rightarrow C_8H_8(g)$ is (omgerekend naar 298 K en $p = p_o$) gelijk aan $+6{,}2 \cdot 10^5$ J mol^{-1};
- de sublimatie-enthalpie van koolstof (grafiet) is gelijk aan $+7{,}15 \cdot 10^5$ J mol^{-1} (298 K en $p = p_o$).

Cubaan kan niet direct uit koolstof en waterstof gemaakt worden. Er zijn echter verschillende andere bereidingswijzen bekend.
Bij één van de bereidingswijzen van cubaan worden drie achtereenvolgende reacties toegepast.
Bij de eerste reactie maakt men de verbinding met de volgende structuurformule:

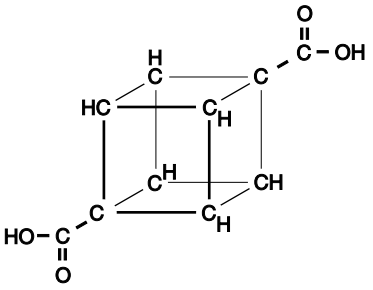


Voor het maken van deze verbinding laat men uitsluitend één stof reageren: een verbinding met de molecuulformule C_5H_3BrO. Deze reactie is op te vatten als een additiereactie (zonder dat daarbij binnen C_5H_3BrO atomen worden verplaatst).
De verbinding C_5H_3BrO is een zogenoemd meervoudig onverzadigd cyclisch keton. Aan de hand van bovenstaande gegevens kan de structuurformule van C_5H_3BrO afgeleid worden.

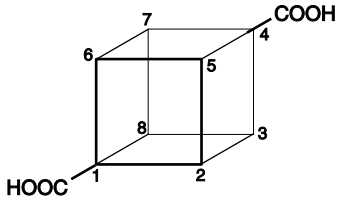
4p **6** □ Geef de structuurformule van deze verbinding C_5H_3BrO.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Bij de tweede van de drie reacties ter bereiding van cubaan wordt het reactieproduct van de eerste reactie omgezet in een verbinding met de volgende structuurformule:



In de formule van het laatstgenoemde reactieproduct worden de koolstofatomen als volgt genummerd:



De systematische naam van de verbinding met deze structuurformule is 1,4-cubaandicarbonzuur.
Ook de andere cubaandicarbonzuren $C_8H_6(COOH)_2$ waarvan men het bestaan mag verwachten, zijn bekend.

4p **7** □ Geef de systematische namen van die andere cubaandicarbonzuren.

Cubaan is een vaste stof met een smeltpunt van 130 °C. Benzine bestaat uitsluitend uit verbindingen die in de buitenlucht gemakkelijk verdampen.
Men heeft een oplossing van cubaan in benzine (met 30 massaprocent cubaan) gebruikt als brandstof voor race-auto's die aan wedstrijden meededen. De verbrandingswarmte van een liter van deze oplossing is groter dan de verbrandingswarmte van een liter benzine zonder cubaan erin. Om de kansen voor de raceauto's niet afhankelijk te laten zijn van de soort brandstof werd bij een aantal wedstrijden het gebruik van een oplossing van cubaan in benzine verboden.
Met een eenvoudig proefje, waarbij een druppel van de brandstof op (een vlak gedeelte van) de warme motorkap van een auto gelegd wordt, kan nagegaan worden of een wedstrijdrijder zich aan het verbod gehouden heeft.

4p **8** □ Geef de waarneming waaruit bij dit proefje blijkt dat een wedstrijdrijder geen cubaan in de benzine had.

Een raceauto die op benzine zonder cubaan rijdt, heeft een verbruik van 1 op 2,8. Dit betekent dat de auto 1 liter benzine (273 K) verbruikt op 2,8 gereden kilometers.
De raceauto kan zuiniger rijden door de benzine te vervangen door een oplossing van cubaan in benzine met 30 massaprocent cubaan.

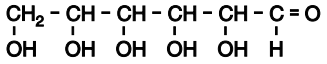
6p **9** □ Bereken hoeveel kilometer de raceauto kan rijden op 1,0 liter van de oplossing van cubaan in benzine (273 K). Gebruik bij de berekening de volgende gegevens:
- de dichtheid van de oplossing van 30 massaprocent cubaan in benzine is $8{,}6 \cdot 10^2$ g L^{-1} (273 K);
- bij verbranding van 1,0 mol cubaan in de auto komt $4{,}8 \cdot 10^6$ J vrij;
- bij verbranding van 1,0 liter benzine ($7{,}5 \cdot 10^2$ g) in de auto komt $3{,}3 \cdot 10^7$ J vrij.

Aangenomen mag worden dat het aantal te rijden kilometers per liter brandstof evenredig is met het aantal joules dat bij verbranding van een liter brandstof vrijkomt.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Opgave 3

In bloed wordt vaak het gehalte aan glucose bepaald.
De structuurformule van glucose kan als volgt worden weergegeven:



Men maakt bij de bepaling van het glucosegehalte in bloed gebruik van een zogenoemde glucosemeter en een strookje waarop twee elektroden zijn aangebracht. Op één van die elektroden is een laagje zilverchloride aangebracht. Op de andere elektrode is een laagje aangebracht met daarin het enzym glucose-oxidase.
Men steekt dit strookje met het uiteinde A (zie onderstaande figuur) in de glucosemeter. Daardoor wordt tussen de beide elektroden een gelijkspanning aangelegd, waarbij de elektrode met het enzym is aangesloten op de positieve pool van de gelijkspanningsbron.

Vervolgens wordt bij B op het strookje een druppeltje van 5,0 µL (5,0 microliter) bloed in contact gebracht met beide elektroden. Er treedt dan elektrolyse op.
Aan de negatieve elektrode treedt daarbij een halfreactie op waarbij zilverchloride wordt omgezet in zilver(metaal) en Cl^-. Aan de positieve elektrode vindt uitsluitend een halfreactie plaats waarbij alle glucose ($C_6H_{12}O_6$) uit het druppeltje bloed in korte tijd wordt omgezet in gluconzuur ($C_6H_{12}O_7$). Per mol glucose worden daarbij twee mol elektronen afgegeven.

3p **10** □ Geef de vergelijking van de halfreactie die optreedt aan de positieve elektrode. Vermeld daarin glucose en gluconzuur in molecuulformules.

2p **11** □ Geef de structuurformule van gluconzuur.

Tijdens de korte tijd dat alle glucose uit de 5,0 µL bloed aan de positieve elektrode reageert, wordt het aantal coulomb gemeten dat door de glucosemeter stroomt. Het bijbehorende glucosegehalte van het bloed kan op de meter worden afgelezen in mmol L^{-1}.

5p **12** □ Bereken het aantal coulomb dat tijdens de meting door de glucosemeter is gestroomd als op de meter een glucosegehalte van 6,2 mmol L^{-1} wordt afgelezen. Maak bij de berekening onder andere gebruik van Binas tabel 7.

Bij deze bepaling werkt glucose als reductor. Bloed bevat ook andere reductoren, maar deze reageren tijdens de korte tijd die de bepaling in beslag neemt, niet merkbaar. Bij het ontwerpen van de beschreven glucosemeter is ervoor gezorgd dat de snelheid waarmee glucose als reductor reageert, veel groter is dan de snelheid waarmee andere reductoren reageren.

3p **13** □ Leg aan de hand van een gegeven in deze opgave uit waaraan dat verschil in snelheid moet worden toegeschreven.

De beschreven glucosemeter is geschikt voor het bepalen van het glucosegehalte van bloed en zou ook gebruikt kunnen worden voor een glucose-bepaling in bijvoorbeeld urine. De beschreven glucosemeter is echter niet zonder meer geschikt voor een gehaltebepaling van een oplossing die *uitsluitend* glucose als opgeloste stof bevat. Dit komt doordat oplossingen als bloed en urine een bepaald soort deeltjes bevatten die vrijwel ontbreken in een oplossing van uitsluitend glucose.

3p **14** □ Welke soort deeltjes is dat?

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Van glucose bestaan drie soorten moleculen: het niet-cyclische glucose, waarvan de structuurformule in het begin van deze opgave is gegeven, èn twee soorten (α-glucose en β-glucose) waarvan de moleculen een cyclische structuur hebben. In een glucose-oplossing zijn niet-cyclisch glucose, α-glucose en β-glucose met elkaar in evenwicht:

α-glucose ⇆ niet-cyclisch glucose ⇆ β-glucose

Men neemt aan dat van de drie soorten glucose alleen het niet-cyclische glucose in de genoemde glucosemeter als reductor reageert. Toch wordt met deze meter de concentratie van alle drie soorten glucosemoleculen *samen* bepaald.

4p **15** □ Leg uit hoe dit laatste verklaard moet worden.

Het percentage niet-cyclisch glucose in een glucose-oplossing en in bloed is zeer klein. De bovengenoemde evenwichtssituatie kan worden voorgesteld als:

α-glucose ⇆ β-glucose

De waarde van de evenwichtsconstante K van dit evenwicht is bij 298 K gelijk aan 1,78.

4p **16** □ Bereken welk percentage van alle glucose in een glucose-oplossing van 298 K als α-glucose voorkomt.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Opgave 4

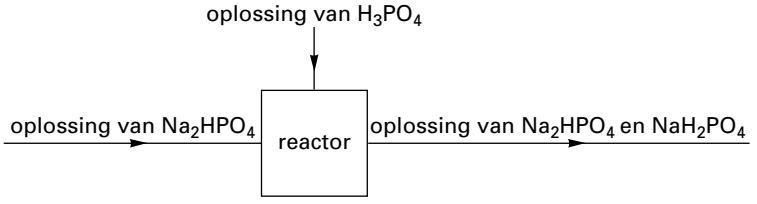
Natriumtrifosfaat is een zout dat onder andere wordt toegepast bij de verwerking van kaas en vlees.
De formule van natriumtrifosfaat kan worden voorgesteld als $Na_xP_3O_y$.
Natriumtrifosfaat wordt bereid uit een oplossing waarin de stoffen Na_2HPO_4 en NaH_2PO_4 in de molverhouding 2,0 : 1,0 in opgeloste vorm voorkomen. Als men zo'n oplossing verhit, treedt een reactie op tussen uitsluitend HPO_4^{2-} ionen en $H_2PO_4^-$ ionen, waarbij steeds twee HPO_4^{2-} ionen en één $H_2PO_4^-$ ion worden omgezet. Bij deze reactie ontstaan uitsluitend trifosfaationen en H_2O moleculen. Door indampen van de oplossing ontstaat natriumtrifosfaat in vaste vorm.

4p **17** □ Leid uit bovenstaande gegevens de (verhoudings)formule van natriumtrifosfaat af.

De oplossing waarin de stoffen Na_2HPO_4 en NaH_2PO_4 in de molverhouding 2,0 : 1,0 in opgeloste vorm voorkomen, wordt in de industrie bereid in een continu proces. Hierbij worden opgelost fosforzuur (H_3PO_4) en een overmaat opgelost Na_2HPO_4 in een reactor geleid. In de reactor reageert het H_3PO_4 met een deel van het HPO_4^{2-}:

$$H_3PO_4 + HPO_4^{2-} \rightarrow 2\ H_2PO_4^-$$

Andere reacties treden in de reactor niet op.
Hieronder is dit continue proces in een blokschema weergegeven.



De hoeveelheden opgelost H_3PO_4 en opgelost Na_2HPO_4 die per seconde in de reactor worden geleid, worden zo gekozen dat in de oplossing die de reactor verlaat, de molverhouding $HPO_4^{2-} : H_2PO_4^-$ gelijk is aan 2,0 : 1,0.
In een bepaalde fabriek waarin dit continue proces plaatsvindt, wordt per seconde 11 mol opgelost Na_2HPO_4 in de reactor geleid.

4p **18** □ Bereken hoeveel mol opgelost H_3PO_4 men per seconde in de reactor moet leiden om de oplossing met de gewenste molverhouding $HPO_4^{2-} : H_2PO_4^- = 2{,}0 : 1{,}0$ te bereiden.

Om te controleren of in de oplossing die de reactor verlaat de molverhouding $HPO_4^{2-} : H_2PO_4^-$ inderdaad 2,0 : 1,0 is, kan men de pH van die oplossing meten.

4p **19** □ Bereken de pH van de oplossing die de reactor verlaat als in die oplossing bij 298 K de molverhouding $HPO_4^{2-} : H_2PO_4^-$ inderdaad 2,0 : 1,0 is.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

In de praktijk blijkt het meten van de pH van de oplossing niet voldoende nauwkeurig te zijn om vast te stellen of in de oplossing die de reactor verlaat sprake is van de gewenste molverhouding.
Er wordt een andere manier gebruikt om de molverhouding $HPO_4^{2-} : H_2PO_4^-$ nauwkeurig te bepalen.
Die andere manier is de bepaling van het zogenoemde NaP getal. Het NaP getal van een oplossing is de verhouding tussen het aantal natriumionen in die oplossing en het aantal fosforatomen (gebonden in de negatieve ionen) in die oplossing. Ter verduidelijking een voorbeeld: het NaP getal van een oplossing van natriumfosfaat (Na_3PO_4) is dus $\frac{3}{1} = 3$.
Om vast te stellen of de oplossing van Na_2HPO_4 en NaH_2PO_4 die de reactor verlaat, de juiste samenstelling heeft, kan men twee achtereenvolgende titraties uitvoeren. De eindpunten van beide titraties worden bepaald met behulp van een pH-meter.
Eerst wordt de oplossing van Na_2HPO_4 en NaH_2PO_4 getitreerd met zoutzuur. Daarbij treedt uitsluitend de volgende reactie op:

$$HPO_4^{2-} + H_3O^+ \rightarrow H_2PO_4^- + H_2O$$

De oplossing die bij het eindpunt van deze titratie is ontstaan, wordt vervolgens getitreerd met natronloog. Daarbij treedt uitsluitend de volgende reactie op:

$$H_2PO_4^- + OH^- \rightarrow HPO_4^{2-} + H_2O$$

Bij zo'n bepaling bleek voor de eerste titratie 0,90 mmol H_3O^+ en voor de tweede titratie 1,50 mmol OH^- nodig te zijn. Uit deze titratiegegevens kan het NaP getal van de onderzochte oplossing berekend worden. Uit die berekening volgt dat de molverhouding $HPO_4^{2-} : H_2PO_4^-$ in de onderzochte oplossing niet gelijk is aan 2,0 : 1,0.

3p **20** □ Leid van een oplossing waarin de molverhouding $HPO_4^{2-} : H_2PO_4^-$ wèl gelijk is aan 2,0 : 1,0, het NaP getal, in twee significante cijfers, af.

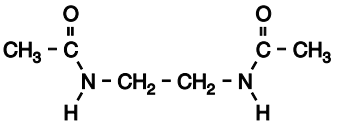
3p **21** □ Leid, met behulp van de gegevens die bij de titraties zijn verkregen, het NaP getal van de onderzochte oplossing, in twee significante cijfers, af.

Let op: de laatste vragen van dit examen staan op de volgende pagina.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Opgave 5

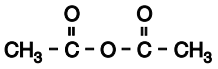
De industriële bereiding van het wasmiddelbestanddeel TAED (tetraacetylethyleendiamine) vindt plaats in een fabriek via de bereiding van het tussenproduct DAED (diacetylethyleendiamine). DAED heeft de volgende structuurformule:



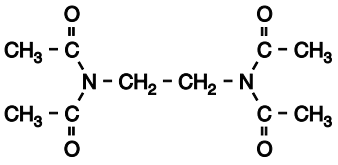
DAED wordt bij het industriële proces gevormd in een reactor waarbij een stof X met azijnzuur reageert in de molverhouding 1 : 2. Bij die reactie wordt behalve DAED uitsluitend water gevormd.

3p **22** □ Geef de structuurformule van stof X.

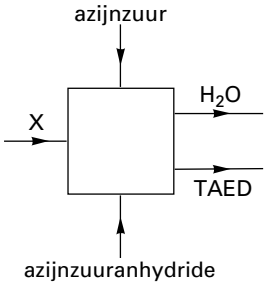
Men verwijdert het water en laat het gevormde DAED in een andere reactor in dezelfde fabriek reageren met azijnzuuranhydride. Azijnzuuranhydride heeft de volgende structuurformule:



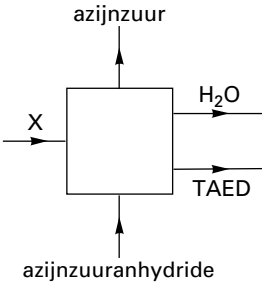
DAED en azijnzuuranhydride reageren in de molverhouding 1 : 2; daarbij ontstaan uitsluitend TAED en azijnzuur. De structuurformule van TAED is:



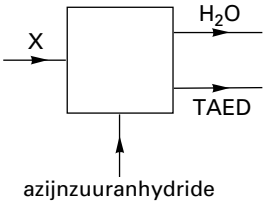
In een fabriek waarin TAED via een continu proces volgens bovengenoemde reacties gemaakt wordt, worden de stoffen zo efficiënt mogelijk gebruikt.
Eén van de onderstaande schema's geeft in de continu werkende fabriek de aan- en afvoer van stoffen weer.



schema 1



schema 2



schema 3

5p **23** □ Leg uitgaande van de gegeven molverhoudingen uit welk van deze schema's de aan- en afvoer van stoffen in de fabriek juist weergeeft.

Einde

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Scheikunde

Examen VWO

Voorbereidend
Wetenschappelijk
Onderwijs

20 00

Tijdvak 2
Woensdag 21 juni
13.30 – 16.30 uur

Als bij een vraag een verklaring, uitleg, berekening of afleiding gevraagd wordt, worden aan het antwoord meestal geen punten toegekend als deze verklaring, uitleg, berekening of afleiding ontbreekt.

Dit examen bestaat uit 24 vragen.
Voor elk vraagnummer is aangegeven hoeveel punten met een goed antwoord behaald kunnen worden.
Voor de uitwerking van vraag 16 is een bijlage toegevoegd.

Geef niet meer antwoorden (redenen, voorbeelden e.d.) dan er worden gevraagd. Als er bijvoorbeeld twee redenen worden gevraagd en je geeft meer dan twee redenen, worden alleen de eerste twee in de beoordeling meegeteld.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Opgave 1

Bij het lanceren van de Space Shuttle is zeer veel energie nodig om het gevaarte de ruimte in te krijgen. Een deel van die energie wordt opgewekt door een reactie tussen twee vaste stoffen: ammoniumperchloraat (NH_4ClO_4) en aluminium.
De bereiding van ammoniumperchloraat verloopt in een aantal stappen. Eén van die stappen is de bereiding van natriumperchloraat. Bij deze bereiding wordt in een reactievat van staal een oplossing van natriumchloraat ($NaClO_3$) geëlektrolyseerd.
De positieve elektrode is van platina. Het staal van het reactievat fungeert als negatieve elektrode. Bij deze elektrolyse wordt ClO_3^- omgezet in ClO_4^-. Tijdens de elektrolyse wordt de pH op 6,5 gehouden.

4p **1** □ Geef de vergelijking van de halfreactie voor de omzetting van ClO_3^- in ClO_4^-.
3p **2** □ Leg uit aan welke elektrode deze omzetting plaatsvindt.

Men kan de pH van een oplossing op 6,5 houden door een buffer te gebruiken.
Een buffer bestaat meestal uit een mengsel van een zwak zuur en de geconjugeerde base van dat zuur. Bij een grootschalig proces als bovengenoemde elektrolyse zal men om een buffer te maken liever geen stoffen gebruiken die lastig te hanteren zijn, zoals gassen.

4p **3** □ Leg mede met behulp van Binas tabel 49 uit, welk zuur en welke geconjugeerde base geschikt zijn om een buffer te maken met pH = 6,5. Het zuur-base-koppel moet zo gekozen zijn dat de ontstane buffer geen opgelost gas bevat.

Bij de lancering van de Space Shuttle wordt een mengsel van aluminium en ammoniumperchloraat gebruikt. De vergelijking van de reactie tussen deze stoffen is:

$$10\ Al(s) + 6\ NH_4ClO_4(s) \rightarrow 2\ AlCl_3(s) + 4\ Al_2O_3(s) + 3\ N_2(g) + 12\ H_2O(l)$$

Elke lancering van de shuttle vereist 700 ton ammoniumperchloraat (een ton is duizend kg).
Na 10 minuten is het mengsel van aluminium en ammoniumperchloraat verbruikt.
De enthalpieverandering per seconde is een maat voor het vermogen van de aandrijfraketten.

5p **4** □ Bereken, met behulp van vormingsenthalpieën, de reactie-enthalpie in Joule per mol ammoniumperchloraat. Neem hierbij aan dat de getalgegevens in Binas ook gelden bij de omstandigheden van de lancering. De vormingsenthalpie van ammoniumperchloraat bedraagt $-2{,}96 \cdot 10^5$ J mol^{-1}.
3p **5** □ Bereken, met behulp van de reactie-enthalpie, de enthalpieverandering per seconde als gedurende 10 minuten 700 ton ammoniumperchloraat op deze wijze volledig wordt omgezet.

Opgave 2

De productie van ammoniak uit de elementen wordt meestal uitgevoerd bij een hoge druk en met een ijzerverbinding als katalysator. Als in een reactor bij 200 bar en 450 °C stikstof en waterstof in een molverhouding van 1 : 3 bij elkaar worden gebracht, worden deze stoffen voor ongeveer 20% omgezet in ammoniak.

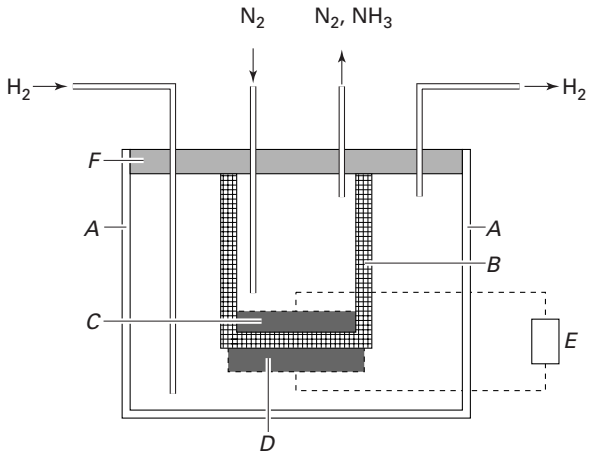
$$N_2(g) + 3\ H_2(g) \leftrightarrows 2\ NH_3(g)$$

Het werken bij hoge druk is duur, maar de opbrengst aan ammoniak is per uur groter dan bij lage druk.

4p **6** □ Geef twee oorzaken waardoor de opbrengst per uur bij hoge druk groter is dan bij lage druk.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Reeds lange tijd is men op zoek naar een goedkopere productiemethode voor ammoniak. Men probeert vooral processen te ontwikkelen die bij normale druk plaatsvinden.
Zo'n proces is onlangs op laboratoriumschaal getest. De onderstaande proefopstelling is daarbij gebruikt.



A	een glazen pot
B	een pot van een keramisch materiaal dat uitsluitend H^+ ionen doorlaat
C en D	onaantastbare poreuze elektroden
E	een gelijkstroombron die is aangesloten op de elektroden *C* en *D*
F	een deksel met vier gasdoorlaten

Bij elektrode *D* vindt de volgende reactie plaats:

$$H_2 \rightarrow 2\,H^+ + 2\,e^-$$

De H^+ ionen verplaatsen zich door het keramische materiaal heen naar elektrode *C*.
Bij elektrode *C* ontstaat uitsluitend ammoniak.

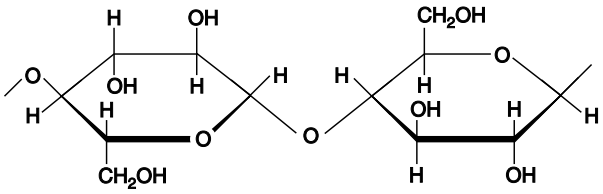
3p **7** □ Geef de vergelijking van de halfreactie van de vorming van ammoniak aan elektrode *C*.

In de opstelling wordt gedurende een lange periode in een continu proces ammoniak gevormd. De stroomsterkte is 1,5 mA (A is ampère; 1 ampère = 1 coulomb per seconde).

4p **8** □ Bereken hoeveel mol waterstofgas per seconde bij *D* wordt omgezet. Gebruik hierbij onder andere Binas tabel 7.

Opgave 3

Papier bevat cellulose, een biopolymeer van glucose. Cellulose kan worden weergegeven met de formule $(C_6H_{10}O_5)_n$. Cellulose wordt langzaam gehydrolyseerd wanneer het vochtig wordt. Door H^+ ionen wordt de hydrolyse versneld. Er ontstaan breuken in de cellulosemoleculen. Hierdoor neemt de gemiddelde waarde van n af. Het papier gaat in kwaliteit achteruit, het wordt bros en kan op den duur uit elkaar vallen.
Hieronder is een stukje uit een cellulosemolecuul in structuurformule weergegeven.



4p **9** □ Teken de structuurformules van de fragmenten die ontstaan als in dit stukje door hydrolyse een breuk optreedt.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Het in papier aanwezige zuur ontstaat voor een deel door een reactie van zwaveldioxide uit de lucht met stoffen in het papier.
Sommige papiersoorten bevatten echter zelf ook zuur. Bij de fabricage van dat papier is een oplossing van aluminiumsulfaat gebruikt. Van deze oplossing, die een pH kleiner dan 7 heeft, blijft iets in het papier achter.

3p **10** □ Geef de reactievergelijking waaruit blijkt dat een oplossing van aluminiumsulfaat een pH heeft die kleiner is dan 7.

Als de hoeveelheid zuur in het papier van een boek te hoog is, kan men dit boek ontzuren. Een verdere afbraak van het boek wordt dan voorkomen. Er is een ontzuringsproces ontwikkeld dat gebruik maakt van gasvormig di-ethylzink (DEZ): $(C_2H_5)_2Zn$. In een tank die hermetisch kan worden afgesloten, worden de boeken zo geplaatst dat het gas op het papier kan inwerken. De tank wordt vacuüm gezogen. Daarna wordt bij 25 °C gasvormig DEZ in de tank toegelaten tot de druk 0,025 bar is. De tank heeft een inhoud van 190 m^3, de boeken in de tank nemen een volume van 125 m^3 in.

4p **11** □ Bereken hoeveel kg DEZ nodig is om de tank te vullen tot 0,025 bar (298 K).
Neem hierbij aan dat tijdens het vullen van de tank het DEZ nog niet met het papier reageert.

De ontzuring door DEZ blijkt uit de volgende vergelijking:

$$(C_2H_5)_2Zn + 2\ H^+ \rightarrow Zn^{2+} + 2\ C_2H_6$$

DEZ reageert ook met water dat in het papier aanwezig is:

$$(C_2H_5)_2Zn + H_2O \rightarrow ZnO + 2\ C_2H_6$$

3p **12** □ Leg aan de hand van de twee gegeven reactievergelijkingen uit of de druk in de tank tijdens de DEZ-behandeling afneemt, gelijk blijft of toeneemt.

Het zinkoxide in het papier beschermt het papier langere tijd tegen verzuring. Het is na een DEZ-behandeling van belang om te weten hoeveel zinkoxide het papier bevat.
Een voorschrift voor de bepaling daarvan is:

> Droog één gram van het ontzuurde papier en weeg het daarna nauwkeurig af. Breng het over in een erlenmeyer van 150 mL en voeg 30,00 mL 0,100 M zoutzuur toe. Kook gedurende één minuut. Voeg 5 tot 7 druppels methylroodoplossing toe.
> Titreer het nog aanwezige zoutzuur met 0,100 M natronloog tot de oplossing geel kleurt.

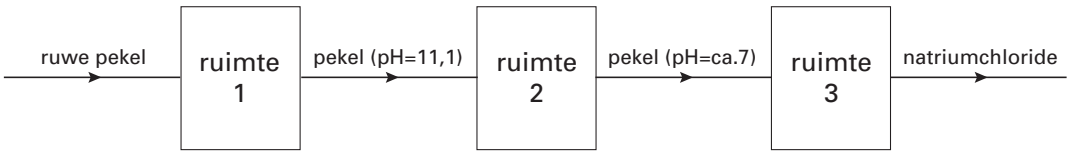
Bij een bepaling volgens dit voorschrift bleek dat voor 0,945 g gedroogd papier 25,2 mL natronloog nodig was.

6p **13** □ Bereken het massapercentage zinkoxide in dit gedroogde papier.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Opgave 4

In Twente zit in de bodem een laag steenzout die hoofdzakelijk uit natriumchloride bestaat. De winning van het steenzout en de verwerking tot zuiver natriumchloride is een complex proces.
De eerste stap in dit proces is extractie. Een buis wordt tot in het steenzout neergelaten. In deze buis wordt een smallere buis neergelaten, die dieper in de steenzoutlaag reikt. Door de ruimte tussen de beide buizen wordt water naar beneden gevoerd, waarin de oplosbare bestanddelen van het steenzout oplossen. De gevormde oplossing, die ruwe pekel wordt genoemd, gaat door de druk van het water via de binnenbuis omhoog. Bovengronds wordt deze ruwe pekel in een continu proces verder verwerkt tot zuiver natriumchloride.
Het bovengrondse verwerkingsproces kan in een blokschema worden weergegeven. In dit blokschema komen drie blokken (aangeduid met ruimte 1, ruimte 2 en ruimte 3) voor. Hieronder is dit blokschema onvolledig afgebeeld. Vrijwel alle stofstromen ontbreken.



Ruwe pekel bestaat uit water, natriumchloride en geringe hoeveelheden van diverse ionsoorten, zoals magnesiumionen (240 g m^{-3}) en sulfaationen.
In ruimte 1 wordt aan de ruwe pekel calciumoxide toegevoegd. Vrijwel alle magnesiumionen slaan als magnesiumhydroxide neer. De pH van het mengsel is dan 11,1 en de temperatuur van het mengsel is 30 °C.

5p **14** ☐ Laat door berekening zien dat in ruimte 1 minder dan 1% van de magnesiumionen die in ruwe pekel voorkomen, opgelost blijft. De waarde van het oplosbaarheidsproduct van magnesiumhydroxide bij de omstandigheden in ruimte 1 is $9{,}0 \cdot 10^{-11}$ en $pK_w = 13{,}83$.

Een deel van de toegevoegde calciumionen slaat in ruimte 1 als calciumsulfaat neer.
Na bezinking van de vaste stoffen wordt de pekel met pH = 11,1 van ruimte 1 naar ruimte 2 gepompt. Daar wordt koolstofdioxidehoudend rookgas, dat op andere plaatsen in de zoutwinningsfabriek ontstaat, doorgeleid. Door het leiden van koolstofdioxide door de pekel met pH = 11,1 treedt een reactie op waardoor de pH wordt verlaagd én de concentratie van de calciumionen wordt verlaagd, omdat calciumcarbonaat neerslaat.

3p **15** ☐ Geef de vergelijking van deze reactie waarmee zowel de pH wordt verlaagd als de concentratie van de calciumionen wordt verlaagd.

Omdat het rookgas onvoldoende koolstofdioxide bevat om alle calciumionen neer te slaan, wordt in ruimte 2 bovendien natriumcarbonaat aan de pekel met pH = 11,1 toegevoegd.
Na bezinking van de vaste stoffen wordt de nu vrijwel neutrale pekel naar ruimte 3 gepompt. Hier wordt de pekel gedeeltelijk ingedampt, zodat een groot deel van het natriumchloride kristalliseert. Dit wordt door centrifugeren afgescheiden. Er blijft een geconcentreerde oplossing over die moedervloeistof wordt genoemd. Een deel van de moedervloeistof wordt rechtstreeks teruggeleid naar ruimte 1. Het andere deel van de moedervloeistof wordt verenigd met de afvalstromen uit de ruimten 1 en 2 en teruggevoerd naar de bodem.

5p **16** ☐ Maak op de bijlage het blokschema af van de zoutwinning zoals in deze opgave staat beschreven, door het plaatsen van lijnen en pijlen. Zet bij de zelfgetekende lijnen de namen van de volgende stoffen op de juiste plaats: *calciumcarbonaat, calciumoxide, calciumsulfaat, magnesiumhydroxide, moedervloeistof, natriumcarbonaat, rookgas, waterdamp.*

Als men in ruimte 1 geen andere stof dan calciumoxide aan de ruwe pekel zou toevoegen, zou daar uitsluitend magnesiumhydroxide neerslaan. Doordat men een deel van de moedervloeistof ook naar ruimte 1 recirculeert, slaat daar ook calciumsulfaat neer.

4p **17** ☐ Leg uit waarom als gevolg van de recirculatie van de moedervloeistof naar ruimte 1 calciumsulfaat in deze ruimte neerslaat.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Opgave 5

Men gebruikt oplossingen van natriumalkanolaten in een alkanol onder andere bij de zogenoemde Williamson-reactie. Een reactie waarbij een alkoxyalkaan ontstaat door een oplossing van een alkanolaat te laten reageren met een halogeenalkaan wordt een Williamson-reactie genoemd.
Een oplossing van natriummethanolaat in methanol bevat behalve CH_3OH moleculen ook Na^+ ionen en CH_3O^- ionen. Bij de Williamson-reactie, die optreedt als men deze oplossing laat reageren met chloorethaan, reageren CH_3O^- ionen met CH_3CH_2Cl moleculen. Hierbij ontstaat methoxyethaan:

$$CH_3O^- + Cl - CH_2 - CH_3 \rightarrow CH_3 - O - CH_2 - CH_3 + Cl^-$$

Men kan methoxyethaan nog op een andere manier via een Williamson-reactie bereiden. Men moet dan andere deeltjes dan CH_3O^- en CH_3CH_2Cl met elkaar laten reageren.

4p **18** □ Geef de formules van die andere deeltjes.

Als men een oplossing van natriummethanolaat in methanol laat reageren met chloorethaan, treedt behalve de Williamson-reactie nog een andere reactie op. Bij die andere reactie ontstaat etheen:

$$CH_3O^- + Cl - CH_2 - CH_3 \rightarrow CH_3OH + CH_2 = CH_2 + Cl^-$$

Alkeenvorming kan optreden als men een oplossing van natriummethanolaat in methanol laat reageren met een chlooralkaan met minstens twee C atomen per molecuul.
Men kan zich voorstellen dat de vorming van een alkeen uit CH_3O^- en zo'n chlooralkaan verloopt volgens de volgende twee deelreacties.

Deelreactie 1: een CH_3O^- ion onttrekt aan een molecuul van het chlooralkaan een H^+ ion. Voor de levering van het H^+ ion komen alleen H atomen in aanmerking die gebonden zijn aan een C atoom *naast* het C atoom waaraan het Cl atoom gebonden is.

Deelreactie 2: van het ion dat in deelreactie 1 gevormd is, wordt een Cl^- ion afgesplitst. Hierbij ontstaat een molecuul van een alkeen.

4p **19** □ Geef de elektronenformule van het ion dat in deelreactie 1 ontstaat als aan een molecuul chloorethaan een H^+ ion wordt onttrokken. Zet de lading in de elektronenformule bij het juiste atoom.

Er zijn monochlooralkanen, met minstens twee C atomen per molecuul, waarmee geen alkeenvorming optreedt als men die laat reageren met een oplossing van natriummethanolaat in methanol.

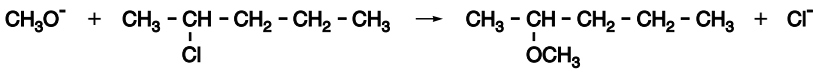
3p **20** □ Geef de structuurformule van zo'n monochlooralkaan.

Ook als men een oplossing van natriummethanolaat in methanol laat reageren met 2-chloorpentaan, $CH_3 - \underset{\underset{Cl}{|}}{CH} - CH_2 - CH_2 - CH_3$, treedt zowel de Williamson-reactie als alkeenvorming op.
Het is gebleken dat hierbij drie alkenen gevormd worden.

4p **21** □ Geef de namen van die drie alkenen.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

De Williamson-reactie die optreedt als men een oplossing van natriummethanolaat in methanol laat reageren met 2-chloorpentaan, kan als volgt in een vergelijking worden weergegeven:



Van 2-chloorpentaan bestaan twee optische isomeren, een D- en een L-isomeer. Ook van 2-methoxypentaan bestaan twee optische isomeren.
Als men uitsluitend (optisch actief) D-2-chloorpentaan met een oplossing van natriummethanolaat in methanol laat reageren, ontstaan beide optische isomeren van 2-methoxypentaan. Er blijkt dan een reactiemengsel te ontstaan waarin D-2-methoxypentaan en L-2-methoxypentaan in de molverhouding 2 : 3 aanwezig zijn.

3p **22** □ Leg uit of dit mengsel optische activiteit zal vertonen.

Men kan D-2-methoxypentaan bereiden zonder dat L-2-methoxypentaan ontstaat.
Dit kan met de Williamson-reactie, maar men moet dan uitgaan van een ander chlooralkaan dan (D-)2-chloorpentaan en een oplossing van een ander alkanolaat dan methanolaat.

3p **23** □ Geef de namen van het alkanolaat en het chlooralkaan die men met elkaar moet laten reageren via de Williamson-reactie om D-2-methoxypentaan te bereiden zonder dat L-2-methoxypentaan ontstaat.

2p **24** □ Leg uit hoe het komt dat bij de Williamson-reactie tussen deze twee soorten deeltjes geen L-2-methoxypentaan ontstaat.

Einde

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Scheikunde

Examen VWO 2000

Tijdvak 2
Woensdag 21 juni
13.30 – 16.30 uur

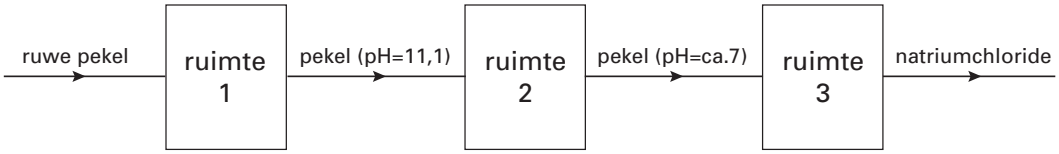
Examennummer

.....

Naam

.....

Vraag 16



Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Scheikunde

Examen VWO

Voorbereidend
Wetenschappelijk
Onderwijs

19 99

Tijdvak 1
Dinsdag 18 mei
13.30–16.30 uur

Dit examen bestaat uit 23 vragen.
Voor elk vraagnummer is aangegeven hoeveel punten met een goed antwoord behaald kunnen worden.

Als bij een vraag een verklaring, uitleg, berekening of afleiding gevraagd wordt, worden aan het antwoord meestal geen punten toegekend als deze verklaring, uitleg, berekening of afleiding ontbreekt.

Geef niet meer antwoorden (redenen, voorbeelden e.d.) dan er worden gevraagd. Als er bijvoorbeeld twee redenen worden gevraagd en je geeft meer dan twee redenen, worden alleen de eerste twee in de beoordeling meegeteld.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Opgave 1

Goud en zilver komen in de natuur onder andere voor als Au(s) en Ag(s). Meestal zitten deze metalen als een mengsel in korreltjes vast aan gesteente.
Bij de winning van goud en zilver uit deze korreltjes maakt men gebruik van een oplossing van natriumcyanide (NaCN). In deze oplossing is het natriumcyanide geïoniseerd in Na^+ ionen en CN^- ionen.
Een natriumcyanide-oplossing is basisch.

4p **1** □ Geef de vergelijking waaruit blijkt dat bij het oplossen van natriumcyanide in water een basische oplossing ontstaat.

Men maalt het gesteente en de daaraan gehechte korreltjes (met goud en zilver) fijn. Men voegt het gemalen mengsel toe aan een overmaat natriumcyanide-oplossing. Door het ontstane mengsel wordt lucht geleid. Daardoor vinden twee redoxreacties plaats. Bij de ene redoxreactie worden $Au(CN)_2^-$ ionen gevormd en bij de andere redoxreactie $Ag(CN)_2^-$ ionen.
Bij beide redoxreacties is één van de halfreacties:

$$2\ H_2O + O_2 + 4\ e^- \rightarrow 4\ OH^-$$

4p **2** □ Geef van de redoxreactie waarbij goud reageert, de vergelijking van de andere halfreactie.

Men scheidt de ontstane oplossing af van het gemalen gesteente.

2p **3** □ Geef de naam van een scheidingsmethode die hiervoor gebruikt kan worden.

Men voegt aan de verkregen oplossing een overmaat zinkpoeder toe. Daardoor treden de volgende reacties op:

$$2\ Au(CN)_2^-(aq) + Zn(s) \rightarrow 2\ Au(s) + Zn(CN)_4^{2-}(aq) \qquad \text{(reactie 1)}$$

$$2\ Ag(CN)_2^-(aq) + Zn(s) \rightarrow 2\ Ag(s) + Zn(CN)_4^{2-}(aq) \qquad \text{(reactie 2)}$$

Men scheidt vervolgens een mengsel van goud, zilver en overgebleven zink af.
Om uit het verkregen mengsel van de metalen het zink te verwijderen, zonder het goud en het zilver aan te tasten, wordt aan het mengsel een oplossing van een zuur toegevoegd.
Men gebruikt voor dit scheidingsproces een oplossing van zwavelzuur. Daarbij treedt uitsluitend de volgende reactie op:

$$Zn(s) + 2\ H^+(aq) \rightarrow Zn^{2+}(aq) + H_2(g)$$

Een oplossing van salpeterzuur is niet geschikt voor dit scheidingsproces omdat in dat geval behalve het zink ook het zilver reageert.

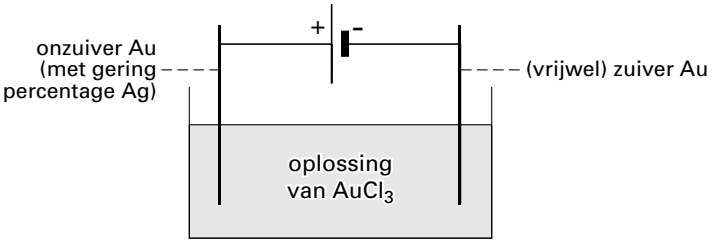
4p **4** □ Geef aan de hand van getalwaarden uit Binas aan op grond waarvan verwacht mag worden dat een oplossing van salpeterzuur reageert met zilver.

Men kan uit het verkregen mengsel van goud en zilver zuiver goud bereiden.
Zuiver goud is echter te zacht om sieraden van te maken. Het wordt daarom gemengd met andere metalen, vaak met koper. Het goudgehalte van sieraden wordt weergegeven in karaat.
Eén karaat komt overeen met 1/24 massadeel goud; 24 karaats goud is zuiver goud. Voor sieraden wordt veelal 18 karaats goud gebruikt.
Een leerling draagt een oorringetje van 18 karaats goud. Behalve goud bevat het oorringetje alleen koper. De leerling zegt dat zijn oorringetje meer goudatomen bevat dan koperatomen.

4p **5** □ Laat met een berekening zien of de leerling gelijk heeft.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Voor toepassingen in de elektronica is goud nodig met een zeer hoge zuiverheid. Om dit vrijwel zuivere goud te bereiden maakt men gebruik van een elektrolyse-opstelling die hieronder schematisch is weergegeven.



De positieve elektrode bestaat uit goud met een gering percentage zilver. De negatieve elektrode bestaat reeds uit (vrijwel) zuiver goud. Tijdens de elektrolyse slaat (vrijwel) zuiver goud neer op de negatieve elektrode.
De gebruikte elektrolytoplossing is een (aangezuurde) oplossing van goud(III)chloride ($AuCl_3$).
De halfreacties die bij de elektrolyse aan de elektroden optreden, kan men als volgt weergeven.

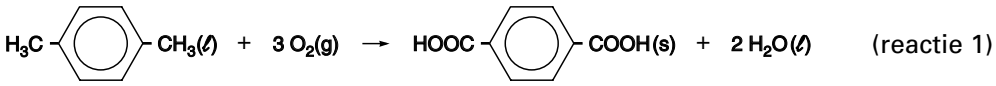
Positieve elektrode: $Au(s) \rightarrow Au^{3+}(aq) + 3\ e^-$
en
$Ag(s) + Cl^-(aq) \rightarrow AgCl(s) + e^-$

Negatieve elektrode: $Au^{3+}(aq) + 3\ e^- \rightarrow Au(s)$

5p **6** □ Leg uit of de hoeveelheid goud die in een minuut aan de positieve elektrode reageert groter is dan, kleiner is dan of gelijk is aan de hoeveelheid goud die in diezelfde minuut aan de negatieve elektrode ontstaat.

Opgave 2

Eén van de bekendste kunststoffen is PET (polyethyleentereftalaat). Dit polymeer wordt onder andere toegepast bij het vervaardigen van frisdrankflessen en het vervaardigen van kleding.
Eén van de grondstoffen die gebruikt worden bij de bereiding van PET is 1,4-benzeendicarbonzuur. Deze stof wordt in de industrie bereid uit 1,4-dimethylbenzeen en zuurstof.
Onder invloed van een katalysator vindt hierbij in een reactor de volgende reactie plaats:



(reactie 1)

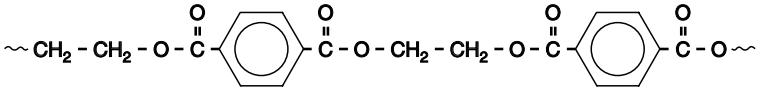
Van al het 1,4-dimethylbenzeen dat in de reactor wordt geleid, wordt 95,0% volgens reactie 1 omgezet; 3,00% wordt volledig verbrand en 2,00% reageert niet. Omdat in de reactor warmte wordt ontwikkeld moet de reactor voortdurend gekoeld worden.
Men kan met behulp van verbrandingsenthalpieën uitrekenen hoeveel joule vrijkomt per kg ingeleid 1,4-dimethylbenzeen. Onder de verbrandingsenthalpie van een stof verstaat men de enthalpieverandering die optreedt bij verbranding (met O_2) van 1 mol van die stof ($p = p_o$ en $T = 298$ K) onder vorming van $CO_2(g)$ en $H_2O(l)$.
De verbrandingsenthalpie van 1,4-dimethylbenzeen bedraagt $-4{,}56 \cdot 10^6$ J mol^{-1} ($p = p_o$ en $T = 298$ K); de verbrandingsenthalpie van 1,4-benzeendicarbonzuur bedraagt $-3{,}19 \cdot 10^6$ J mol^{-1} ($p = p_o$ en $T = 298$ K).

3p **7** □ Bereken met behulp van deze gegevens de enthalpieverandering ΔH van reactie 1 in joule per mol 1,4-dimethylbenzeen ($p = p_o$ en $T = 298$ K).

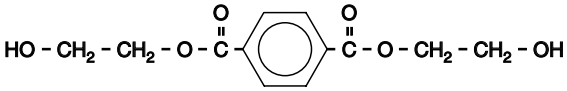
5p **8** □ Bereken hoeveel joule in de reactor vrijkomt per kg ingeleid 1,4-dimethylbenzeen ($p = p_o$ en $T = 298$ K).

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Om PET te maken laat men het 1,4-benzeendicarbonzuur reageren met 1,2-ethaandiol ($HO - CH_2 - CH_2 - OH$). Daarbij worden de moleculen 1,4-benzeendicarbonzuur en 1,2-ethaandiol uitsluitend om en om aan elkaar gekoppeld. Hieronder volgt een gedeelte uit het midden van een molecuul PET:



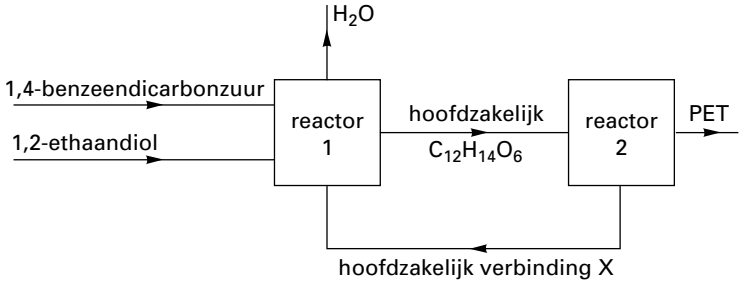
De uiteinden van een PET molecuul kunnen een C_2H_4OH groep of een COOH groep zijn. In de industrie wordt PET bereid via een continu proces met twee reactoren (reactor 1 en reactor 2). In reactor 1 worden 1,4-benzeendicarbonzuur en 1,2-ethaandiol ingeleid.
Bij het reageren van deze twee verbindingen in reactor 1 ontstaat onder andere een verbinding met de molecuulformule $C_{12}H_{14}O_6$. Deze verbinding heeft de volgende structuurformule:



Behalve deze verbinding ontstaat in reactor 1 ook onder andere een kleine hoeveelheid van een verbinding met de molecuulformule $C_{20}H_{18}O_9$.

4p **9** □ Geef de structuurformule van de verbinding met de molecuulformule $C_{20}H_{18}O_9$ die in reactor 1 ontstaat.

Hieronder is de continue bereiding van PET via het proces met de twee reactoren schematisch weergegeven.



In reactor 2 treedt hoofzakelijk een reactie op waarbij uit de genoemde verbinding $C_{12}H_{14}O_6$ het polymeer PET en een verbinding X ontstaat.

4p **10** □ Geef de naam van verbinding X.

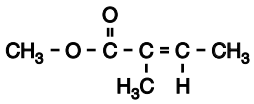
PET dat in frisdrankflessen zit, wordt wel 'flessen-PET' genoemd en PET dat in kleding is verwerkt, noemt men wel 'kleding-PET'. In beide soorten PET zijn bij de bereiding de moleculen 1,4-benzeendicarbonzuur en 1,2-ethaandiol om en om aan elkaar gekoppeld. In beide soorten PET moleculen komen zo weinig COOH (eind)groepen voor dat hun aantal verwaarloosd mag worden ten opzichte van het aantal C_2H_4OH (eind)groepen. De moleculen van 'flessen-PET' zijn gemiddeld aanzienlijk langer dan de moleculen van 'kleding-PET'.

4p **11** □ Leg aan de hand van bovenstaande gegevens uit of het aantal mol 1,2-ethaandiol dat per mol 1,4-benzeendicarbonzuur verbruikt wordt bij de bereiding van 'flessen-PET' groter is dan, kleiner is dan of gelijk is aan het aantal mol 1,2-ethaandiol dat per mol 1,4-benzeendicarbonzuur verbruikt wordt bij de bereiding van 'kleding-PET'.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl. Pagina: 1026

Opgave 3

Tussen methanol, koolstofmonooxide en 2-butyn kan onder invloed van een katalysator een additiereactie plaatsvinden. Daarbij ontstaat een verbinding met de volgende structuurformule:



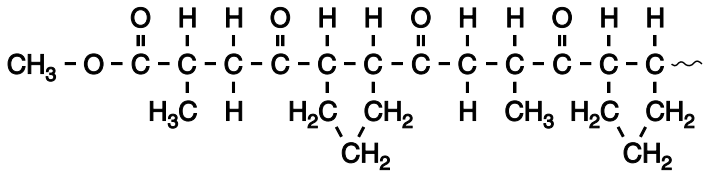
Deze verbinding is een ester.
Men kan de naam van een ester omschrijven. Zo kan men ethylethanoaat omschrijven als de ester van ethanol en ethaanzuur.

4p **12** □ Geef op dezelfde manier de omschrijving van de naam van de verbinding met de bovenstaande structuurformule.

Er bestaan twee verbindingen met de bovenstaande structuurformule. De moleculen van deze twee verbindingen verschillen onderling slechts in hun ruimtelijke structuur.

4p **13** □ Geef de structuurformules van deze twee verbindingen zodanig weer dat daaruit duidelijk blijkt in welk opzicht de posities van atomen en/of atoomgroepen in de molecuulstructuren van deze verbindingen van elkaar verschillen.

Methanol en koolstofmonooxide kunnen ook met andere koolwaterstoffen dan 2-butyn additiereacties geven. Onder bepaalde omstandigheden kunnen daarbij (additie)polymeren gevormd worden.
Bij een reactie tussen methanol, koolstofmonooxide en twee koolwaterstoffen X en Y ontstaat in aanwezigheid van een geschikte katalysator een additiepolymeer. Dit polymeer kan met de formule $CH_3O(C_{10}H_{14}O_2)_n H$ worden weergegeven. Hieronder is een deel van de structuurformule van dit additiepolymeer gegeven:

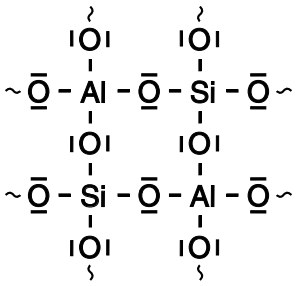


4p **14** □ Geef de structuurformules van de koolwaterstoffen X en Y die voor het maken van dit additiepolymeer zijn gebruikt.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Opgave 4

Wasmiddelen bevatten voor de ontharding van leidingwater onder andere zeolieten. Deze vaste, slecht oplosbare stoffen zijn natriumaluminiumsilicaten.
In een publicatie over zeolieten wordt het volgende model afgebeeld van een fragment van het kristalrooster van een zeoliet. Uit dit fragment zijn de Na^+ ionen weggelaten.



In dit model zijn de bindingen voorgesteld als covalente bindingen (atoombindingen). De consequentie van de aanname dat de bindingen tussen Al en O covalent zijn, is dat in dit model een negatieve lading op Al geplaatst moet worden.

4p **15** □ Leid uitgaande van de bovenstaande elektronenformule af hoe groot de negatieve lading is die op elke Al geplaatst moet worden.

De kristallen van een zeoliet bevatten holten die via openingen bereikt kunnen worden door moleculen en/of ionen. De Na^+ ionen van een zeoliet bevinden zich in die holten. Het zeoliet vermindert de hardheid van leidingwater doordat de Na^+ ionen uitgewisseld worden tegen Ca^{2+} ionen en Mg^{2+} ionen uit het leidingwater. Voor elk Ca^{2+} ion of Mg^{2+} ion dat via de openingen in de zeolietstructuur naar binnen gaat, komen steeds twee Na^+ ionen via de openingen naar buiten en gaan in oplossing.
Een bepaald wasmiddel bevat 30 massaprocent van een zeoliet met de verhoudingsformule $Na_4Al_4Si_4O_{16}.9H_2O$.
Voor een wasbeurt met 10 liter leidingwater dat in totaal $1{,}5 \cdot 10^{-2}$ mol Ca^{2+} + Mg^{2+} bevat, wordt 90 gram van dit wasmiddel gebruikt.
De massa van een mol van het zeoliet bedraagt $7{,}3 \cdot 10^2$ g.

5p **16** □ Bereken hoeveel procent van de Na^+ ionen uit het zeoliet bij bovengenoemde wasbeurt uitgewisseld wordt tegen Ca^{2+} ionen + Mg^{2+} ionen. Neem hierbij aan dat alle Ca^{2+} ionen en Mg^{2+} ionen uit de 10 liter water worden uitgewisseld.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

In werkelijkheid worden niet alle Ca^{2+} en Mg^{2+} uit het leidingwater uitgewisseld. Als het zeoliet wordt geschud met hard water, stellen zich snel evenwichten in die als volgt kunnen worden weergegeven:

$2\ Na^{+}_{zeoliet}(s) + Ca^{2+}(aq) \rightleftarrows 2\ Na^{+}(aq) + Ca^{2+}_{zeoliet}(s)$ (evenwicht 1)

$2\ Na^{+}_{zeoliet}(s) + Mg^{2+}(aq) \rightleftarrows 2\ Na^{+}(aq) + Mg^{2+}_{zeoliet}(s)$ (evenwicht 2)

Een leerling krijgt de opdracht om na te gaan welk van de evenwichten 1 of 2 onder dezelfde omstandigheden het meest rechts ligt. Hij moet dus nagaan welke van de ionsoorten Ca^{2+} of Mg^{2+} beter uitgewisseld wordt tegen de Na^{+} ionen van het zeoliet. De leerling probeert een antwoord op deze vraag te vinden in de schoolbibliotheek. Hij vindt in een boek dat de grootte van de openingen in het zeoliet zodanig is dat $Ca^{2+}(aq)$ ionen en $Mg^{2+}(aq)$ ionen de openingen niet kunnen passeren. In het boek staat verder dat van een $Ca^{2+}(aq)$ ion en een $Mg^{2+}(aq)$ ion eerst de watermantel verwijderd moet worden voordat de ionen de openingen in het zeoliet kunnen passeren.
Voor het verwijderen van de watermantel is bij een Ca^{2+} ion minder energie nodig dan bij een Mg^{2+} ion.

3p **17** □ Geef uit Binas de getalwaarden waaruit blijkt dat voor het verwijderen van de watermantel bij een $Ca^{2+}(aq)$ ion minder energie nodig is dan bij een $Mg^{2+}(aq)$ ion. Vermeld ook de eenheden bij die getalwaarden.

De leerling vindt in de schoolbibliotheek te weinig gegevens om antwoord te kunnen geven op de vraag welk van de evenwichten 1 en 2 het meest rechts ligt. Hij besluit daarom een onderzoek te doen.
De leerling voert het onderzoek als volgt uit.

- Hij doet in twee erlenmeyers gelijke hoeveelheden van het zeoliet.
- Hij voegt aan het zeoliet in de ene erlenmeyer 25,0 ml 0,100 M calciumchloride-oplossing toe.
- Hij voegt aan het zeoliet in de andere erlenmeyer 25,0 ml 0,100 M magnesiumchloride-oplossing toe.
- Hij schudt de beide erlenmeyers goed.
- Hij filtreert de beide mengsels en vangt de filtraten afzonderlijk op.
- Hij titreert elk van de filtraten. Hij gebruikt daarvoor een oplossing van een bepaald natriumzout.

Bij de titraties reageren de negatieve ionen van dit natriumzout met deeltjes uit de beide filtraten. Van deze deeltjes worden op deze manier de concentraties bepaald.
De reden dat de leerling filtreert, heeft niets te maken met het goed of slecht kunnen waarnemen van het eindpunt van de titraties. Als de leerling niet zou hebben gefiltreerd, zou hij verkeerde titratie-uitkomsten hebben verkregen.

2p **18** □ Geef de formules van de deeltjes waarvan de leerling bij de titraties de concentraties bepaalt.

4p **19** □ Leg uit hoe verklaard moet worden dat de leerling verkeerde titratie-uitkomsten zou hebben verkregen als hij niet gefiltreerd zou hebben.

Let op: de laatste vragen van dit examen staan op de volgende pagina.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Opgave 5

Eén van de soorten Cola die verkrijgbaar zijn, noemt men Coke. Coke is een oplossing die onder andere fosforzuur bevat. In Coke hebben zich onder andere de volgende evenwichten ingesteld:

$H_3PO_4 + H_2O \rightleftarrows H_3O^+ + H_2PO_4^-$ (evenwicht 1)
$H_2PO_4^- + H_2O \rightleftarrows H_3O^+ + HPO_4^{2-}$ (evenwicht 2)
$HPO_4^{2-} + H_2O \rightleftarrows H_3O^+ + PO_4^{3-}$ (evenwicht 3)

De hoeveelheid H_3O^+ die in de Coke door het optreden van de evenwichten 2 en 3 is ontstaan, is verwaarloosbaar klein ten opzichte van de hoeveelheid H_3O^+ die door evenwicht 1 is ontstaan. De $[H_3O^+]$ in Coke wordt vrijwel geheel door evenwicht 1 bepaald.
Bij een meting bleek de pH van een bepaald merk Coke 2,41 te zijn (298 K).
Met behulp van deze pH waarde kan men berekenen hoeveel gram fosforzuur men moet toevoegen om 1,0 liter van deze Coke te maken.

5p **20** □ Bereken hoeveel gram fosforzuur men moet toevoegen om 1,0 liter Coke met een pH = 2,41 te maken.

De $[PO_4^{3-}]$ in Coke is zeer klein. Men kan $[PO_4^{3-}]$ in Coke berekenen als de pH van de Coke bekend is. Als aangenomen wordt dat $[H_3O^+]$ in de Coke alleen door evenwicht 1 wordt bepaald, kan men namelijk afleiden dat in de Coke de volgende betrekking geldt:

$$[PO_4^{3-}] = \frac{(K_z \text{ van } H_2PO_4^-) \times (K_z \text{ van } HPO_4^{2-})}{[H_3O^+]}$$

4p **21** □ Leid deze betrekking af, onder andere met behulp van de evenwichtsvoorwaarden van de evenwichten 2 en 3.

Ondanks de zeer kleine $[PO_4^{3-}]$ kunnen fosfaationen uit Coke toch met bepaalde metaalionen worden neergeslagen. Zo ontstaat bij toevoeging van een oplossing van lanthaan(III)nitraat ($La(NO_3)_3$) aan Coke een neerslag van het zeer slecht oplosbare lanthaan(III)fosfaat ($LaPO_4$).
In een verzadigde oplossing van $LaPO_4$ geldt bij 298 K:

$[La^{3+}][PO_4^{3-}] = 4{,}0 \cdot 10^{-23}$

4p **22** □ Laat met een berekening zien dat bij menging van 50 ml Coke en 50 ml 0,10 M lanthaan(III)nitraatoplossing bij 298 K een neerslag van $LaPO_4$ zal ontstaan. Ga er daarbij vanuit dat de pH van de oplossing, op het moment dat het neerslag begint te ontstaan, 2,64 bedraagt.

Van de slechte oplosbaarheid van $LaPO_4$ wordt gebruik gemaakt bij één van de manieren om door titratie met natronloog de hoeveelheid fosforzuur in een frisdrank te bepalen. Nadat men eerst door koken het opgeloste koolstofdioxide uit een hoeveelheid frisdrank heeft verwijderd, voegt men een overmaat opgelost $La(NO_3)_3$ toe. Door het ontstaan van $LaPO_4$ lopen de evenwichten 3, 2 en 1 volledig naar rechts af. Vervolgens bepaalt men door titratie met natronloog de dan aanwezige hoeveelheid H_3O^+.
Men heeft de bovenbeschreven bepaling uitgevoerd met een Cola-soort die werd bereid met een andere hoeveelheid fosforzuur dan bij Coke.
Aan 50,0 ml van deze andere Cola-soort werd, na enige tijd koken, 50,0 ml van een 0,10 M $La(NO_3)_3$ oplossing toegevoegd.
Het mengsel werd met 0,100 M natronloog getitreerd. Het eindpunt van de titratie was bereikt toen men 7,80 ml natronloog had toegevoegd.

4p **23** □ Bereken hoeveel mmol fosforzuur men bij de bereiding van 1,00 liter van deze Cola-soort heeft gebruikt.

Einde

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl. Pagina: 1030

Scheikunde

Examen VWO

Voorbereidend
Wetenschappelijk
Onderwijs

19 99

Tijdvak 2
Dinsdag 22 juni
13.30–16.30 uur

Dit examen bestaat uit 25 vragen.
Voor elk vraagnummer is aangegeven hoeveel punten met een goed antwoord behaald kunnen worden.

Als bij een vraag een verklaring, uitleg, berekening of afleiding gevraagd wordt, worden aan het antwoord meestal geen punten toegekend als deze verklaring, uitleg, berekening of afleiding ontbreekt.

Geef niet meer antwoorden (redenen, voorbeelden e.d.) dan er worden gevraagd. Als er bijvoorbeeld twee redenen worden gevraagd en je geeft meer dan twee redenen, worden alleen de eerste twee in de beoordeling meegeteld.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Opgave 1

Pyridine (C_5H_5N) is een bekend oplosmiddel. Pyridine bestaat uit cyclische moleculen; de vijf koolstofatomen en het stikstofatoom in een molecuul pyridine vormen een zesring. In deze zesring blijken alle bindingen tussen de koolstofatomen even lang te zijn. Ook de twee bindingen tussen het stikstofatoom en de twee aangrenzende koolstofatomen hebben een gelijke lengte.
Deze gelijke bindingslengtes zijn te verklaren met mesomerie.

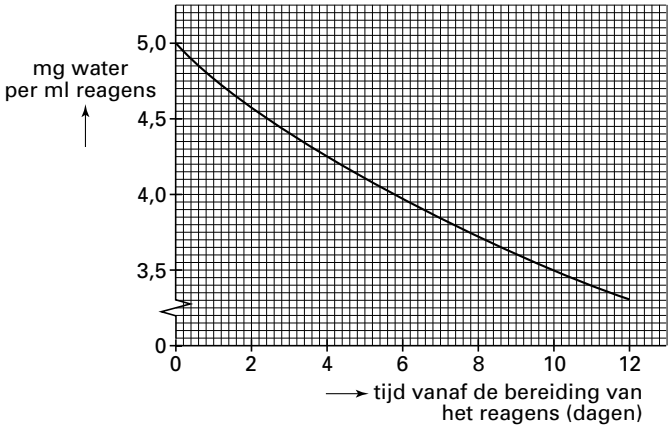
4p **1** ☐ Geef de twee grensstructuren (elektronenformules) van pyridine.

Pyridine is één van de oplosmiddelen in het zogenoemde Karlfischerreagens. Dit reagens wordt gebruikt voor de bepaling van het watergehalte in mengsels. Het Karlfischerreagens bestaat uit de stoffen jood en zwaveldioxide, beide opgelost in een mengsel van methanol en pyridine.
Als het Karlfischerreagens in contact komt met water, treedt een reactie op tussen jood, zwaveldioxide en water. Bij deze redoxreactie is de molverhouding waarin jood, zwaveldioxide en water met elkaar reageren, gelijk aan 1,0 : 1,0 : 1,0. Uit deze verhouding blijkt dat de vergelijking van deze redoxreactie een andere is dan die van de redoxreactie die optreedt als zwaveldioxide wordt geleid in een oplossing van jood in water.

3p **2** ☐ Geef van de reactie die optreedt als zwaveldioxide wordt geleid in een oplossing van jood in water de vergelijkingen van de beide halfreacties en leid daaruit de vergelijking van de totale reactie af.

Het Karlfischerreagens is niet stabiel; het aantal mg water dat per ml van het reagens kan reageren, neemt af in de tijd. Deze afname is in onderstaand diagram weergegeven.

diagram



Aangenomen mag worden dat de genoemde afname uitsluitend wordt veroorzaakt door een daling van het joodgehalte van het Karlfischerreagens.

4p **3** ☐ Bereken de gemiddelde reactiesnelheid, uitgedrukt in mol I_2 per liter per seconde, waarmee het jood in het reagens in de eerste 10 dagen wordt omgezet.

Omdat het Karlfischerreagens niet stabiel is, wordt de molariteit van het reagens niet op de fles vermeld. De bepaling van het watergehalte in een mengsel met behulp van het Karlfischerreagens wordt zodanig uitgevoerd dat bij de berekening de molariteit van het reagens niet bekend hoeft te zijn. Daartoe wordt gebruik gemaakt van een zogenoemde ijkoplossing. Deze ijkoplossing, een mengsel van water en methanol, heeft een bekend watergehalte.
Het Karlfischerreagens wordt, in combinatie met een ijkoplossing, toegepast bij de bepaling van het watergehalte in meel. Zo'n bepaling gaat als volgt.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Een afgewogen hoeveelheid meel wordt gedurende enige tijd geschud met watervrije methanol. Het water in het meel lost op in de methanol. Het ontstane extract wordt getitreerd met het Karlfischerreagens. Direct daarna wordt een afgemeten hoeveelheid van de ijkoplossing getitreerd met hetzelfde Karlfischerreagens.
Bij de uitvoering van bovengenoemde bepaling aan een bepaalde meelsoort werden de volgende gegevens verkregen:

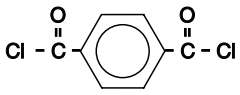
- de afgewogen hoeveelheid meel: 4,72 gram;
- nodig voor de titratie van het extract: 30,5 ml Karlfischerreagens;
- watergehalte van de ijkoplossing: 15,0 gram per liter;
- nodig voor de titratie van 10,0 ml van de ijkoplossing: 33,2 ml Karlfischerreagens.

4p **4** □ Bereken het massapercentage water in het onderzochte meel.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Opgave 2

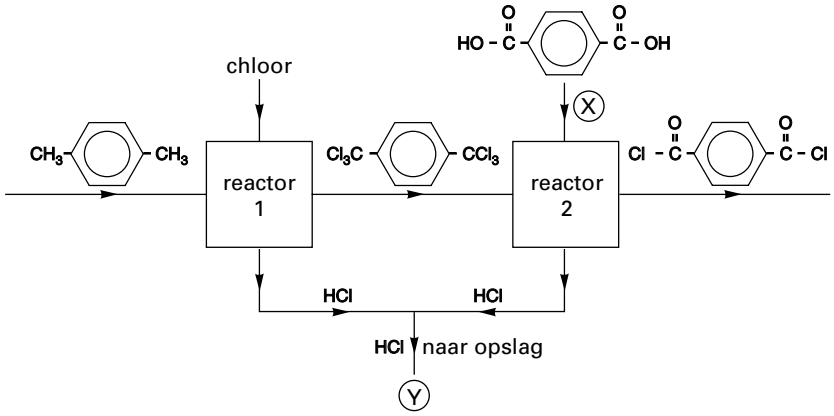
Bepaalde voorwerpen die meestal van staal werden gemaakt, zoals bijvoorbeeld scheepskabels, worden tegenwoordig ook wel van zogenoemde supersterke vezels gemaakt. Een voorbeeld van een supersterke vezel is Twaron. Twaron wordt gemaakt uit een zogenoemd aramidepolymeer. Voor de bereiding van dit aramidepolymeer heeft men twee monomeren nodig, een monomeer A en een monomeer B. De structuurformule van monomeer A is:



monomeer A

Voor de industriële bereiding van monomeer A gaat men uit van twee koolstofverbindingen. Het industriële proces kan als volgt in een blokschema worden weergegeven:

blokschema



3p **5** □ Geef de systematische naam van de koolstofverbinding waarvan de structuurformule bij X (zie blokschema) is weergegeven.

Men bereidt 1000 mol van monomeer A door een juiste hoeveelheid koolstofverbinding in reactor 1 volledig om te zetten en de hoeveelheid gechloreerde koolstofverbinding die daarbij ontstaat vervolgens in reactor 2 volledig om te zetten.
Zowel in reactor 1 als in reactor 2 ontstaat waterstofchloridegas als enig bijproduct.

3p **6** □ Geef de vergelijking van de reactie die verloopt in reactor 2. Schrijf de koolstofverbindingen in die reactievergelijking in structuurformules.

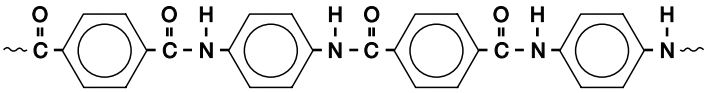
4p **7** □ Leid af hoeveel mol waterstofchloride in totaal via Y (zie blokschema) naar de opslag wordt afgevoerd als volgens bovengenoemde beschrijving 1000 mol van monomeer A wordt bereid.

Voor de opslag van waterstofchloridegas zou, onder normale temperatuur en druk, een opslagvat met een zeer groot volume nodig zijn. Door het gas in water op te lossen kan worden volstaan met een kleiner volume.

2p **8** □ Bereken hoeveel liter oplossing ontstaat uit 1,00 m^3 waterstofchloridegas ($T = 298$ K, $p = p_o$) als het gas in water wordt opgelost tot zoutzuur ($T = 298$ K) met een massapercentage van 36,0%.
Gebruik hierbij onder andere een gegeven uit Binas tabel 42 A.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Het ontstane monomeer A wordt vervolgens samen met een monomeer B opgelost. Bij de polymerisatie die dan optreedt, reageren de monomeren A en B in de molverhouding 1,0 : 1,0. Naast het aramidepolymeer ontstaat uitsluitend waterstofchloride.
Een gedeelte uit het midden van een molecuul van het aramidepolymeer kan als volgt worden weergegeven:



3p **9** □ Geef de structuurformule van monomeer B.

Bij de polymerisatie van de monomeren A en B wordt een reactor gevuld met $1{,}5 \cdot 10^3$ liter oplossing van de monomeren A en B. De concentratie van elk van de monomeren is 0,41 mol l^{-1}.

4p **10** □ Bereken hoeveel kg van het aramidepolymeer in de reactor wordt gevormd als de monomeren volledig zijn omgezet in het polymeer.

Opgave 3

Suikerbieten bevatten een hoog percentage sacharose (suiker). In een suikerfabriek wordt door een combinatie van een groot aantal bewerkingen, zoals scheidingsmethoden en chemische reacties, zuivere sacharose gemaakt uit suikerbieten. Een suikerfabriek bestaat uit een aantal 'eenheden'. In één van die eenheden worden calciumoxide en koolstofdioxide gemaakt. Deze beide stoffen worden gebruikt bij de zuivering van de sacharose.
In de genoemde eenheid vinden de volgende twee reacties plaats:

$CaCO_3(s)$	$\rightarrow CaO(s) + CO_2(g)$	reactie 1
$C(s) + O_2(g)$	$\rightarrow CO_2(g)$	reactie 2

Reactie 1 is endotherm; de benodigde energie wordt geleverd door reactie 2.

2p **11** □ Bereken van reactie 1 de enthalpieverandering in joule per mol $CaCO_3$ ($T = 298$ K, $p = p_o$).
3p **12** □ Bereken hoeveel mol CO_2 in totaal zal ontstaan bij de productie van 1,0 mol CaO. Neem hierbij aan dat 55% van de warmte die bij reactie 2 vrijkomt ($T = 298$ K, $p = p_o$), wordt benut om reactie 1 te laten verlopen.

Het calciumoxide wordt vervolgens aan water toegevoegd. Hierdoor ontstaat een suspensie van calciumhydroxide. Deze suspensie wordt kalkmelk genoemd. In kalkmelk heeft zich het volgende evenwicht ingesteld:

$$Ca(OH)_2(s) \rightleftarrows Ca^{2+}(aq) + 2\ OH^-(aq)$$

4p **13** □ Bereken de pH van kalkmelk ($T = 298$ K). Maak hierbij onder andere gebruik van Binas tabel 46.

In een andere eenheid van de suikerfabriek worden de suikerbieten zodanig voorbewerkt dat daarna extractie met heet water kan plaatsvinden. De voorbewerking bestaat uit een aantal stappen, zoals het schoonspoelen en verwijdering van aarde en stenen. Tot slot zullen de suikerbieten, voordat extractie plaatsvindt, nog een bewerking ondergaan.

2p **14** □ Geef aan welke bewerking dat zal zijn.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Door extractie, gevolgd door filtratie, wordt een oplossing verkregen die ruwsap wordt genoemd. Dit ruwsap bevat naast sacharose ook opgeloste zouten. Zie onderstaande tabel.

tabel

ionen die in ruwsap voorkomen	
K^+	HPO_4^{2-}
Na^+	$H_2PO_4^-$
Mg^{2+}	SO_4^{2-}
Ca^{2+}	Cl^-
	NO_3^-

Als volgende stap in het zuiveringsproces voegt men in een reactor kalkmelk aan het ruwsap toe. Hierdoor treden reacties op die leiden tot het ontstaan van neerslagen van zouten die volgens Binas tabel 45 A matig of slecht oplosbaar zijn.
De ontstane suspensie bevat dan een aantal vaste zouten. Naast het vaste calciumhydroxide dat na de reacties is overgebleven, zal de suspensie onder andere calciumfosfaat bevatten.

3p **15** □ Leg uit hoe het ontstaan van calciumfosfaat kan worden verklaard.
3p **16** □ Geef de namen van drie zouten die naast de twee genoemde zouten kunnen neerslaan.

Vervolgens wordt de suspensie in een andere reactor geleid. In deze reactor wordt zowel het vaste als het opgeloste calciumhydroxide grotendeels omgezet in calciumcarbonaat door koolstofdioxide in te leiden. Daarna worden de vaste stoffen door filtratie verwijderd en als afval afgevoerd.
De $[Ca^{2+}]$ en de $[OH^-]$ in het filtraat zijn dan nog te hoog. Daarom wordt in een volgende reactor in de vloeistof nog een keer koolstofdioxide ingeleid; ook dan ontstaat (vast) calciumcarbonaat. De toediening van koolstofdioxide in deze laatste reactor moet zo lang plaatsvinden dat een maximale hoeveelheid vaste stof ontstaat. Als de toediening van het koolstofdioxide te lang zou plaatsvinden, zou door het optreden van een reactie tussen koolstofdioxide en stoffen in de suspensie, de hoeveelheid vaste stof weer afnemen.

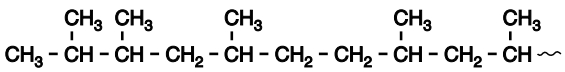
3p **17** □ Geef de vergelijking van deze reactie tussen koolstofdioxide en stoffen in de suspensie.

De suspensie die in de laatste reactor is ontstaan, wordt gefiltreerd. Het residu wordt als afval afgevoerd. Het filtraat, het zogenoemde dunsap, is geschikt voor de uiteindelijke winning van sacharose.
De productie van dunsap uit ruwsap is weer te geven in een blokschema waarin vijf ruimten zijn getekend: drie reactoren en twee scheidingsruimten.

5p **18** □ Teken het blokschema van de productie van dunsap uit ruwsap. Geef hierin aan:
- een reactor als een blok met daarin R en een scheidingsruimte als een blok met daarin S;
- de stofstromen als lijnen en pijlen;
- bij de juiste stofstromen de aanduidingen: ruwsap, dunsap, kalkmelk, koolstofdioxide en afval.

Opgave 4

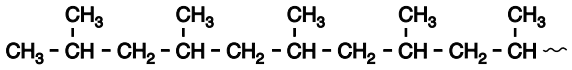
Polypropeenmoleculen kunnen verschillende structuren hebben. Van een mogelijke structuur is hieronder het begin van de keten weergegeven (structuur A):



structuur A

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

Structuur A ontstaat doordat aanhechting van een propeenmolecuul aan de groeiende polymeerketen soms plaatsvindt met het eerste koolstofatoom van het propeenmolecuul en soms met het tweede koolstofatoom.
Het is ook mogelijk polypropeenmoleculen te maken met een regelmatigere structuur. Van zo'n regelmatigere structuur is hieronder het begin van de keten weergegeven (structuur B):



structuur B

Structuur B ontstaat doordat aanhechting van een propeenmolecuul aan de groeiende polymeerketen steeds plaatsvindt met het eerste koolstofatoom van het propeenmolecuul. Polypropeenmoleculen met een structuur zoals structuur B kunnen gemaakt worden met behulp van zogenoemde structuurspecifieke katalysatoren. Structuur B wordt in de praktijk gemaakt door de polymerisatie uit te voeren met een bepaald zuur als katalysator. In de initiatiestap van de optredende kettingreactie ontstaat uit een propeenmolecuul en een H^+ ion een $C_3H_7^+$ ion. In het ontstane ion zit de positieve lading op het middelste koolstofatoom.
In de eerste propagatiestap hecht een molecuul C_3H_6 zich in een voorkeursoriëntatie aan het $C_3H_7^+$ ion. Ook in de volgende propagatiestappen vindt aanhechting in deze voorkeursoriëntatie plaats.

6p **19** □ Geef van deze kettingreactie, die leidt tot structuur B, de vergelijking van de initiatiestap en de vergelijkingen van de twee daarop volgende propagatiestappen in structuurformules weer.

Hoewel structuur B een regelmatigere structuur is dan structuur A, kan bij het ontstaan van structuur B toch een bepaalde onregelmatigheid optreden. Deze onregelmatigheid hangt samen met stereo-isomerie: doordat bij de aanhechting van propeenmoleculen asymmetrische koolstofatomen in de keten ontstaan, zijn er voor de ruimtelijke oriëntatie van de CH_3 groepen aan de keten steeds twee mogelijkheden.
Bij de hierboven beschreven vorming van structuur B blijkt elk van de CH_3 groepen aan de keten willekeurig één van de twee ruimtelijke oriëntaties aan te nemen.
Als de ruimtelijke oriëntaties van de CH_3 groepen aan de keten ook een regelmatig patroon moeten hebben, moet een katalysator worden gebruikt die niet alleen structuurspecifiek maar ook stereospecifiek werkt.
Men heeft veel onderzoek gedaan naar het ontwikkelen van katalysatoren voor het maken van polymeren met een regelmatige structuur. Er zijn vier soorten katalysatoren te onderscheiden:
Katalysator type A: niet structuurspecifiek en niet stereospecifiek
Katalysator type B: alleen structuurspecifiek
Katalysator type C: alleen stereospecifiek
Katalysator type D: zowel structuurspecifiek als stereospecifiek
De genoemde katalysatoren verschillen aanzienlijk in prijs. Aangenomen mag worden dat de prijs toeneemt in de volgorde A – B – C – D.
Ook bij de polymerisatie van alkenen met vier koolstofatomen per molecuul wil men vaak een zo groot mogelijke regelmaat in de structuur bereiken. Men gebruikt hiertoe het goedkoopste type katalysator waarmee de gewenste regelmaat in de structuur bereikt kan worden.
Welk type katalysator men bij de polymerisatie toepast, is afhankelijk van de structuur van het monomeer.
Men wil twee polymeren maken met een zo groot mogelijke regelmaat in de structuur:

- polymeer 1: het polymeer van methylpropeen;
- polymeer 2: het polymeer van *cis*-2-buteen.

4p **20** □ Leg uitgaande van de structuur van het monomeer uit wat het goedkoopste type katalysator (A, B, C of D) is dat men kan gebruiken voor het maken van polymeer 1.

4p **21** □ Leg uitgaande van de structuur van het monomeer uit wat het goedkoopste type katalysator (A, B, C of D) is dat men kan gebruiken voor het maken van polymeer 2.

Let op: de laatste vragen van dit examen staan op de volgende pagina.

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.

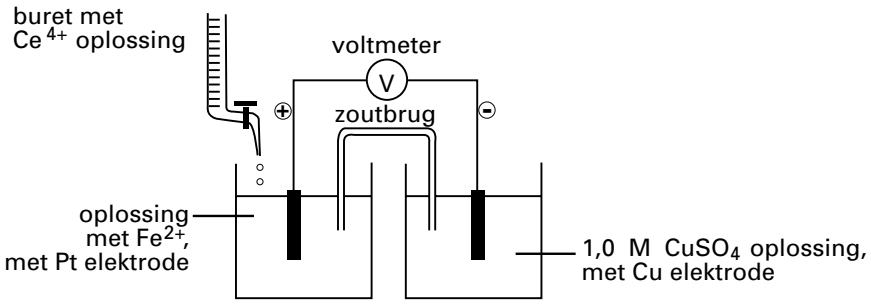
Opgave 5

Een oplossing van een ijzer(II)zout kan worden getitreerd met een oplossing van een cerium(IV)zout. De vergelijking van de daarbij optredende reactie is:

$Fe^{2+} + Ce^{4+} \rightleftarrows Fe^{3+} + Ce^{3+}$

Dit is een evenwichtsreactie. Het evenwicht ligt uiterst rechts.
Bij deze titratie verandert de potentiaal in het titratievat. Onder de potentiaal in het titratievat wordt in deze opgave verstaan de potentiaal van een in de oplossing geplaatste platina-elektrode, gemeten ten opzichte van de standaardwaterstofelektrode.
De verandering van de potentiaal kan tijdens de titratie worden gevolgd. Omdat in de praktijk de standaardwaterstofelektrode niet erg bruikbaar is, wordt bij zo'n titratie meestal gebruik gemaakt van een andere referentie-elektrode, bijvoorbeeld een koperelektrode geplaatst in een 1,0 M kopersulfaatoplossing. Een opstelling die men bij zo'n titratie zou kunnen gebruiken is de volgende:

opstelling



Gebruikt men deze opstelling, dan is bij iedere meting van het potentiaalverschil tijdens de titratie de platina-elektrode positief ten opzichte van de koperelektrode.

3p **22** □ Bereken de potentiaal (in volt, bij 298 K) in het titratievat als het gemeten potentiaalverschil 0,85 V bedraagt.

Tijdens de titratie veranderen de $[Fe^{2+}]$ en de $[Fe^{3+}]$. De potentiaal in het titratievat kan worden berekend aan de hand van het evenwicht $Fe^{2+} \rightleftarrows Fe^{3+} + e^-$. Men streeft er naar dat bij het eindpunt de $[Fe^{3+}]$ 1000 maal zo groot is als de $[Fe^{2+}]$. In dat geval heeft de potentiaal in het titratievat een bepaalde waarde bereikt.

4p **23** □ Bereken met behulp van de wet van Nernst bij welke waarde van de potentiaal in het titratievat (in volt, bij 298 K) de $[Fe^{3+}]$ 1000 maal zo groot is als de $[Fe^{2+}]$.

Men kan de beschreven titratie gebruiken om de samenstelling van een stukje geroest ijzer te bepalen. Aangenomen mag worden dat het stukje geroest ijzer uitsluitend bestaat uit Fe en Fe_2O_3. Ter bepaling van de samenstelling laat men het stukje geroest ijzer reageren met een overmaat zoutzuur. De ontstane oplossing bevat zowel Fe^{2+} (gevormd uit het Fe) als Fe^{3+} (gevormd uit het Fe_2O_3). Al het gevormde Fe^{3+} wordt daarna omgezet in Fe^{2+}, door aan de oplossing fijn verdeeld zilver als reductor toe te voegen. Daarbij ontstaat een neerslag. In Binas tabel 48 zijn twee halfreacties vermeld waarin Ag als reductor voorkomt. Als voor het oplossen van het stukje geroest ijzer in plaats van zoutzuur een zwavelzuuroplossing zou zijn gebruikt, zou niet alle Fe^{3+} worden omgezet in Fe^{2+}.

4p **24** □ Leg mede aan de hand van getalwaarden uit Binas tabel 48 uit hoe verklaard moet worden dat in het geval van het gebruik van zoutzuur wel alle Fe^{3+} wordt omgezet in Fe^{2+} en in het geval van het gebruik van zwavelzuuroplossing niet.

Na het oplossen van het stukje geroest ijzer in zoutzuur en de omzetting van Fe^{3+} in Fe^{2+} wordt het mengsel gefiltreerd. Het filtraat wordt daarna volgens de beschreven methode getitreerd met een cerium(IV)sulfaat-oplossing.
Bij zo'n bepaling bedroeg de massa van het stukje geroest ijzer 167 mg. Voor de titratie van alle Fe^{2+}, dus zowel het Fe^{2+} gevormd uit het Fe als het Fe^{2+} gevormd uit het Fe^{3+}, was 30,2 ml 0,0905 M cerium(IV)sulfaat-oplossing nodig.

6p **25** □ Bereken hoeveel mg Fe_2O_3 het stukje geroest ijzer bevatte.

Einde

Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie ook www.sslleiden.nl.