nav001df-ex.qxd 10-12-99 10:10 Pagina 1

Natuurkunde

Examen VWO

Voorbereidend
Wetenschappelijk
Onderwijs

20**00**

Tijdvak 1
Maandag 22 mei
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.
Voor de uitwerking van de vragen 4, 5 en 9 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, worden alleen de eerste twee in de beoordeling meegeteld.

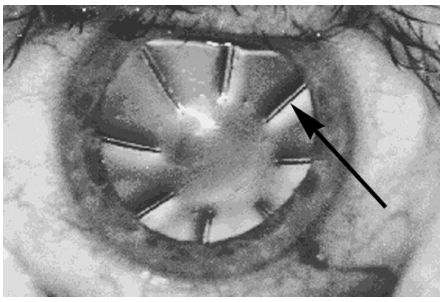
Begin

natuurkundeuitgelegd.nl

Opgave 1 Keratotomie

Oogartsen gebruiken regelmatig laserstraling om bepaalde oogafwijkingen te verhelpen. Bij één van de gebruikte technieken maakt men het hoornvlies minder bol door er met een laserstraal een aantal sneetjes in te maken. Deze techniek wordt keratotomie genoemd. Zie figuur 1.

figuur 1



3p **1** □ Geef een definitie van de twee oogafwijkingen bijziendheid en verziendheid en leg uit welke van deze twee door keratotomie verholpen kan worden.

De afbeelding in figuur 1 is een foto van een oog direct na een behandeling. De foto is gemaakt met een fototoestel met een brandpuntsafstand van 35 mm. De lengte van het sneetje waar een pijl bij staat, is in werkelijkheid 3,0 mm. Figuur 1 heeft dezelfde afmetingen als het negatief.

4p **2** □ Bepaal de afstand tussen het oog en de lens van het fototoestel bij de opname van figuur 1.

Een sneetje ontstaat doordat eiwitmoleculen van het hoornvlies dissociëren (uiteenvallen) door absorptie van de laserstraling. Voor een bepaalde behandeling moet worden berekend hoe lang de laser aan moet staan om een sneetje van de gewenste diepte te krijgen.
De benodigde energie per cm^2 om tot een diepte van 1,0 µm te snijden is gelijk aan U^*.
De sneetjes in figuur 1 hebben een diepte d. Als de laser is ingeschakeld, zendt hij pulsen uit met een frequentie f en met een pulsduur Δt.
Het vermogen per cm^2 van de uitgezonden laserstraling tijdens zo'n puls noemen we I.
De tijd dat de laser aan moet staan (t_{laser}) hangt af van de grootheden f, Δt, I, d en U^*.

5p **3** □ Geef aan of t_{laser} groter of kleiner moet zijn als f groter wordt gekozen.
Geef achtereenvolgens ook aan of t_{laser} groter of kleiner moet zijn als Δt groter wordt gekozen, als I groter wordt gekozen, als d groter wordt gekozen of als U^* groter is.

natuurkundeuitgelegd.nl

Opgave 2 Fles in evenwicht

In cadeauwinkels tref je een flessenstandaard aan die in al zijn eenvoud toch een fascinerende indruk maakt. Het is een stuk perspex met een gat waarin de hals van een fles geschoven kan worden. Het stuk perspex kan met de fles in evenwicht worden neergezet. Het is dan niet nodig het perspex aan de ondergrond vast te maken. Zie figuur 2.

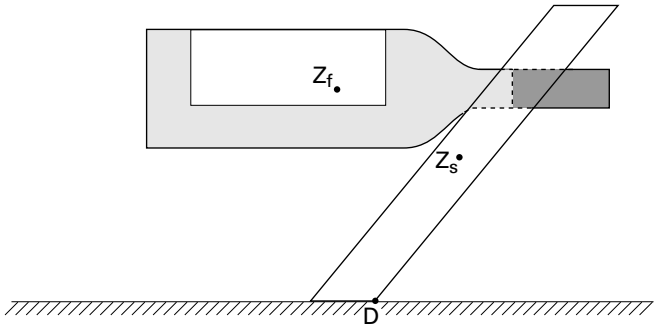
figuur 2

Op de bijlage is de situatie schematisch weergegeven.

2p **4** □ Teken en arceer op de bijlage het gebied waarin het zwaartepunt van het geheel zich moet bevinden opdat er evenwicht is.

De fles wordt nu zo ver in het gat geschoven dat de standaard op het punt staat naar rechts te kantelen. Zie figuur 3.

figuur 3



Figuur 3 is op de bijlage vergroot weergegeven. Het zwaartepunt van de fles Z_f, het zwaartepunt van de standaard Z_s en het draaipunt D zijn daarin aangegeven. De figuur is op schaal. De massa van de standaard is 0,45 kg.

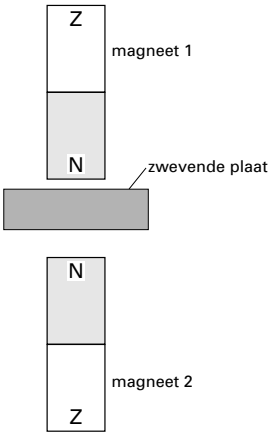
4p **5** □ Bepaal met behulp van de figuur op de bijlage de massa van de fles wijn.

natuurkundeuitgelegd.nl

Opgave 3 Magnetisch zweven

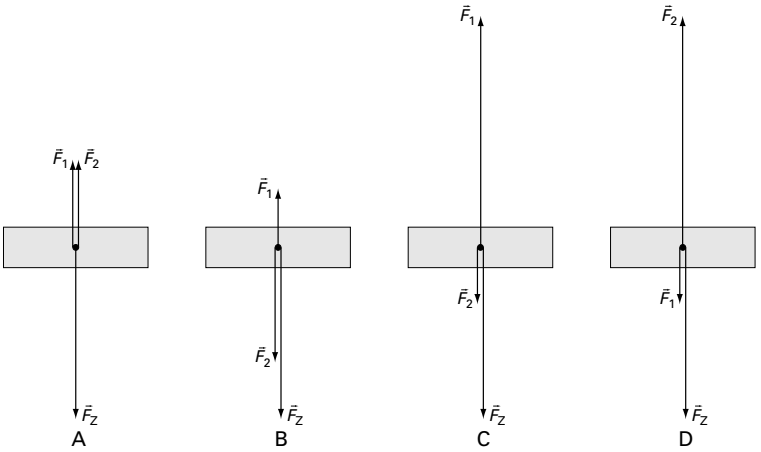
Om voorwerpen met zo weinig mogelijk wrijving te laten bewegen, worden meestal rol- of kogellagers gebruikt.
Bij zeer nauwkeurig onderzoek is het van belang dat de te onderzoeken voorwerpen trillingsvrij kunnen worden bewogen.
Men maakt bij zo'n nauwkeurig onderzoek geen gebruik meer van lagers, maar van magneten.
Tussen twee magneten zweeft een ijzeren plaat waarop het te onderzoeken voorwerp geplaatst kan worden.
In figuur 4 is dit schematisch weergegeven.
Er werken drie krachten op de zwevende plaat: de zwaartekracht en twee magnetische krachten.

figuur 4



In figuur 5 zijn vier situaties geschetst met daarin deze drie krachten. Slechts in één van de situaties zijn de krachten juist weergegeven.

figuur 5



F_z is de zwaartekracht, F_1 is de magnetische kracht ten gevolge van magneet 1 en F_2 die ten gevolge van magneet 2.

4p **6** □ In welke situatie zijn de krachten juist weergegeven? Leg van ieder van de drie andere situaties uit waarom de krachten daarin niet juist zijn weergegeven.

In de praktijk is het onmogelijk een ijzeren plaat zwevend te houden met behulp van permanente magneten, zoals weergegeven in figuur 4. Al door een klein stootje zou het evenwicht van krachten blijvend worden verstoord.
In werkelijkheid zijn de magneten daarom vervangen door twee elektromagneten, zodat de sterkte van de magnetische velden met behulp van de stroom door de spoelen geregeld kan worden. De verticale positie van de plaat wordt voortdurend nauwkeurig gemeten. Wanneer de plaat daalt, wordt er automatisch door de bovenste spoel meer stroom gestuurd zodat de plaat omhoog getrokken wordt. Als de plaat stijgt, gebeurt het omgekeerde.

2p **7** □ Leg uit of de hier beschreven manier van magnetisch zweven een meetsysteem, een stuursysteem of een regelsysteem is.

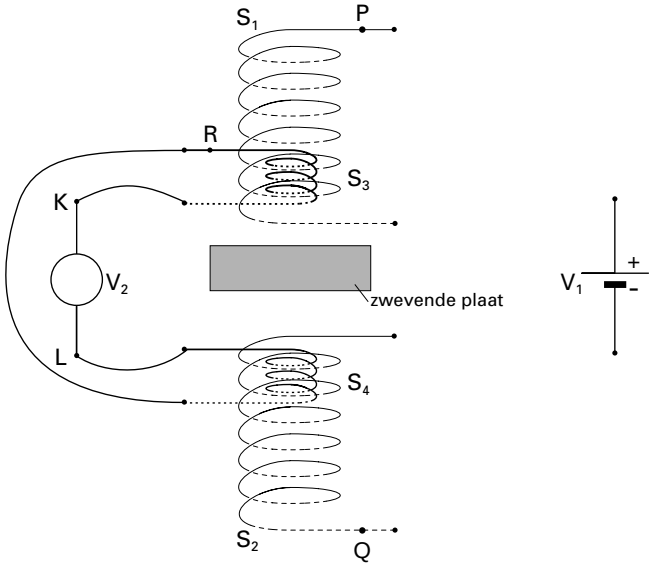
natuurkundeuitgelegd.nl

Voor het meten van de positie van de plaat wordt gebruik gemaakt van een positiesensor. Bij het kiezen van zo'n sensor moet men letten op eigenschappen als gevoeligheid en meetbereik.

3p **8** □ Leg aan de hand van de werking van het systeem uit aan welke van de twee hier genoemde eigenschappen de hoogste eisen moeten worden gesteld.

De variaties in de sterkte van de magnetische velden tijdens het zwevend houden van de ijzeren plaat blijken klein te zijn ten opzichte van de sterkte die de magnetische velden gemiddeld hebben. Daarom is gekozen voor een systeem met vier spoelen. Zie figuur 6.

figuur 6



De grote spoelen S_1 en S_2 zorgen voor het hoofdveld. De kleinere spoelen S_3 en S_4 zorgen voor de variaties op dit hoofdveld. In figuur 6 zijn wel de aansluitingen van de spoelen S_3 en S_4 (op bron V_2) getekend, maar nog niet de aansluitingen van S_1 en S_2.
De spoelen S_1 en S_2 zijn parallel aangesloten op een gelijkspanningsbron V_1.
De oriëntatie van de polen van de elektromagneten komt overeen met die van de permanente magneten in figuur 4. Figuur 6 staat ook op de bijlage.

3p **9** □ Teken in de figuur op de bijlage de aansluitingen tussen de spoelen S_1 en S_2 en spanningsbron V_1. Geef daartoe eerst in de punten P en Q met een pijltje de richting van de elektrische stroom aan.

Spanningsbron V_2 wordt aangestuurd door het automatische systeem. De spanning V_{KL} tussen de aansluitpunten K en L van bron V_2 kan zowel positief als negatief gemaakt worden, afhankelijk van de positie van de ijzeren plaat.
Op een bepaald moment bevindt de ijzeren plaat zich door een verstoring te hoog.

4p **10** □ Leg aan de hand van de schakeling in figuur 6 uit of de potentiaal van aansluitpunt K dan hoger of lager moet zijn dan die van punt L om dit te corrigeren. Beredeneer daartoe eerst hoe het magnetische veld van S_3 en hoe de stroom door punt R dan gericht moeten zijn.

De spoelen S_1 en S_2 zijn identiek. Beide zijn 3,0 cm lang en bestaan uit 480 windingen van koperdraad met een doorsnede van 0,024 mm^2.
Elke winding heeft een omtrek van 6,4 cm. De lengte van de verbindingsdraden wordt verwaarloosd. De spanning van bron V_1 is 24 V. Met behulp van deze gegevens kan de magnetische inductie B in zo'n spoel worden berekend.

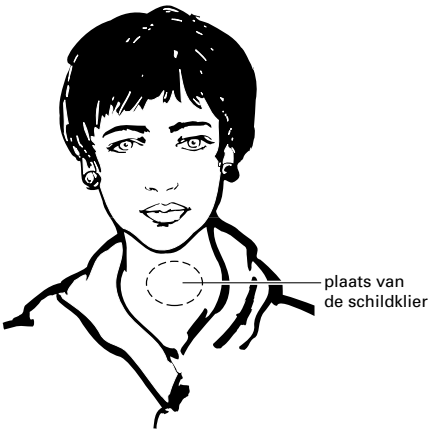
5p **11** □ Geef aan welke stappen je achtereenvolgens moet zetten om B te berekenen. Doe dit door aan te geven welke formules je moet gebruiken en hoe je aan de waarden komt van alle grootheden en constanten die in deze formules staan. Je hoeft de berekeningen niet uit te voeren.

natuurkundeuitgelegd.nl

Opgave 4 Radioactief jood

Het element jood (I) wordt bij inname door de mens vooral in de schildklier opgenomen. Zie figuur 7. Die eigenschap maakt radioactieve joodisotopen zowel voor onderzoek van de schildklier als voor behandeling van een schildkliertumor bruikbaar. In beide situaties wordt een hoeveelheid radioactief jood in het lichaam ingebracht, waarna het in de schildklier via uitzending van straling vervalt.
Bij schildklieronderzoek gebruikt men zowel jood-131 als jood-123.
Door met een voor γ-straling gevoelige camera opnames van de schildklier te maken, kan men de schildklier onderzoeken. Figuur 8 is zo'n opname.
Van jood-123 is bekend dat het vervalt met een halveringstijd van 13,2 uur door alleen γ-straling uit te zenden.
Een jood-123 kern is één van de reactieproducten bij een kernreactie waarbij een telluur-124 kern een proton opneemt.
Het symbool voor telluur is Te.

figuur 7



figuur 8

3p **12** □ Geef de reactievergelijking van het ontstaan van jood-123.

4p **13** □ Leg op grond van twee argumenten uit welke jood-isotoop het meest geschikt is voor schildklieronderzoek.

Om een schildkliertumor te behandelen, wordt bij een patiënt jood-131 ingebracht. Hierna zorgt alleen β-straling voor de inwendige bestraling.
De hoeveelheid jood-131 die aan de patiënt wordt toegediend, wordt uitgedrukt in de activiteit van het jood. Voor de vernietiging van een bepaalde tumor van 2,4 g wordt een hoeveelheid jood-131 met een activiteit van 5,5 GBq toegediend. Voor het verband tussen de activiteit A, de halveringstijd τ en het aantal jood-131 atomen N geldt:

$$A = \frac{\ln 2}{\tau} N$$

5p **14** □ Bereken de dosis die de tumor ontvangt als 0,10% van alle toegediende joodatomen de bij het verval vrijkomende energie aan de tumor afgeeft.

Een deel van het jood-131 wordt via de urine uitgescheiden. Voor het lozen van radioactieve urine op het riool zijn normen opgesteld. Zo mag met jood-131 verontreinigde urine pas geloosd worden als de activiteit per milliliter niet meer dan 1,85 Bq bedraagt.
Op zeker moment blijkt de van een patiënt verzamelde urine ten gevolge van het verval van jood-131 een activiteit van 1,2 MBq te hebben. Het volume van deze urine is 1,1 liter.

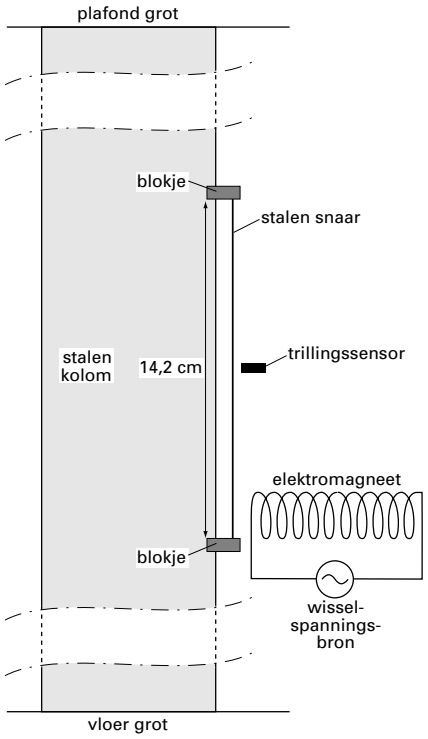
4p **15** □ Bereken na hoeveel dagen deze urine op het riool geloosd mag worden.

natuurkundeuitgelegd.nl

Opgave 5 Grot

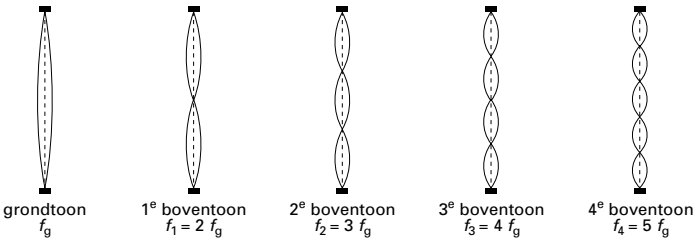
De Gemeentegrot in de Limburgse plaats Valkenburg dreigt langzaam in te zakken onder de last van het gesteente dat zich boven de grot bevindt. Vanwege de toeristische waarde van de grot is besloten een permanent meetsysteem in de grot aan te laten brengen, waarmee het dalen van de plafonds nauwlettend in de gaten wordt gehouden.
Het meetsysteem bestaat uit een aantal massieve, roestvrij stalen, cilindervormige kolommen die tussen plafond en vloer worden ingeklemd.
Op de zijkant van elke kolom zijn meetinstrumenten aangebracht.
Elk meetinstrument bestaat in hoofdzaak uit een roestvrij stalen snaar met in het midden een trillingssensor. Zie figuur 9.
De snaar is verticaal ingespannen tussen twee blokjes die vast aan de stalen kolom zijn gemonteerd. Vlak voor de snaar bevindt zich een elektromagneet.
Een wisselspanning op de elektromagneet brengt de snaar in trilling.
De trillingssensor levert een spanning die recht evenredig is met de maximale snelheid van het middelpunt van de snaar.
De frequentie van de wisselspanning op de elektromagneet wordt steeds zó gekozen, dat de snaar resoneert.

figuur 9



De spanning die de trillingssensor afgeeft, is bij resoneren op zijn grootst.
Behalve de grondtoon zal de snaar tegelijkertijd ook „boventonen" voortbrengen.
In figuur 10 zijn de trillingstoestanden van de grondtoon en van de eerste vier boventonen schematisch weergegeven.

figuur 10



3p **16** □ Beredeneer welke van de eerste vier boventonen zorgt (of zorgen) voor een spanning aan de uitgang van de trillingssensor.

Om nauwkeurig te kunnen meten, mag de spanning die de trillingssensor afgeeft ten gevolge van de tweede boventoon niet meer dan 1% bedragen van die van de grondtoon.
Aangezien de trillingssensor een spanning afgeeft die recht evenredig is met de maximale snelheid van het middelpunt van de snaar, moet deze snelheid bij de grondtoon minstens 100 maal zo groot zijn als die bij de tweede boventoon.
De amplitude van het midden van de snaar is bij resonantie in de grondtoon 0,9 mm.

3p **17** □ Bereken de amplitude die de trilling van de tweede boventoon maximaal mag hebben, zodat de verstorende werking op de spanning van de trillingssensor minder is dan 1%.

natuurkundeuitgelegd.nl

Voor de voortplantingssnelheid van de golven in de snaar geldt:

$$v = f\lambda = \sqrt{\frac{F_s l_s}{m}}$$

Hierin is:
- λ de golflengte van de golven in de snaar;
- f de frequentie van de trillingen;
- F_s de spankracht in de snaar;
- m de massa van de snaar;
- l_s de lengte van de snaar.

De afstand tussen de twee blokjes is 14,2 cm.
De diameter van de roestvrij stalen snaar is 0,80 mm. Als de stalen kolom niet wordt belast, is de spankracht in de snaar gelijk aan $4{,}8 \cdot 10^2$ N.

5p **18** □ Bereken de grondfrequentie van de snaar.

Op een bepaalde plek in de grot is een stalen kolom met een lengte van 2,32 m geplaatst. Als het plafond van de grot iets daalt en een extra kracht ΔF_k op de kolom uitoefent, wordt deze over de gehele lengte samengedrukt.
Het verband tussen ΔF_k en de lengteverandering Δl_k wordt gegeven door de formule:

$$\Delta F_k = \frac{AE}{l_k} \Delta l_k$$

Hierin is:
- A de oppervlakte van de dwarsdoorsnede van de kolom. Deze is gelijk aan $4{,}5 \cdot 10^{-2}$ m^2;
- E de zogenaamde elasticiteitsmodulus van de stof waarvan de kolom gemaakt is: deze is voor staal gelijk aan $2{,}0 \cdot 10^{11}$, uitgedrukt in S.I.-eenheden;
- l_k de lengte van de kolom.

3p **19** □ Leid de eenheid van E af uit bovenstaande formule en druk deze uit in S.I.-grondeenheden (zie tabel 3A van het informatieboek BINAS).

Als de kolom korter wordt, komen de bevestigingspunten van de snaar dichter bij elkaar te liggen zodat ook de snaar korter wordt. Bij een bepaalde meting blijkt de snaar $6{,}1 \cdot 10^{-5}$ m korter te zijn geworden.

3p **20** □ Bereken de extra kracht die het gesteente daarbij op de stalen kolom uitoefent.

De lengteverandering van de snaar kan ook in een percentage worden uitgedrukt.
De procentuele lengteverandering van l_s is:

$$\frac{\Delta l_s}{l_s} \cdot 100\% = \frac{6{,}1 \cdot 10^{-5}}{14{,}2 \cdot 10^{-2}} \cdot 100\% = 0{,}043\%$$

Door de frequentie van de wisselspanningsbron zodanig te veranderen dat de trillingssensor weer de maximale spanning afgeeft, wordt steeds de (veranderde) grondfrequentie van de snaar bepaald. Uit de formule voor de voortplantingssnelheid in de snaar blijkt dat deze grondfrequentie niet alleen verandert door de lengteverandering van de snaar. Tegelijk met de lengteverandering treden namelijk ook veranderingen op in de spankracht in de snaar en in de golflengte van de grondtoon. Zo blijkt bij de lengtevermindering van $6{,}1 \cdot 10^{-5}$ m de spankracht af te nemen met 42 N.

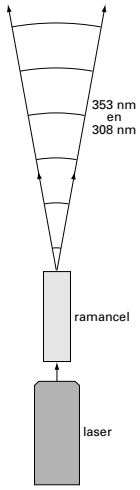
4p **21** □ Beredeneer aan de hand van de formule voor de voortplantingssnelheid v van de golven in de snaar of de grondfrequentie bij de gegeven lengteverandering groter of kleiner wordt. (Hint: Bereken eerst de procentuele veranderingen van F_s en λ.)

natuurkundeuitgelegd.nl

Opgave 6 Ozon

Medewerkers van het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM) te Bilthoven hebben een installatie gebouwd waarmee zij de hoeveelheid ozon op verschillende hoogten in de atmosfeer kunnen meten. Een belangrijk onderdeel van de installatie is een laser die pulsen ultraviolette straling met één golflengte produceert.
De pulsen die de laser verlaten, worden eerst door een zogenaamde ramancel geleid. Dit is een met waterstof gevulde cilinder. Zie figuur 11.
Een deel van de laserstraling brengt waterstofmoleculen in een aangeslagen toestand. Deze moleculen vallen vervolgens via een bepaald tussenniveau terug naar hun oorspronkelijke energieniveau. Hierbij zenden ze ondermeer ultraviolette straling uit met een andere golflengte dan ze van de laser hebben ontvangen.

figuur 11

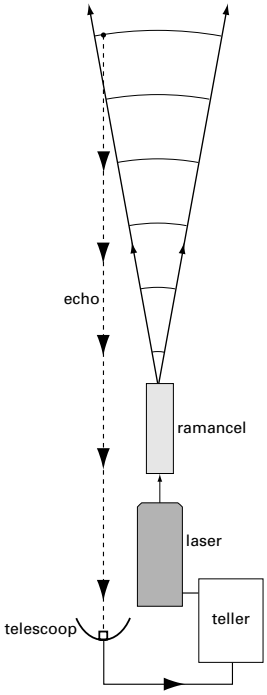


Een ander deel van de laserstraling passeert de ramancel ongehinderd.
De pulsen die uit de ramancel treden, bevatten straling met twee golflengten in het ultraviolette deel van het spectrum: 308 nm en 353 nm. Eén van deze twee golflengten hoort bij de straling die de laser uitzendt.

3p **22** □ Leg uit welke van deze twee golflengten hoort bij de straling die de laser uitzendt.

De laser zendt per seconde 250 pulsen uit. De pulsduur is in de orde van enkele tientallen nanoseconden. Na het verlaten van de ramancel vervolgen de pulsen hun weg in de richting van de atmosfeer. In de atmosfeer kan een foton worden verstrooid. Dit betekent dat het door een molecuul wordt geabsorbeerd en onmiddellijk daarna weer wordt uitgezonden. Het uitgezonden foton kan het molecuul in alle richtingen verlaten.
Een klein deel van de uitgezonden fotonen keert terug in de richting van de installatie. Op die manier veroorzaakt de verstrooiing een zwakke „echo" van de puls.
Een telescoop vangt de echo op. Door een teller wordt het aantal teruggekeerde fotonen bepaald. De installatie is in figuur 12 schematisch weergegeven.
We beschouwen nu de echo van één puls. Fotonen uit één puls die van verschillende hoogten terugkeren, komen met een tijdsverschil bij de teller aan.
De teller registreert fotonen die terugkeren van lagen in de atmosfeer tussen 8,0 km en 60 km hoogte.

figuur 12



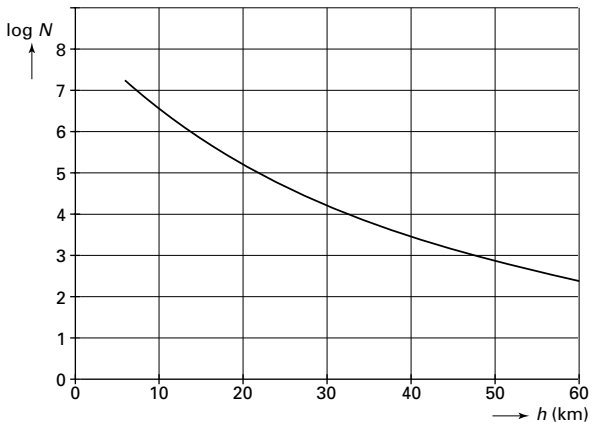
4p **23** □ Bereken het maximale tijdsverschil waarmee fotonen uit één puls worden geregistreerd.

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

natuurkundeuitgelegd.nl

Na het uitzenden van een puls telt men het aantal teruggekeerde fotonen met een golflengte van 353 nm als functie van de tijd. Op deze manier verkrijgt men informatie over de mate waarin de fotonen op verschillende hoogten zijn verstrooid. Hieruit kan de dichtheid van de atmosfeer als functie van de hoogte worden bepaald. In figuur 13 is het aantal fotonen met een golflengte van 353 nm dat per seconde terugkeert (N) als functie van de hoogte (h) weergegeven. Omdat dit aantal sterk afneemt met toenemende hoogte, is niet N, maar log$N$ op de verticale as uitgezet.

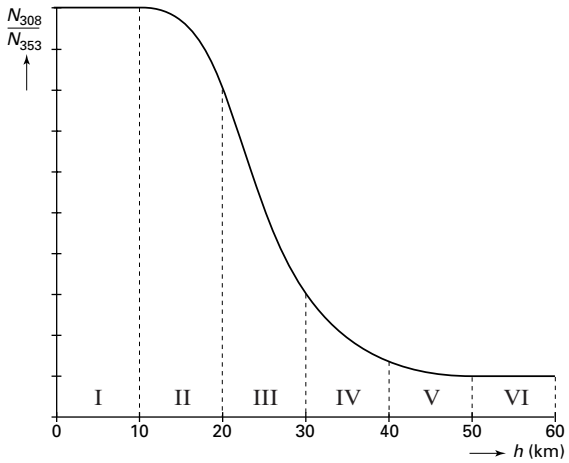
figuur 13



4p **24** □ Bepaal met behulp van figuur 13 het vermogen dat de telescoop terugontvangt van 40 km hoogte.

In lagen van de atmosfeer die geen ozon bevatten, wordt straling van 308 nm in dezelfde mate verstrooid als straling van 353 nm. Er treedt echter een verschil op in lagen van de atmosfeer die wel ozon bevatten. Na het absorberen van een foton met een golflengte van 308 nm blijven deze ozonmoleculen geruime tijd in de aangeslagen toestand. Ze keren pas veel later terug naar de grondtoestand. De daarbij vrijkomende fotonen worden daardoor niet meer geregistreerd.
Het aantal fotonen van 308 nm dat per seconde terugkeert noemen we N_{308}, het aantal fotonen van 353 nm dat per seconde terugkeert noemen we N_{353}. In figuur 14 is de verhouding $N_{308} : N_{353}$ weergegeven als functie van de hoogte h.

figuur 14



We onderscheiden zes lagen in de atmosfeer, die in figuur 14 zijn aangegeven met I tot en met VI.

3p **25** □ Beredeneer aan de hand van figuur 14 in welke laag of lagen ozon aanwezig is.

Einde

Foton De nieuwe natuurkundemethode voor de bovenbouw
Theorie, oefenopgaven, antwoorden in één overzichtelijk boek inclusief SE-keuzeonderwerpen
Betaalbaar: € 35,- voor de complete stof. Meer info: natuurkundeuitgelegd.nl