natuurkunde 1,2 (Project Moderne Natuurkunde)

Examen VWO

Voorbereidend
Wetenschappelijk
Onderwijs

20**05**

Tijdvak 2
Woensdag 22 juni
13.30 – 16.30 uur

Voor dit examen zijn maximaal 81 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 de vragen 1, 2, 14, 15, 17, 18, 19 en 21 is een uitwerkbijlage 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.

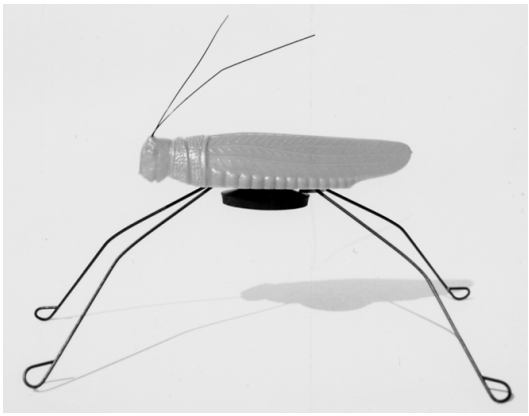
Geef niet meer antwoorden (redenen, voorbeelden e.d.) dan er worden gevraagd. Als er bijvoorbeeld twee redenen worden gevraagd en je geeft meer dan twee redenen, dan worden alleen de eerste twee in de beoordeling meegeteld.

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

Opgave 1 Sprinkhaan

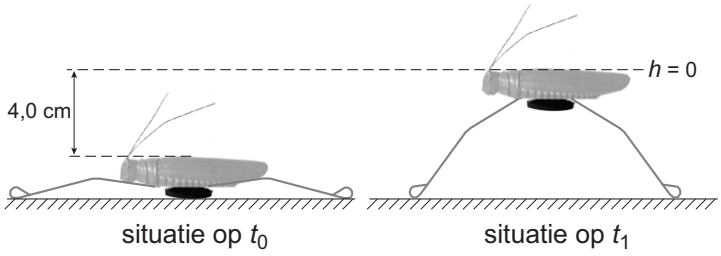
Figuur 1 is een foto van een speelgoed-sprinkhaan. Onder het lijf van de sprinkhaan zit een zuignap, die zich op de ondergrond vastzuigt als je de sprinkhaan stevig naar beneden drukt.
Wanneer er lucht onder de zuignap komt, springt de sprinkhaan omhoog doordat zijn poten als veren werken.

figuur 1



Als de zuignap loskomt van de ondergrond, begint de afzet van de sprong (tijdstip t_0). Even later komen ook de poten los van de ondergrond. Dan eindigt de afzet (tijdstip t_1). Zie figuur 2.

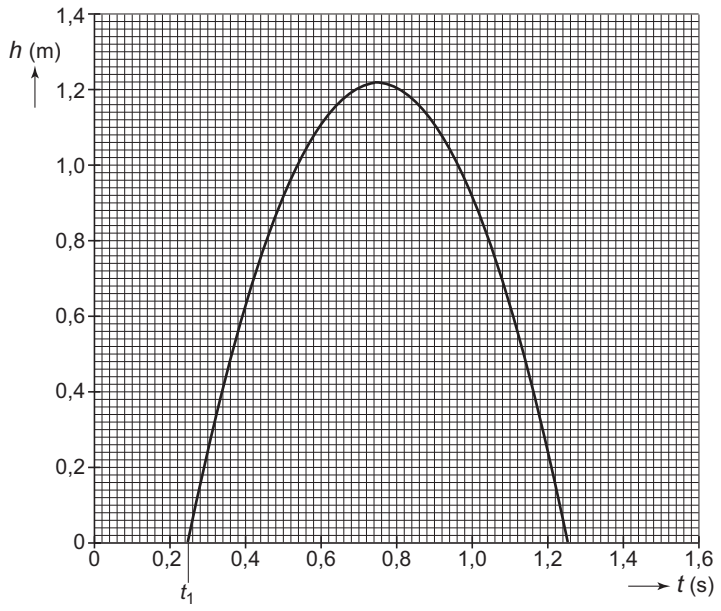
figuur 2



Tessa en Suzanne doen onderzoek aan de sprinkhaan. Eén van hun onderzoeksvragen luidt: "Hoe groot is de snelheid van de sprinkhaan als de poten loskomen van de ondergrond?"

Met behulp van een afstandssensor en een computer maken zij een grafiek die de hoogte van de sprinkhaan weergeeft als functie van de tijd.
De afstandssensor is zó geijkt dat $h = 0$ hoort bij de situatie op t_1. Zie figuur 2 en 3.
Figuur 3 staat ook op de uitwerkbijlage.

figuur 3

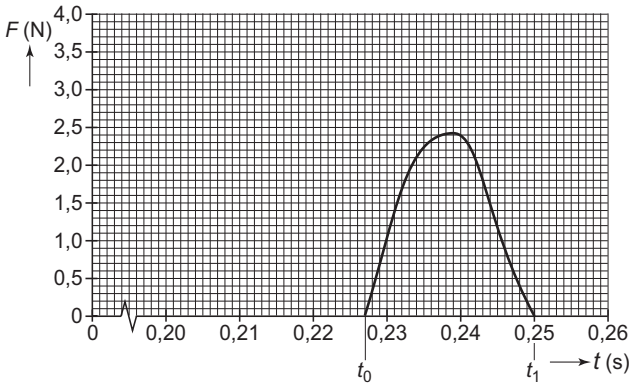


3p **1** ☐ Bepaal met behulp van de figuur op de uitwerkbijlage de snelheid op t_1.

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.

Bij een volgende proef laten Tessa en Suzanne de sprinkhaan wegspringen vanaf een plaatje perspex dat op een krachtsensor bevestigd zit. De krachtsensor is zó geijkt, dat hij alleen de afzetkracht aangeeft. De gemeten (F,t)-grafiek is in figuur 4 weergegeven. Deze figuur staat vergroot op de uitwerkbijlage.

figuur 4

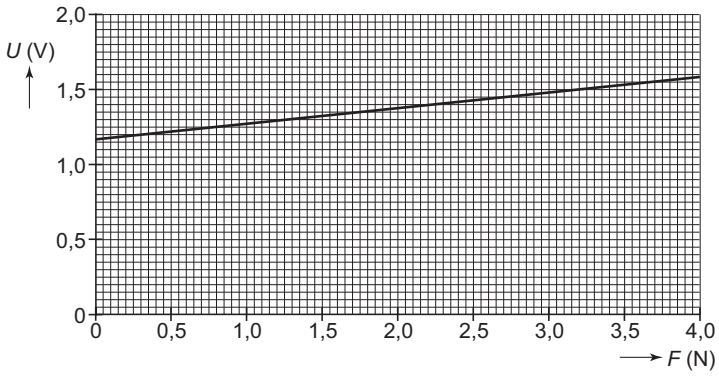


De massa van de sprinkhaan is 6,2 g.

4p **2** ☐ Bepaal met behulp van de figuur op de uitwerkbijlage de snelheid op t_1.

De krachtsensor is aangesloten op een 8-bits AD-omzetter met een ingangsbereik van 0 tot 5,0 V. Figuur 5 toont de ijkgrafiek van de krachtsensor.

figuur 5



3p **3** ☐ Bepaal de binaire code van de uitgang van de AD-omzetter bij een kracht van 2,4 N.

Een andere onderzoeksvraag van Tessa en Suzanne luidt:
"Hoeveel van de oorspronkelijke veerenergie wordt er tijdens de afzet van de sprong omgezet in kinetische energie en zwaarte-energie?"

Om een antwoord op deze vraag te vinden, bepalen zij de veerconstante van de vier poten samen. Ze vinden een waarde van $1{,}8 \cdot 10^2$ N m^{-1}.

Bij een volgende sprong is op t_1 een snelheid 5,0 m s^{-1} gemeten. Tijdens de afzet ging het zwaartepunt van de sprinkhaan 4,0 cm omhoog.

4p **4** ☐ Bereken het percentage van de veerenergie dat tijdens de afzet is omgezet in kinetische energie en zwaarte-energie samen.

Voor de grap plakt Tessa de sprinkhaan tegen het schoolbord zodat hij horizontaal wegspringt. De sprinkhaan komt midden op het bureau van de natuurkundelerares terecht. De horizontale afstand tussen het schoolbord en het midden van het bureau is 2,3 m. De hoogte van het bureau is 78 cm. De luchtweerstand op de sprinkhaan is verwaarloosbaar. Ga ervan uit dat de snelheid op t_1 weer 5,0 m s^{-1} is.

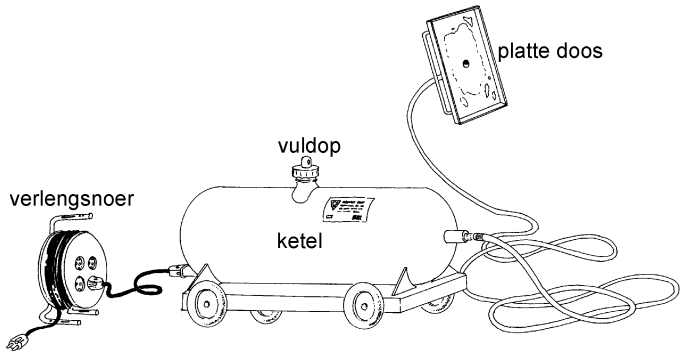
4p **5** ☐ Bereken vanaf welke hoogte boven de grond de sprinkhaan wegspringt.

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 Afstoomapparaat

Voor het verwijderen van oud behang verhuurt een doe-het-zelf zaak een afstoomapparaat. Zie figuur 6. Zo'n apparaat heeft een cilindervormige ketel met een ingebouwd elektrisch verwarmingselement.
De ketel wordt voor een deel gevuld met water. Daarna wordt het verwarmingselement aangesloten op de netspanning. Na enige tijd begint het water te koken. Op de ketel is een slang aangesloten. Via deze slang komt hete stoom in een soort platte open doos met handvat. Deze wordt geplaatst tegen het behang dat afgestoomd moet worden. Het behang wordt vochtig en is dan gemakkelijk te verwijderen.

figuur 6



De ketel wordt voor 50% gevuld met water van 20 °C. De ketel mag beschouwd worden als een cilinder met een lengte van 43 cm en een diameter van 18 cm. Verwaarloos het volume van het verwarmingselement.

3p **6** ☐ Bereken de massa van het water in de ketel.

Wim wil in zijn kamer het oude behang afstomen. De netspanning in huis is 230 V.
Op het afstoomapparaat staat "2,4 kW; 230 V".
Als het apparaat gevuld is met 4,0 kg water van 20 °C duurt het 11 minuten voordat het water kookt.
De hoeveelheid water die tijdens het opwarmen verdampt, mag verwaarloosd worden.

4p **7** ☐ Bereken het rendement van het opwarmproces van het water.

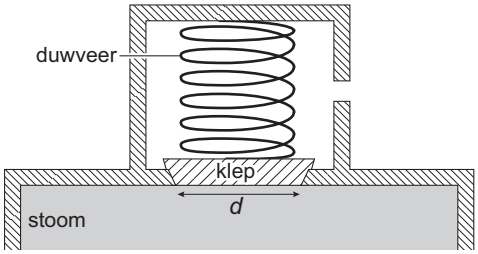
Het snoer van het afstoomapparaat blijkt niet lang genoeg te zijn. Wim haalt een haspel uit de schuur met 10 m verlengsnoer. De koperen aders in het snoer hebben een doorsnede van 0,75 mm^2. Als het afstoomapparaat via het verlengsnoer wordt aangesloten op de netspanning wordt het verlengsnoer warm. De weerstand van het afstoomapparaat (zonder verlengsnoer) is 22,1 Ω.

5p **8** ☐ Bereken hoeveel warmte er per seconde in het verlengsnoer wordt ontwikkeld.

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.

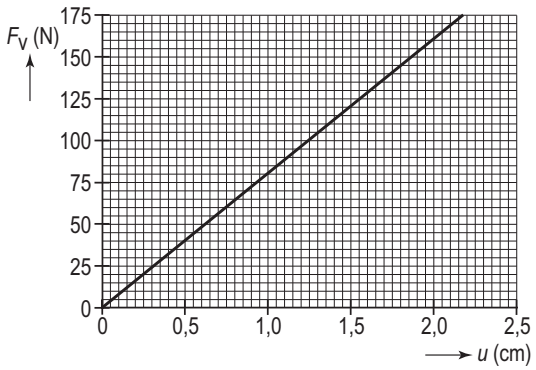
Om bij een dichtgeknepen slang te voorkomen dat de druk in de ketel te hoog oploopt, is een veiligheidsventiel aangebracht. Zie figuur 7. Als de druk in de ketel hoog genoeg is, wordt de klep omhoog gedrukt en kan stoom ontsnappen.

figuur 7

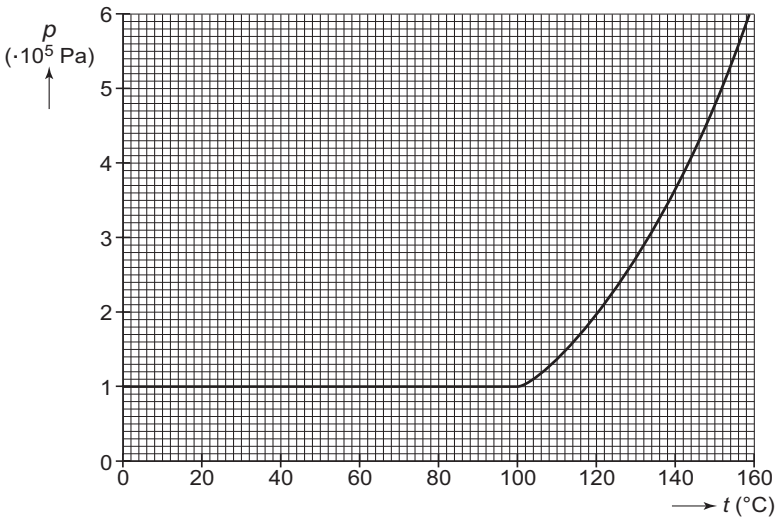


De luchtdruk is 1013 hPa. De diameter d van de klep is 2,9 cm.
In de getekende situatie is de veer 7,5 mm ingedrukt. In figuur 8 is de grafiek getekend die het verband weergeeft tussen de kracht die nodig is om de veer in te drukken en de indrukking u.
In figuur 9 is weergegeven hoe de druk als functie van de temperatuur verloopt als de slang tijdens het afstomen wordt dichtgeknepen en het veiligheidsventiel niet open zou gaan.

figuur 8



figuur 9



5p **9** ☐ Bepaal bij welke temperatuur het veiligheidsventiel opengaat.

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 Echoscopie

In een ziekenhuis kan gebruik gemaakt worden van echoschopie om een ongeboren baby te bekijken. Hierbij wordt gebruik gemaakt van ultrasone geluidsgolven met een frequentie tussen 1,0 MHz en 10 MHz.
Bij het maken van een echo worden deze golven uitgezonden door een bron in het echoapparaat en teruggekaatst tegen het ongeboren kind. De teruggekaatste golven worden geregistreerd door een ontvanger in het echoapparaat.
De geluidssnelheid in lichaamsweefsel is gelijk aan die in water van 40 ºC.

3p **10** ☐ Bereken tussen welke waarden de golflengte van de gebruikte golven in lichaamsweefsel ligt.

2p **11** ☐ Leg met het begrip buiging uit waarom geluidsgolven uit het hoorbare gebied niet geschikt zijn voor deze toepassing van echoscopie.

Lees onderstaand krantenartikel.

artikel

Herrie voor ongeboren kind

Echo-onderzoek van een ongeboren kind kan flink wat geluidsoverlast opleveren voor de baby. Hoewel de geluidsgolven zelf niet hoorbaar zijn, veroorzaakt het echoapparaat door duizenden malen per seconde steeds opnieuw pulsen uit te zenden, hoorbare trillingen in de baarmoeder. Recht op het oortje gericht, produceert het echoapparaat zelfs 100 decibel, de herrie van een voorbij denderende trein.

naar: Eindhovens Dagblad, december 2001

Bij het maken van een echo wordt de bron van het echoapparaat tegen de buikwand van de moeder geplaatst. De afstand tussen de buikwand en het ongeboren kind is 12 cm. De ultrasone golven worden in pulsen uitgezonden. De duur van een puls is 110 µs. Op een bepaald tijdstip vertrekt het begin van de puls van de bron van het echoapparaat. Zodra het echoapparaat het einde van de teruggekaatste puls heeft ontvangen, wordt de volgende puls uitgezonden.

5p **12** ☐ Laat met een berekening zien dat het afgeven van de pulsen gebeurt met een frequentie waarvoor het menselijk oor gevoelig is.

In het artikel staat dat het ongeboren kind een geluids(druk)niveau ontvangt van 100 dB.
Stel dat men door nieuwe technieken de geluidsintensiteit met 80% kan terugbrengen.

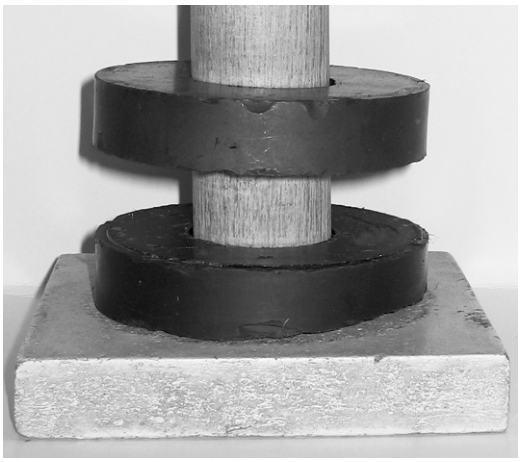
3p **13** ☐ Bereken in dat geval het geluids(druk)niveau bij het oortje van het ongeboren kind.

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 Magneten

In de foto van figuur 10 zie je twee identieke, ringvormige magneten om een houten stok. De bovenste magneet zweeft doordat de noordpolen van de magneten naar elkaar toe zijn gericht.

figuur 10



Op de uitwerkbijlage is een doorsnede van figuur 10 getekend. Hierin zijn twee punten R en S aangegeven.

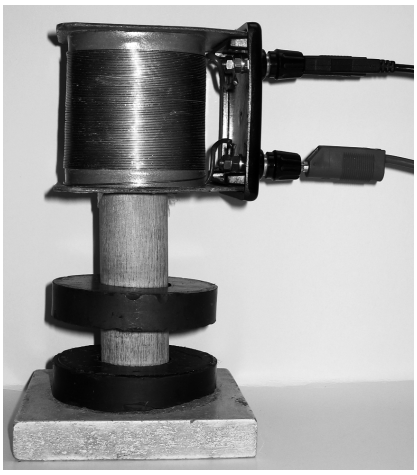
3p **14** ☐ Teken zowel in R als in S de vector $\vec{B}$ die de richting van het resulterende magneetveld van de twee magneten weergeeft.

In een andere figuur op de uitwerkbijlage is de zwaartekracht die op de onderste magneet werkt, getekend als de vector $\vec{F}_z$.
De magneten hebben gelijke massa.

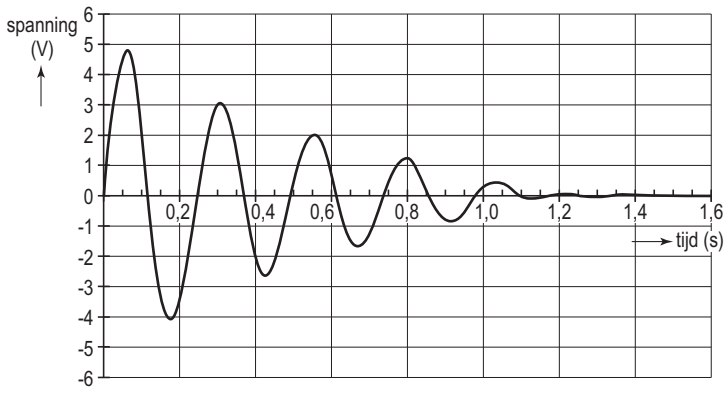
3p **15** ☐ Teken in de figuur op de uitwerkbijlage alle overige krachten die op de onderste magneet werken in de juiste verhouding tot de getekende vector $\vec{F}_z$. Je hoeft daarbij niet te letten op het aangrijpingspunt van de krachten.

Boven de magneten zit een spoel om de houten stok geklemd. Zie figuur 11.
De spanning die deze spoel afgeeft, wordt gemeten.

figuur 11



figuur 12



De bovenste magneet wordt naar beneden geduwd en daarna losgelaten. De magneet voert vervolgens een gedempte trilling uit. In de spoel ontstaat daardoor een wisselspanning.
In figuur 12 is deze wisselspanning als functie van de tijd weergegeven.
De meting is niet direct bij het loslaten van de magneet gestart.

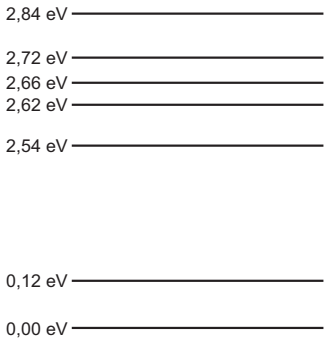
2p **16** ☐ Leg uit of de magneet zich in een uiterste stand of in de evenwichtsstand bevindt op het moment dat de spanning een maximum vertoont.

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 Scanningmicroscoop

Voor biologisch onderzoek aan cellen kan gebruik gemaakt worden van een bijzonder soort microscoop: de scanningmicroscoop.
Als lichtbron wordt een argon-ion-laser gebruikt. Deze laser zendt onder andere blauw licht uit met een golflengte van 488 nm.
In figuur 13 is een deel van het energieniveau-schema van het argon-ion weergegeven.
Dit schema staat ook op de uitwerkbijlage.

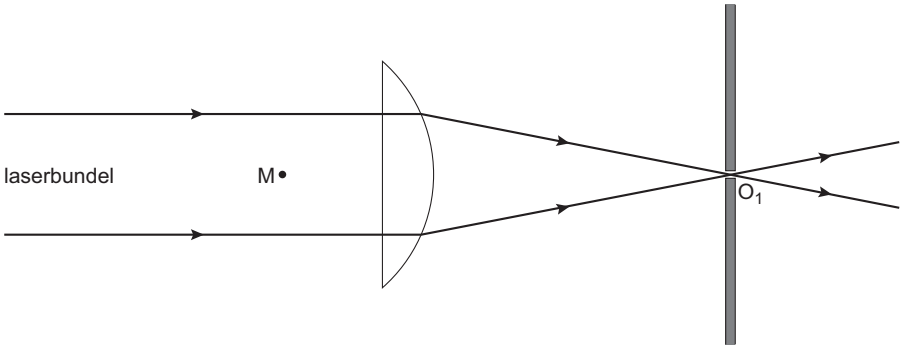
figuur 13



4p **17** ☐ Geef met behulp van pijlen in de figuur op de uitwerkbijlage aan bij welke energie-overgangen deze straling wordt uitgezonden.
Bereken daartoe eerst de energie van straling met een golflengte van 488 nm.

Van de smalle evenwijdige laserbundel wordt met behulp van een positieve lens een convergerende bundel gemaakt. De stralen van deze bundel komen samen in een kleine opening (O_1) en gaan daarna als divergerende bundel verder. Zie figuur 14.
M is het middelpunt van het boloppervlak van de lens. Figuur 14 staat vergroot op de uitwerkbijlage.

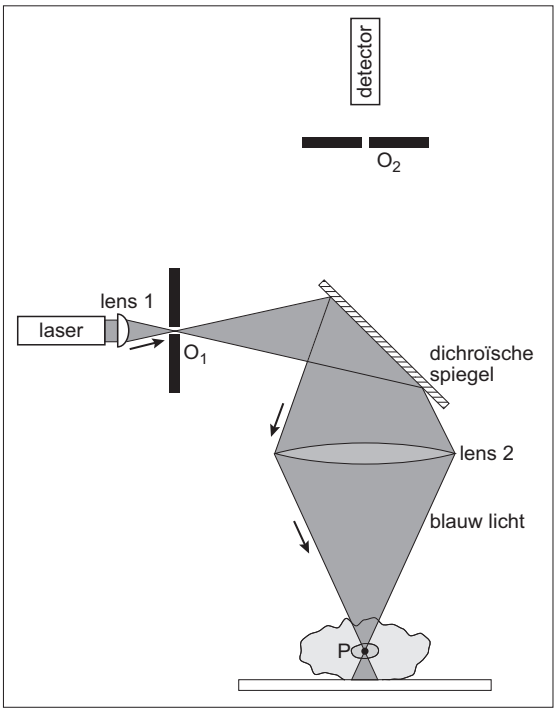
figuur 14



4p **18** ☐ Bepaal met behulp van de figuur op de uitwerkbijlage de brekingsindex van het glas van de lens.

Het blauwe laserlicht wordt via een spiegel en een tweede lens geconcentreerd in één punt P van het te onderzoeken materiaal. Zie figuur 15. De hier gebruikte “dichroïsche spiegel” reflecteert blauw licht maar laat groen licht door.

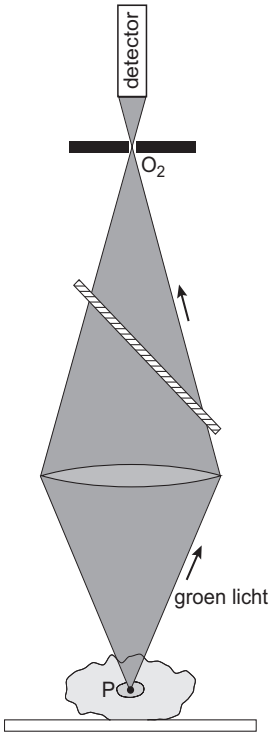
figuur 15



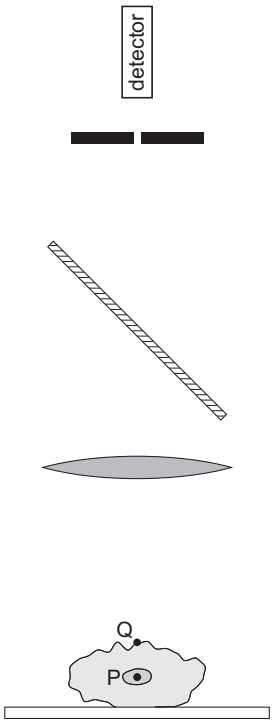
Beschikbaar gesteld door Stichting Studiebegeleiding Leiden (SSL).
Voor alle eindexamens, zie www.alleexamens.nl. Voor de perfecte voorbereiding op je eindexamen, zie www.sslleiden.nl.

Het celmateriaal is fluorescerend gemaakt. Als dit materiaal belicht wordt met blauw laserlicht zendt het groen licht uit. Het groene licht van punt P gaat door de dichroïsche spiegel naar de kleine opening O_2. Zie figuur 16. Met behulp van een detector wordt de intensiteit van het licht afkomstig uit P geregistreerd.

figuur 16



figuur 17



De bedoeling van de scanningmicroscoop is dat alleen licht van een bepaalde laag van het celmateriaal wordt gedetecteerd. Licht vanuit andere lagen mag de detector nauwelijks bereiken. In figuur 17 is de lens zo geplaatst, dat punt P scherp in O_2 wordt afgebeeld. Punt Q van het celmateriaal bevindt zich in een andere laag. Figuur 17 staat vergroot op de uitwerkbijlage. Deze figuur is op ware grootte.

5p **19** □ Leg uit dat het licht uit Q een kleine bijdrage levert aan de lichtintensiteit bij de detector. Voer daartoe de volgende handelingen uit:

- bepaal met behulp van de stralengang vanuit P de sterkte van lens 2;
- bepaal de beeldafstand voor het beeld Q' van punt Q;
- teken Q' in de figuur op de uitwerkbijlage en de bundel, die vanuit Q naar de detector gaat;
- geef de gevraagde uitleg.

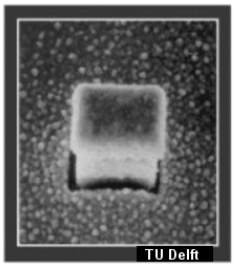
Let op: de laatste vragen van dit examen staan op de volgende pagina.

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

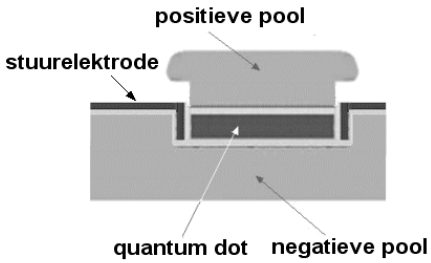
Opgave 6 Quantumdots

Met nanotechnologie kunnen quantumdots worden gemaakt.
Een quantumdot is een klein systeem waarin zich twee soorten elektronen bevinden:
- elektronen die gebonden zijn aan atomen in de quantumdot;
- een beperkt aantal geleidingselektronen, dat vrij door de quantumdot beweegt. Op deze elektronen is het deeltje-in-een-doosmodel van toepassing.

figuur 18

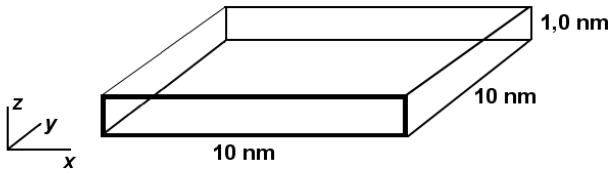


figuur 19



Figuur 18 toont een bovenaanzicht van een paddestoelachtige structuur die een quantumdot bevat. De eigenlijke quantumdot is een dun laagje in de steel van de paddestoel.
Zie figuur 19. Er zijn drie elektroden op aangesloten: een negatieve pool, een positieve pool en een stuurelektrode. De potentiaal van de stuurelektrode bepaalt het aantal geleidingselektronen.

figuur 20



In de quantumdot in figuur 20 is één geleidingselektron aangebracht. De quantumgetallen n_x, n_y en n_z geven voor de x-, y- en z-richting het aantal maxima in de golffunctie van dit elektron. De grondtoestand van het elektron wordt gegeven door $(n_x, n_y, n_z) = (1, 1, 1)$

Quantumdots kunnen worden toegepast als 'nano'-lichtbronnen van iedere gewenste kleur.

5p **20** ☐ Bereken de minimale frequentie van een foton dat door de quantumdot van figuur 20 wordt uitgezonden.

Het aantal geleidingselektronen in de quantumdot wordt verhoogd tot 5. De verdeling van de elektronen over de energietoestanden is zodanig dat de totale energie minimaal is.

3p **21** ☐ Leg uit op welke twee manieren deze vijf elektronen verdeeld kunnen zijn over de beschikbare toestanden. Gebruik voor het antwoord de tabel op de uitwerkbijlage.

De quantumdot gedraagt zich ook als een 'nano'-condensator met een capaciteit C van $1 \cdot 10^{-18}$ F. Men verwacht dat zulke condensatoren in toekomstige computerchips een rol als schakelaar kunnen spelen. Voor de benodigde schakelenergie geldt $E_s = \frac{e^2}{C}$, waarin e de ladingseenheid is. Zo'n schakelaaar werkt echter alleen betrouwbaar als de thermische energie veel kleiner is dan de schakelenergie. Voor de thermische energie geldt $E_t = kT$, waarin k de constante van Boltzmann is (zie BINAS tabel 7) en T de absolute temperatuur.

4p **22** ☐ Bereken de maximale temperatuur die een quantumdot mag hebben als de thermische energie niet meer dan 1% van de schakelenergie mag bedragen.

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.