natuurkunde 1,2 (Project Moderne Natuurkunde)

Examen VWO

Voorbereidend
Wetenschappelijk
Onderwijs

20**06**

Tijdvak 2
Woensdag 21 juni
13.30 – 16.30 uur

Vragenboekje

Voor dit examen zijn maximaal 78 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 13, 16, 17 en 18 is een uitwerkbijlage bijgevoegd.

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.

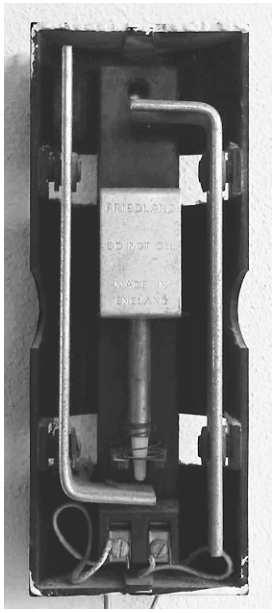
Geef niet meer antwoorden (redenen, voorbeelden e.d.) dan er worden gevraagd. Als er bijvoorbeeld twee redenen worden gevraagd en je geeft meer dan twee redenen, dan worden alleen de eerste twee in de beoordeling meegeteld.

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

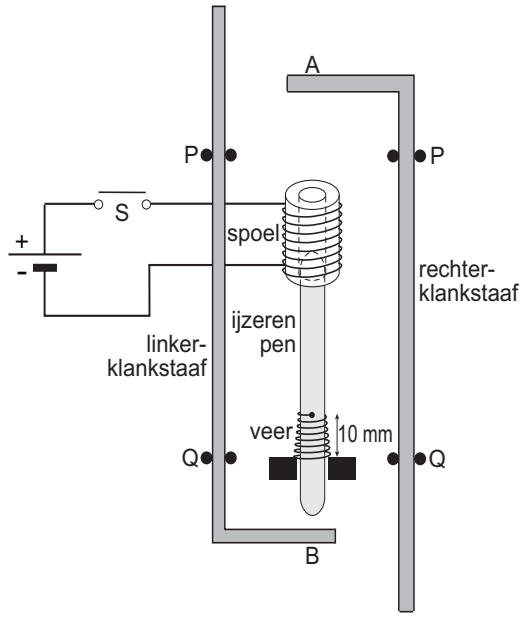
Opgave 1 Ding-dong

In figuur 1 zie je een foto van de binnenkant van een bepaald type huisdeurbel: de ding-dong. Figuur 2 is een schematische tekening daarvan.

figuur 1



figuur 2



In figuur 2 is de ding-dong aangesloten op een gelijkspanningsbron. S is de drukknop van de huisbel. Als je schakelaar S indrukt, ontstaat er een magneetveld in de spoel en gaat de ijzeren pen in de spoel omhoog. Bij A botst hij tegen de rechterklankstaaf. Je hoort: 'ding'. Na het loslaten van S valt de pen weer omlaag en botst bij B tegen de linkerklankstaaf. Je hoort: 'dong'. Een veer zorgt ervoor dat de ijzeren pen weer terugkomt in de beginpositie.

3p **1** ☐ Leg uit of de 'ding-dong' ook kan werken bij gebruik van een wisselspanningsbron.

De metalen klankstaven zitten vast in de punten P en Q. De afstand tussen P en Q is 7,5 cm. Als de rechterklankstaaf aangeslagen wordt, gaat hij trillen. Er ontstaat een staande transversale golf met knopen bij P en Q. De grondtoon is 392 Hz.

3p **2** ☐ Bereken de voortplantingssnelheid van de golven in deze klankstaaf.

De 'dong' van de linkerklankstaaf klinkt lager dan de 'ding'. Beide klankstaven zijn van hetzelfde metaal gemaakt en even lang, maar de linkerklankstaaf is dunner. Zie figuur 2.

3p **3** ☐ Beredeneer of de voortplantingssnelheid van de transversale golven in een dunne klankstaaf groter of kleiner is dan in een dikke klankstaaf.

De veer zit vast aan de ijzeren pen en beweegt met de pen mee. Zie figuur 2.
De spanningsbron levert een spanning van 6,0 V.
Als S wordt ingedrukt is de stroomsterkte 0,25 A.
De elektrische energie wordt in dit geval voor 4% omgezet in zwaarte-energie van de ijzeren pen. Om de rechterklankstaaf te raken, moet de pen minstens 25 mm omhoog gaan.
De massa van de ijzeren pen is 12 gram.

4p **4** ☐ Bereken de tijd dat S minimaal ingedrukt moet zijn om de ijzeren pen 25 mm omhoog te brengen. Verwaarloos hierbij de vrijgekomen veerenergie.

Als de ijzeren pen terugvalt, wordt hij afgeremd doordat de veer die aan de pen vastzit, ingedrukt wordt. De pen heeft voldoende snelheid om de veer zover in te drukken dat de linkerklankstaaf geraakt wordt. Daarna voert de pen een gedempte harmonische trilling uit zonder de klankstaaf nog te raken.
In de ruststand is de veer door de zwaartekracht van de pen 4,0 mm ingedrukt.

3p **5** ☐ Bereken de trillingstijd van de trilling die de ijzeren pen uitvoert.

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

Opgave 2 Sojoez

In april 2004 werd de Sojoez gelanceerd met de Nederlandse astronaut André Kuipers aan boord. De Sojoez bestaat uit een drietrapsraket en een personencapsule. De eerste trap wordt afgestoten na 120 seconde. De snelheid is dan 1250 $m\,s^{-1}$. Neem bij de volgende berekening aan dat de Sojoez tot dat moment eenparig versneld verticaal omhoog beweegt.

3p **6** ☐ Bereken de hoogte die de Sojoez na 120 s heeft.

Onderstaand computermodel simuleert de verticale beweging van de Sojoez gedurende de eerste 120 s. Alle grootheden in het model zijn uitgedrukt in standaardeenheden.

	Model	Startwaarden	
1	dm = k * dt	k = 2125	‘brandstofverbruik
2	mb = mb – dm	mb = 255000	‘massa brandstof
3	ALS mb <= 0 DAN stop EINDALS	mr = 170000	‘massa raket
4	m = mr + mc + mb	mc = 7500	‘massa capsule
5	Fz = m * g	g = 9,81	‘gravitatieversnelling
6	Fstuw = c * k	c = 3000	‘stuwfactor
7	Fres = Fstuw – Fz	v = 0	
8	a = Fres / m	dt = 0,1	
9	v = v + a * dt	t = 0	
10	t = t + dt		

4p **7** ☐ Beredeneer aan de hand van de modelregels of de versnelling van de Sojoez volgens dit model gedurende de eerste 120 s toeneemt, afneemt of gelijk blijft.

Na 120 s verandert de richting van de Sojoez zodanig dat hij steeds meer evenwijdig aan het aardoppervlak gaat bewegen.
Op een gegeven moment is de snelheid van de Sojoez $1{,}5 \cdot 10^{3}$ $m\,s^{-1}$.
In verticale richting neemt de hoogte dan elke seconde met 1,30 km toe.

2p **8** ☐ Bereken de hoek die de Sojoez op dat moment maakt met het aardoppervlak.

Na verloop van tijd heeft de Sojoez zijn drie trappen afgestoten en nadert de capsule het ruimtestation. Het ruimtestation cirkelt in een stationaire baan op 400 km boven het aardoppervlak.

4p **9** ☐ Bereken de snelheid van het ruimtestation.

De capsule heeft een massa van $7{,}5 \cdot 10^{3}$ kg. De relatieve snelheid van de capsule ten opzichte van het ruimtestation bedraagt 2,0 $m\,s^{-1}$. Om een koppeling tot stand te brengen wordt deze snelheid teruggebracht tot 0,18 $m\,s^{-1}$. Veronderstel dat hiertoe op één bepaald moment 50 kg verbrandingsgassen moet worden uitgestoten.

4p **10** ☐ Bereken de snelheid waarmee deze gassen ten opzichte van het ruimtestation worden uitgestoten.

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

Opgave 3 Zonnetoren

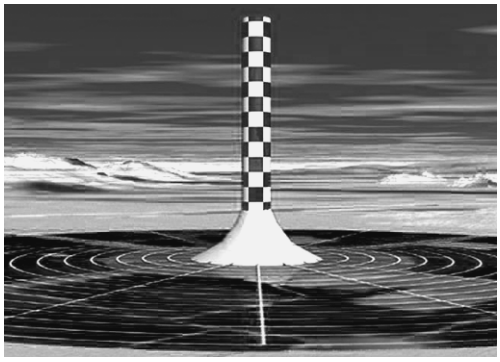
Lees het onderstaande artikel.

artikel

Het Australische bedrijf EnviroMission wil een zonnetoren bouwen met een hoogte van één kilometer. De toren heeft een diameter van 130 m en staat boven op een cirkelvormige glazen plaat met een diameter van 5,0 km die zich enkele meters boven de grond bevindt.
De zon verhit de lucht onder de plaat waardoor deze gaat stromen en via een gat in de glazen plaat de toren in gaat.
In de toren wordt de bewegingsenergie van stromende lucht met behulp van turbines omgezet in elektrische energie.
De zonnecentrale krijgt volgens EnviroMission een vermogen van 200 MW en een jaarlijkse energieproductie van 700 GWh.

naar: Technisch Weekblad, 10 mei 2002

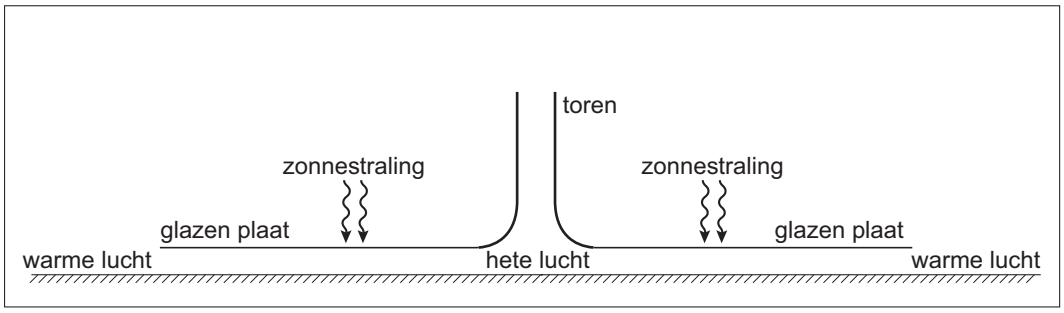
figuur 3



2p **11** ☐ Bereken hoeveel uur de centrale volgens EnviroMission gemiddeld per dag in werking zal zijn.

Figuur 3 is een impressie van een dergelijke zonnetoren. Figuur 4 is een schematische voorstelling van de zonnetoren met de glazen plaat.

figuur 4



Ten behoeve van rekenmodellen gaat EnviroMission uit van het volgende:
- onder de glazen plaat zit $4{,}3 \cdot 10^7$ kg lucht;
- midden op de dag is de intensiteit van de zonnestraling die op de plaat valt $1{,}3\ \mathrm{kW\,m^{-2}}$;
- 80% van deze straling komt ten goede aan het opwarmen van de lucht.

4p **12** ☐ Bereken de temperatuurstijging per minuut van de lucht onder de plaat als deze stil zou staan en geen warmte afstaat aan de omgeving. Het ontbreken van glas op de plaats van de toren mag buiten beschouwing worden gelaten.

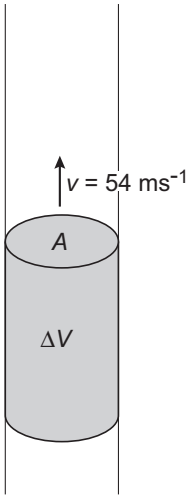
Figuur 4 staat ook op de uitwerkbijlage.

3p **13** ☐ Geef op de uitwerkbijlage met pijlen aan hoe de lucht in en om de installatie gaat stromen en geef hierbij een uitleg.

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

Volgens berekeningen zal de lucht met snelheden tot 54 m s^{-1} door de zonnetoren stromen.
We beschouwen een buis met een diameter van 130 m waar lucht door stroomt met een snelheid van 54 m s^{-1}.
In 1,0 s stroomt een volume ΔV door een doorsnede A van de buis. Zie figuur 5.
De lucht heeft een temperatuur van 80 ºC en een druk van $1{,}02 \cdot 10^5$ Pa.
De massa van 1,0 mol lucht is 29 g.

figuur 5



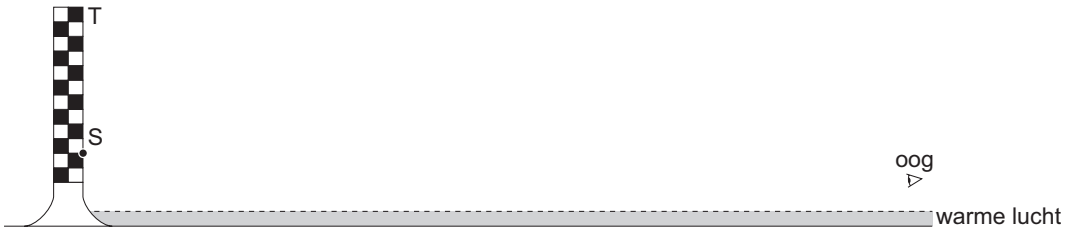
4p **14** ☐ Bereken de kinetische energie van de lucht die per seconde door de buis gaat.

De centrale zal het vermogen van 200 MW gaan leveren bij een spanning van 12 kV.
Bij de uitgang van de centrale wordt deze spanning met een transformator omhoog getransformeerd. Via hoogspanningskabels zal dit vermogen over vele kilometers vervoerd worden naar de dichtstbijzijnde stad.
Het vermogensverlies in de kabels mag niet groter zijn dan 2,0%. De weerstand van de kabels is 15 Ω. De primaire spoel heeft 350 windingen.

5p **15** ☐ Bereken het benodigde aantal windingen van de secundaire spoel. Vermogensverliezen in de transformator mogen worden verwaarloosd.

In de woestijn kunnen zogeheten luchtspiegelingen optreden. Deze worden veroorzaakt doordat de lucht vlak boven de grond warmer is dan de lucht daarboven. Zie figuur 6.
Een waarnemer op grote afstand van de zonnetoren zou punt S van de toren wel weerspiegeld kunnen zien in de warme luchtlaag (niet in de glasplaat). De waarnemer zal punt T echter niet zien omdat de brekingsindex bij de overgang van koele lucht naar warme lucht slechts iets kleiner is dan 1,000.
In figuur 6 is het oog van de waarnemer getekend. Figuur 6 is niet op schaal. Figuur 6 staat ook op de uitwerkbijlage.

figuur 6



5p **16** ☐ Leg uit dat de waarnemer wel een spiegelbeeld van S kan zien, maar niet van T.
Construeer daartoe eerst op de uitwerkbijlage de lichtstraal die vanuit S na spiegeling in de warme luchtlaag in het oog van de waarnemer valt.

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

Opgave 4 Automatische lichtschakelaar

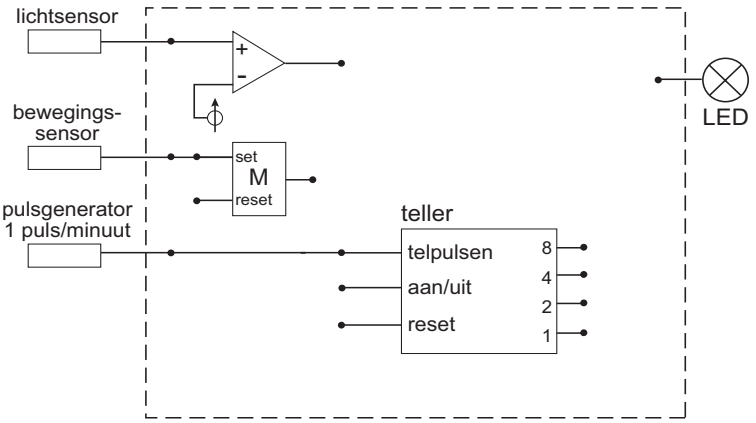
Om lampen niet onnodig te laten branden wil men in het natuurkundelokaal een automatische lichtschakelaar aanbrengen. Nu nog worden de lampen vaak aan het begin van de eerste les met de hand aangedaan en pas aan het eind van de dag uitgeschakeld.

Chris en Annalies ontwerpen een automatisch systeem om een lamp aan en uit te schakelen. Het systeem moet aan de volgende voorwaarden voldoen:

- Als er weinig licht en bovendien beweging in het lokaal is, of in de laatste 8 minuten beweging is geweest, dan zijn de lampen aan.
- Als er voldoende licht is of als er 8 minuten of langer geen beweging is, dan zijn de lampen uit.

Het automatische systeem is in figuur 7 gedeeltelijk weergegeven.

figuur 7

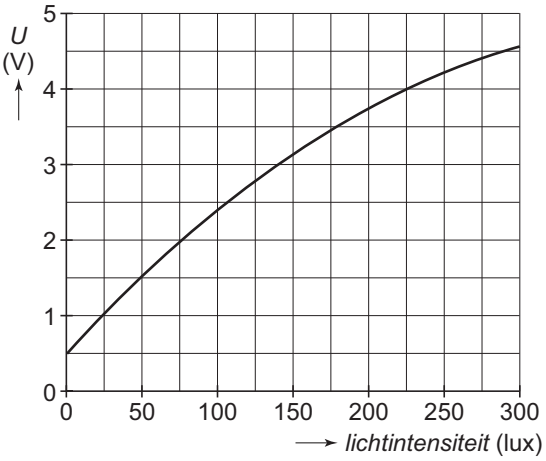


De pulsgenerator geeft één puls per minuut. De bewegingssensor geeft een hoog signaal als er iemand beweegt in het lokaal. Het signaal van de lichtsensor stijgt als er meer licht op valt. De LED stelt de verlichting in het lokaal voor. De aan/uit-ingang van de teller is voortdurend hoog en hoeft niet te worden aangesloten. Figuur 7 staat vergroot op de uitwerkbijlage.

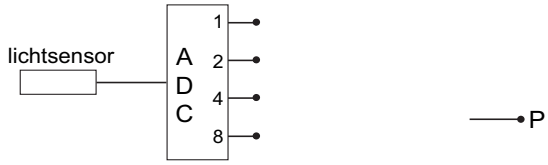
4p **17** ☐ Teken in de figuur op de uitwerkbijlage de overige componenten en verbindingen van dit systeem.

Figuur 8 toont de ijkgrafiek van de lichtsensor.

figuur 8



figuur 9



In plaats van de comparator kunnen Chris en Annalies ook een analoog-digitaal-omzetter (ADC) aansluiten achter de lichtsensor. Zie figuur 9.
Ze gebruiken een 4 bits AD-omzetter die geschikt is voor spanningen tussen 0 en 5 V.
Het signaal in P is hoog wanneer de lichtintensiteit groter is dan 200 lux. Figuur 9 staat ook op de uitwerkbijlage.

3p **18** ☐ Teken in de figuur op de uitwerkbijlage de componenten en verbindingen tussen de uitgang(en) van de ADC en punt P. Geef daarbij een toelichting.

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

Opgave 5 Kosmische achtergrondstraling

Volgens de gangbare theorieën is het heelal ontstaan met een enorme explosie: de zogenaamde oerknal (Big Bang). Het heelal was toen gevuld met zeer dichte en hete materie bestaande uit verschillende soorten subatomaire deeltjes. Na ongeveer een microseconde was deze materie afgekoeld tot rond de 10^{13} K en konden er protonen en neutronen ontstaan. De aantallen protonen en neutronen werden aanvankelijk door twee botsingsreacties in evenwicht gehouden. Eén van deze evenwichtsreacties was

$$p^+ + \bar{\nu}_e \rightleftarrows n + e^+$$

De andere evenwichtsreactie kan via symmetrieën uit de bovenstaande worden afgeleid en heeft ook zowel links als rechts van de dubbele pijl twee deeltjes.

3p **19** ☐ Geef deze tweede evenwichtsreactie en geef aan via welke symmetrieën deze samenhangt met bovenstaande evenwichtsreactie.

Door het dalen van de temperatuur verschoof het evenwicht naar links, zodat het aantal neutronen afnam. De overgebleven neutronen smolten met protonen samen tot deuteriumkernen. Aanvankelijk werden deze deuteriumkernen weer door energierijke fotonen ontleed.

4p **20** ☐ Bereken de energie (in J) die een foton minimaal moet hebben om een deuteriumkern te splitsen in een proton en een neutron.

Drie minuten later was de temperatuur gedaald tot ongeveer 10^6 K waarbij deuterium niet meer werd ontleed. In deze drie minuten verviel echter een deel van de neutronen. Bij het verval van een neutron ontstaat onder andere een proton.

3p **21** ☐ Teken het reactiediagram voor het verval van het neutron.

Na deze drie minuten was het aantal neutronen 13% van het aantal protonen. Dit percentage is sindsdien vrijwel constant gebleven. Het overgrote deel van het deuterium met daarin vrijwel alle overgebleven neutronen reageerde echter verder tot helium. De baryonische massa in het heelal bestond nu vrijwel geheel uit waterstofkernen (H-1) en heliumkernen (He-4). Sporen van andere elementen kunnen verwaarloosd worden.

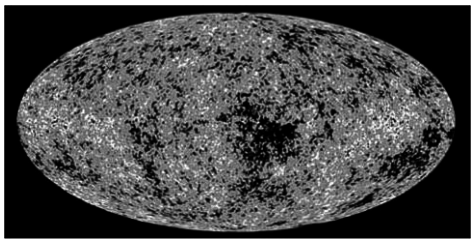
3p **22** ☐ Bereken de verhouding van het aantal heliumkernen ten opzichte van het aantal waterstofkernen in deze periode.

Atoomkernen vormen samen met elektronen atomen. Aanvankelijk werden deze door de aanwezige fotonen ook weer heel snel geïoniseerd. Na ongeveer $3 \cdot 10^5$ jaar hadden de meeste fotonen echter niet meer genoeg energie om atomen te ioniseren. Vanaf die tijd werden atomen stabiel en konden de resterende fotonen vrij door het heelal reizen zonder geabsorbeerd te worden. Deze straling is nog steeds aanwezig in het heelal. Lees het artikel.

artikel

NASA presenteert foto van piepjong heelal

NASA presenteerde onlangs een foto die zij "de beste babyfoto" van het heelal heeft genoemd. De opname toont de oudste straling uit het heelal, de zogeheten kosmische achtergrondstraling, daterend uit de tijd dat het universum nog maar 300.000 jaar oud was.
Uit de kleurverschillen van de foto blijkt dat de temperatuur van het jonge heelal niet overal gelijk was.



naar: NRC handelsblad, 12 februari 2003

Een verschil in temperatuur op de foto duidt tevens op een verschil in dichtheid. Men vermoedt dat het verschil in dichtheid de aanleiding was voor de ontwikkeling van sterrenstelsels.

2p **23** ☐ Beredeneer dat het verschil in dichtheid aanleiding kan zijn voor de vorming van sterren of sterrenstelsels.

Einde

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