Examen VWO

2009

tijdvak 2
woensdag 24 juni
13.30 - 16.30 uur

natuurkunde 1,2

Bij dit examen hoort een uitwerkbijlage.

Dit examen bestaat uit 25 vragen.
Voor dit examen zijn maximaal 77 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.

949-0172-a-VW-2-o

natuurkundeuitgelegd.nl

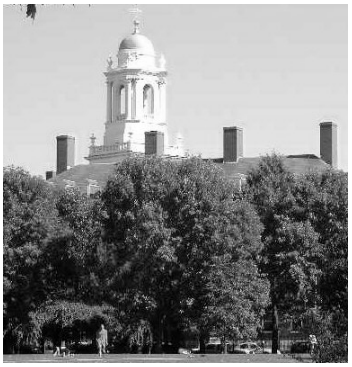
Opgave 1 Vallend foton

Lees het volgende artikel.

Lichtgewicht?

Een foton heeft geen rustmassa maar wel energie. Echter volgens de vergelijking van Einstein $E=mc^2$ zijn massa en energie equivalente begrippen. Maar iets dat massa heeft, hoe gering ook, moet gevoelig zijn voor de zwaartekracht!
In 1960 slaagden de natuurkundigen Pound en Rebka erin dit idee van Einstein experimenteel te testen. Zij richtten γ-fotonen vanaf de top van de Harvard-toren naar de aarde. Tijdens deze val neemt de fotonenergie toe onder invloed van de zwaartekracht. Daarmee wordt ook de frequentie van de fotonen groter.

Deze minieme toename in de frequentie konden Pound en Rebka meten. Voor dit experiment is de extreme nauwkeurigheid van $1{:}10^{15}$ vereist.



De toren van Harvard

Voor de fotonen gebruikten Pound en Rebka γ-straling afkomstig van $^{57}_{26}\mathrm{Fe}$.
Deze isotoop ontstaat bij een vervalreactie, waarbij $^{57}_{27}\mathrm{Co}$ een deeltje invangt.

2p **1** Geef de reactievergelijking van het ontstaan van $^{57}_{26}\mathrm{Fe}$.

De gevormde $^{57}_{26}\mathrm{Fe}$-kern bevindt zich in een soort aangeslagen toestand en valt terug naar de grondtoestand onder uitzenden van de γ-straling, met een halveringstijd $\tau = 9{,}8 \cdot 10^{-8}$ s.
Voor het experiment is een voortdurende stroom γ-fotonen nodig.

2p **2** Leg uit dat de korte halveringstijd geen probleem is voor deze voortdurende stroom γ-fotonen.

natuurkundeuitgelegd.nl

Voor de frequentie f_g van de fotonen **op de grond** geldt:

$$hf_g = hf_h + E_z, \text{ waarin geldt } E_z = \frac{hf_h}{c^2} gH$$

Hierin is:
- f_g de frequentie waarmee een foton de grond bereikt;
- f_h de frequentie waarmee een foton in de top van de toren wordt uitgezonden;
- E_z de zwaarte-energie van een foton;
- h de constante van Planck;
- H de hoogte van de toren: $H = 22{,}6 \text{ m}$;
- g de valversnelling;
- c de lichtsnelheid.

3p **3** Leid de uitdrukking voor E_z af.

De nauwkeurigheid van het experiment moet zo groot zijn, omdat de verandering in de fotonenergie tijdens de val erg klein is.
De verhouding tussen E_z en de oorspronkelijke fotonenergie bepaalt namelijk hoe groot de nauwkeurigheid in dit experiment moet zijn.

4p **4** Bereken deze verhouding bij dit experiment.

natuurkundeuitgelegd.nl

Opgave 2 Radarcontrole

Om de snelheid van een auto te meten kan de politie een radarapparaat gebruiken. Zie figuur 1.
Dit apparaat zendt gedurende enige milliseconden radargolven uit die door de rijdende auto worden teruggekaatst.
De golflengte van de uitgezonden radargolven is $9{,}0\ \text{mm}$.
Radargolven planten zich voort met de lichtsnelheid.

figuur 1

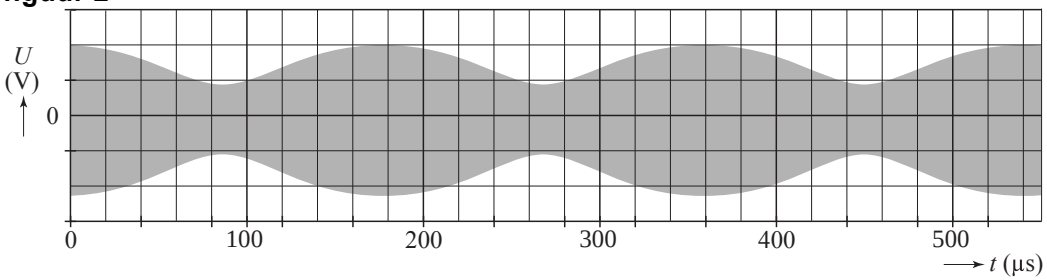
3p **5** Bereken de frequentie van de uitgezonden radargolven.

De teruggekaatste radargolven hebben een veel kleinere amplitudo en een iets kleinere golflengte dan de uitgezonden radargolven.

2p **6** Geef voor beide veranderingen de oorzaak.

Om de snelheid van de auto te bepalen kan men de teruggekaatste golven laten interfereren met de uitgezonden golven. Hierbij ontstaat een samengestelde golf (zweving) waarvan de amplitudo varieert met een bepaalde frequentie.
In figuur 2 is zo'n zweving weergegeven.

figuur 2



De frequentie waarmee de amplitude varieert, is gelijk aan het frequentieverschil Δf tussen de uitgezonden golf en de teruggekaatste golf.
Voor het verband tussen Δf en de snelheid v van een auto die op grote afstand nadert, geldt de volgende formule:

$$\Delta f = \frac{2v}{\lambda}$$

Hierin is:
- Δf het frequentieverschil in Hz;
- v de snelheid van de auto in m s^{-1};
- λ de golflengte van de uitgezonden straling in m.

4p **7** Bepaal met behulp van figuur 2 de snelheid van de naderende auto in km h^{-1}.

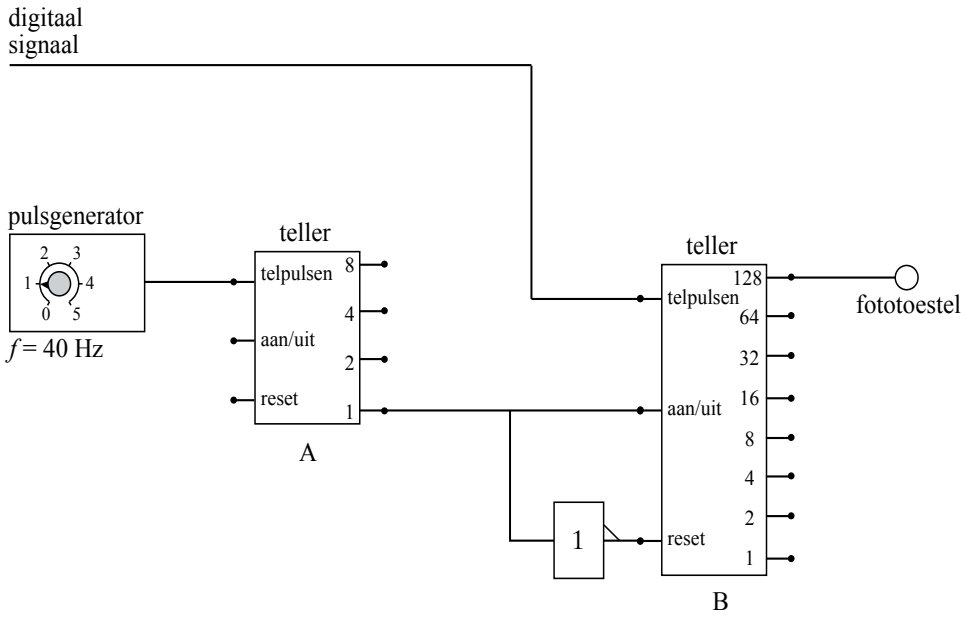
natuurkundeuitgelegd.nl

Als de auto dichterbij het radarapparaat komt, is deze formule niet juist.
Er moet dan gecorrigeerd worden voor het feit, dat de auto niet precies in de richting van het radarapparaat rijdt. Voor de snelheid v moet dan de component van de snelheid in de richting van het radarapparaat ingevuld worden.

2p **8** Leg uit of in dat geval de formule een te grote of een te kleine waarde voor de snelheid v geeft.

Bij een snelheid van $83\ \text{km h}^{-1}$ geldt: $\Delta f = 5{,}1\ \text{kHz}$. Bij een frequentieverschil van $5{,}1\ \text{kHz}$ en hoger moet er een foto van de auto gemaakt worden. Dan gaat er een hoog signaal naar het fototoestel.
Dit kan gerealiseerd worden met de schakeling van figuur 3. Het signaal van figuur 2 wordt daarbij omgezet in een digitaal signaal met dezelfde frequentie als de verschilfrequentie Δf.

figuur 3



Deze schakeling zorgt ervoor dat teller B steeds, beginnend bij 0, gedurende $\frac{1}{40}$ seconde de pulsen van het digitale signaal van het radarapparaat telt.

3p **9** Leg dit uit aan de hand van de schakeling.

2p **10** Toon met een berekening aan dat bij een frequentie van $5{,}1\ \text{kHz}$ en hoger een hoog signaal naar het fototoestel gestuurd wordt.

natuurkundeuitgelegd.nl

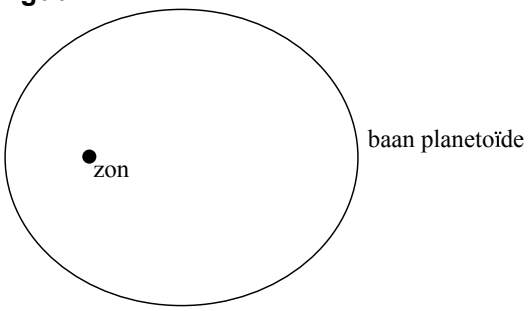
Opgave 3 Planetoïde

Planetoïden zijn kleine, rotsachtige hemellichamen die rond de zon bewegen.
Een botsing met de aarde kan grote gevolgen hebben.
Een inslag op land geeft een krater van 10 à 20 keer de doorsnede van het object. Een inslag in de oceaan kan een tsunami veroorzaken.
In figuur 1 staat een foto van zo'n planetoïde.

figuur 1

In figuur 2 is de ellipsvormige baan van een planetoïde weergegeven.

figuur 2



In een ellipsbaan staat de snelheidsvector niet steeds loodrecht op de verbindingslijn van de planetoïde met de zon. De snelheid kan daarom ook een component in de richting van de zon hebben.
In de figuur op de uitwerkbijlage is de snelheidscomponent in de richting van de zon in punt A getekend.
De getekende component heeft een grootte van $8{,}0\ \mathrm{km s^{-1}}$.

3p **11** Bepaal in de figuur op de uitwerkbijlage de grootte van de snelheid waarmee de planetoïde in punt A beweegt.

De totale energie van een planetoïde in zijn ellipsbaan om de zon bestaat uit de som van zijn kinetische energie en zijn gravitatie-energie.

3p **12** Beredeneer dat een planetoïde dichter bij de zon een grotere snelheid heeft dan op grotere afstand van de zon.

natuurkundeuitgelegd.nl

Op 29 januari 2008 ‘scheerde’ de planetoïde TU24, met een doorsnede van $250\ \text{m}$, op een afstand van $5{,}38 \cdot 10^{8}\ \text{m}$ langs de aarde.
Neem aan dat de aarde zich toen tussen de zon en de planetoïde bevond.
Zie figuur 3. Figuur 3 is niet op schaal.

figuur 3

4p **13** Laat met een berekening zien of TU24 op die plaats sterker door de aarde of sterker door de zon wordt aangetrokken.

Stel dat TU24 met een massa van $1{,}9 \cdot 10^{10}\ \text{kg}$ recht op de aarde afkoerst met een snelheid van $3{,}7 \cdot 10^{4}\ \text{m s}^{-1}$. Men zou dan kunnen proberen TU24 tegen te houden door hem te beschieten met een raket.
Ga uit van een raket met een massa van 280 ton en een snelheid van $1{,}3 \cdot 10^{4}\ \text{m s}^{-1}$ ten opzichte van de aarde. Neem aan dat TU24 en de raket frontaal botsen en na de botsing als één geheel verder gaan.

3p **14** Laat met een berekening zien dat hierbij de snelheid van TU24 nauwelijks zou veranderen.

natuurkundeuitgelegd.nl

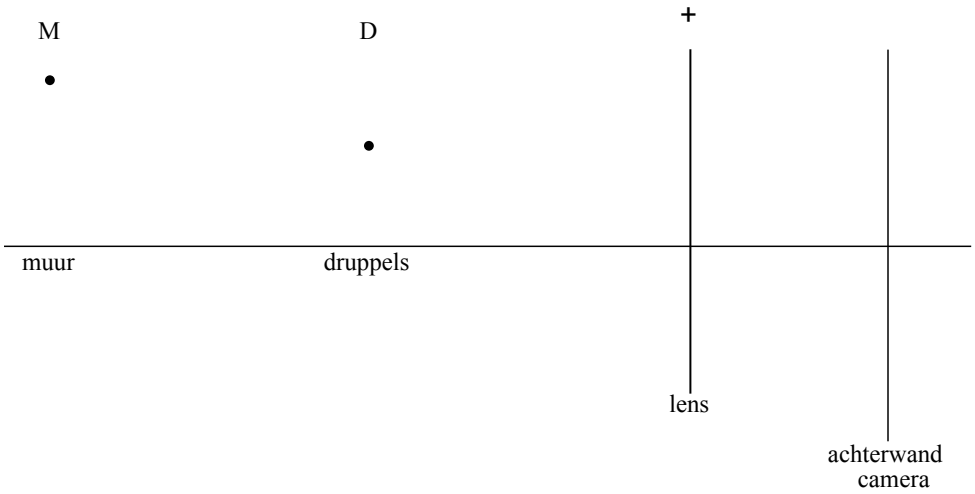
Opgave 4 Regendruppels

Op de foto van figuur 1 zie je vallende regendruppels.
(Omdat het een beetje waait, vallen de druppels niet loodrecht naar beneden.)

Tijdens het maken van de foto stond de camera scherpgesteld op de regendruppels die zich halverwege de lens en de muur bevinden.
In figuur 2 staat een schematische tekening van de situatie.
Figuur 2 staat ook op de uitwerkbijlage.

figuur 1

figuur 2



Punt D geeft een druppel aan.
Punt M is een punt van de muur.

4p **15** Voer de volgende opdrachten uit:
- Construeer in de figuur op de uitwerkbijlage het beeld van punt D.
- Bepaal de plaats van een van de brandpunten en construeer het beeld van punt M.
- Leg uit waarom de afbeelding van de bakstenen op de foto niet scherp is.

natuurkundeuitgelegd.nl

Voor de luchtwrijvingskracht op een druppel geldt:

$$F_{\text{w}} = \frac{1}{2} c_{\text{w}} \rho_{\text{l}} A v^2$$

Hierin is:
- c_{w} de wrijvingscoëfficiënt. Deze is onafhankelijk van de diameter van de druppel;
- ρ_{l} de dichtheid van de lucht in kg m^{-3};
- A de frontale oppervlakte van de druppel in m^2;
- v de snelheid van de druppel in m s^{-1}.

Als een druppel met constante snelheid v valt, geldt voor de valsnelheid:

$$v^2 = kr$$

Hierin is:
- r de straal van de druppel in m;
- k een constante.

4p **16** Druk de constante k uit in g, c_{w}, ρ_{l} en ρ_{w}.
- ρ_{w} is de dichtheid van water in kg m^{-3};
- g is de valversnelling in m s^{-2}.

Voor regendruppels op de foto van figuur 1 is de waarde van k gelijk aan $4{,}0 \cdot 10^4$. De duur van de opname (sluitertijd) is $\frac{1}{60}$ s.
De hoogte van een baksteen met één voeg in de muur is $6{,}0$ cm.
De vergroting van een baksteen op de foto is de helft van de vergroting van de druppels.
Bekijk het spoor van de druppel tussen de punten A en B.

5p **17** Bepaal de diameter van deze druppel aan de hand van de lengte van het spoor AB op de foto.

Tijdens het vallen verdampt er een klein deel van het water van een druppel. Dit is zo weinig dat het geen invloed heeft op de valsnelheid van de druppel, maar wel op zijn temperatuur.

3p **18** Beredeneer of de temperatuur van de druppel door het verdampen stijgt of daalt.

De snelheid van een druppel is in de laatste 100 m van de val constant. Dit is een gevolg van de luchtwrijving. Door diezelfde luchtwrijving stijgt de temperatuur van de druppel iets. Neem aan dat alle wrijvingswarmte van de vallende druppel leidt tot deze temperatuurstijging.

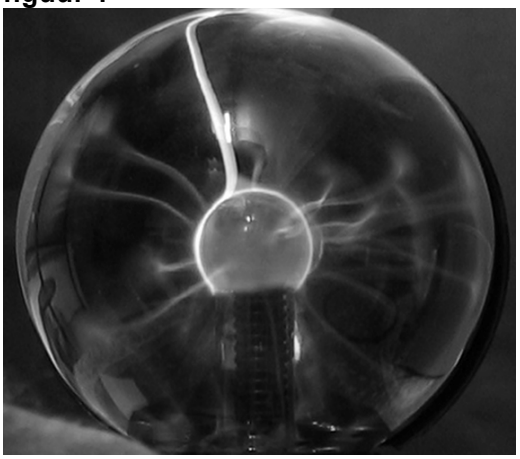
4p **19** Bereken de temperatuurstijging van een druppel in de laatste 100 m van de val als gevolg van de luchtwrijving.

natuurkundeuitgelegd.nl

Opgave 5 Plasmalamp

Hans heeft een plasmalamp. Deze bestaat uit een bolvormige metalen elektrode in een glazen bol. Zie figuur 1.

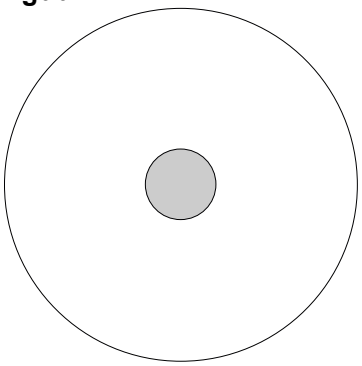
figuur 1



De bol is gevuld met edelgas. Door de hoge spanning tussen de metalen elektrode en de glazen bol ontstaan er bliksemachtige sporen.
In zo'n spoor is het gas geïoniseerd.

In figuur 2 zie je een schematische tekening van de glazen bol en de metalen elektrode in het midden. Figuur 2 staat ook op de uitwerkbijlage.

figuur 2



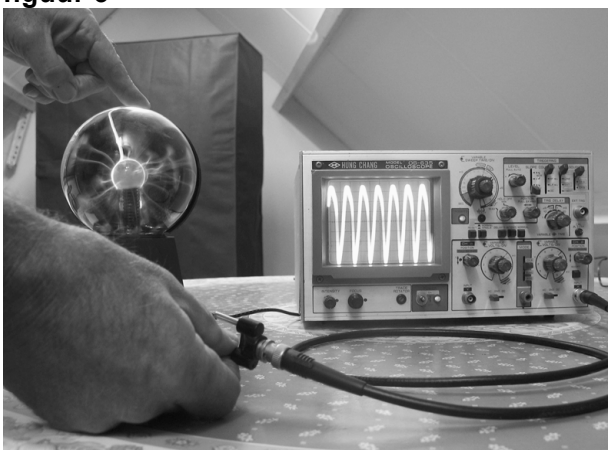
Op een bepaald moment is de bolvormige elektrode negatief ten opzichte van de glazen bol. Neem aan dat er geen ontladingen plaatsvinden.

2p **20** Teken in de figuur op de uitwerkbijlage het elektrisch veld in de bol.
Gebruik hiervoor minimaal zes elektrische veldlijnen.

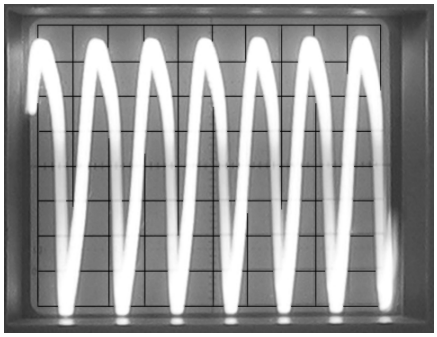
natuurkundeuitgelegd.nl

Er staat een hoogfrequente wisselspanning op de metalen elektrode.
Met de opstelling van figuur 3 kan Hans de frequentie van die wisselspanning bepalen.
Met zijn ene hand raakt hij de buitenkant van de glazen bol aan en met zijn andere hand maakt hij contact met de ingang van een oscilloscoop.
In figuur 4 is het oscilloscoopbeeld weergegeven. De tijdbasis van de oscilloscoop staat ingesteld op $20\ \mu s$ per schaaldeel.

figuur 3



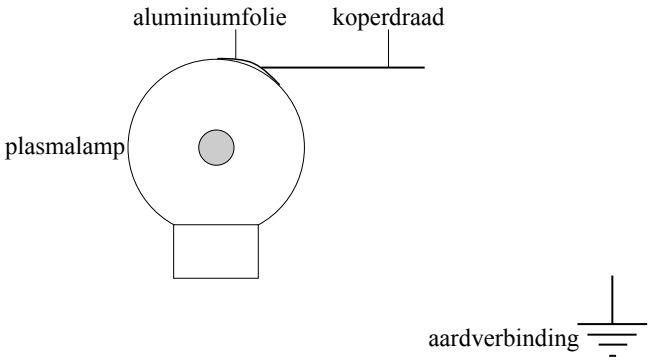
figuur 4



3p **21** Bepaal de frequentie van de wisselspanning.

Voor het vervolg van de metingen plakt Hans een stukje aluminiumfolie op de buitenkant van de glazen bol.
Aan dit aluminiumfolie bevestigt hij een stukje koperdraad.
Zie figuur 5. Figuur 5 staat ook op de uitwerkbijlage.
De koperdraad wordt via een weerstand van $44\ k\Omega$ verbonden met de aarde.
Hans beschikt verder over een stroommeter en een spanningsmeter.

figuur 5



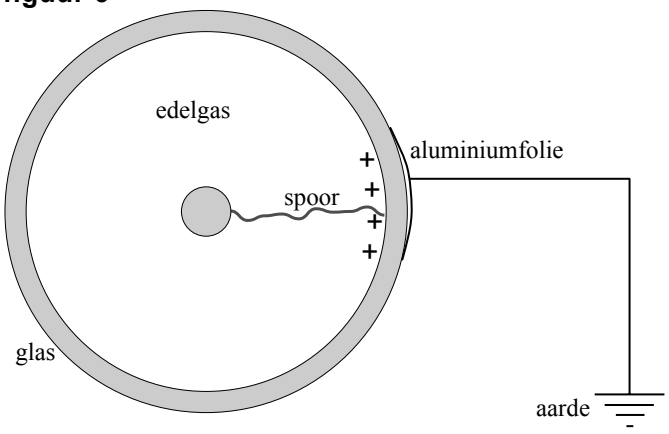
3p **22** Teken in de figuur op de uitwerkbijlage een schakelschema dat geschikt is om de stroom door en de spanning over de weerstand te meten.

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

natuurkundeuitgelegd.nl

Glas is een goede elektrische isolator. De stroom die gemeten wordt tussen het aluminiumfolie en aarde kan dus niet veroorzaakt worden door elektronen die door het glas gaan.
In figuur 6 is een spoor tussen de elektrode en de glazen bol getekend. Door de ionisatie van gas langs dat spoor ontstaat er een geleidende verbinding tussen de elektrode en de binnenkant van het glas. Zie figuur 6.

figuur 6



Op een bepaald moment ontstaat op het glas aan de binnenkant van de bol bij het aluminiumfolie een positieve lading. Op datzelfde moment loopt tussen het aluminiumfolie en aarde een stroom.

3p **23** Leg uit of deze stroom van het aluminiumfolie naar aarde loopt of andersom.

In de bol bevindt zich onder andere heliumgas. Door het gas bewegen elektronen die tegen heliumatomen kunnen botsen. Als de snelheid van een elektron groot genoeg is, kan bij een botsing een heliumatoom geïoniseerd worden.
De vrije weglengte is de gemiddelde afstand die een elektron aflegt tussen twee opeenvolgende botsingen met atomen.

2p **24** Leg met behulp van het begrip vrije weglengte uit dat de gasdruk laag moet zijn om heliumatomen te kunnen ioniseren.

De gasdruk in de bol is 10% van de buitenluchtdruk.
In de bol bevindt zich $0{,}90$ L gas met een temperatuur van 18 °C.

4p **25** Bereken het aantal moleculen gas dat zich in de bol bevindt.

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