Examen VWO

2016

tijdvak 2
woensdag 22 juni
13.30 - 16.30 uur

natuurkunde

Bij dit examen hoort een uitwerkbijlage.

Achter dit examen is een erratum opgenomen.

Dit examen bestaat uit 27 vragen.
Voor dit examen zijn maximaal 75 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.

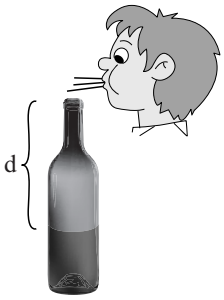
VW-1023-a-16-2-o

natuurkundeuitgelegd.nl

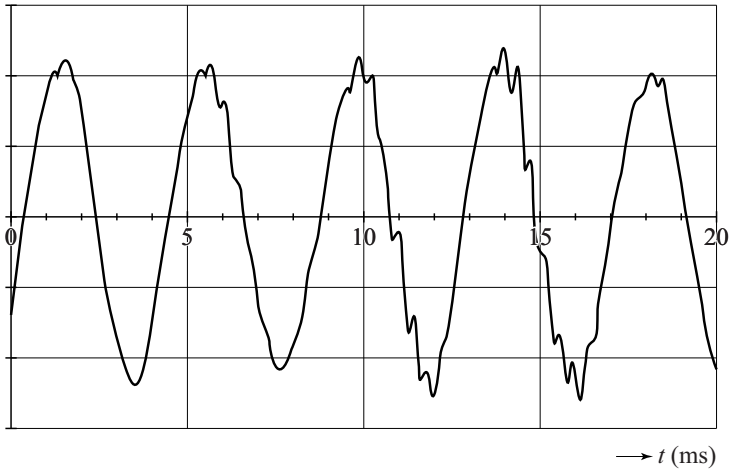
Onderzoek naar geluid uit een fles

Chiara en Michel doen onderzoek aan geluid uit een fles. Zij blazen lucht over de hals van een fles en horen geluid. De fles is gevuld met water tot een afstand d onder de flesopening. Zie figuur 1. Bij kamertemperatuur meten zij het geluid met een geluidssensor. Bij een afstand $d = 13{,}0$ cm vinden zij de grafiek van figuur 2.

figuur 1



figuur 2



Uit figuur 2 volgt dat de grondfrequentie van het geluid $2{,}4 \cdot 10^2$ Hz is.

2p **1** Toon dat aan.

Michel denkt dat dit geluid ontstaat doordat er in de fles een staande golf ontstaat met een knoop bij het wateroppervlak en een buik bij de flesopening. Met deze gegevens berekent Michel de geluidssnelheid en vindt een uitkomst die niet overeenkomt met de waarde in BiNaS.

3p **2** Voer de volgende opdrachten uit:
- Toon aan dat de berekende geluidssnelheid niet overeenkomt met die in BiNaS.
- Toon aan dat de gemeten frequentie geen boventoon kan zijn.

Chiara en Michel gaan op zoek naar een andere verklaring. Bij een excursie in het Teylers Museum zien zij een set helmholtz-resonatoren uit de 19e eeuw. Deze werden gebruikt om te analyseren welke toonhoogtes in een stem voorkwamen.
Zie figuur 3. Eenmaal thuisgekomen vinden ze op internet een site over helmholtz-resonatoren en vinden de formule:

figuur 3

natuurkundeuitgelegd.nl

$$f = \frac{v}{2\pi}\sqrt{\frac{A}{V\ell}}.$$

Hierin is:
- v de geluidssnelheid in $\mathrm{m\,s^{-1}}$;
- A het oppervlak van de resonatoropening in $\mathrm{m^2}$;
- V het volume van de lucht in de resonator in $\mathrm{m^3}$;
- ℓ de lengte van de hals van de resonator in m.

1p **3** Beschrijf een methode om het volume van de lucht in de fles te meten.

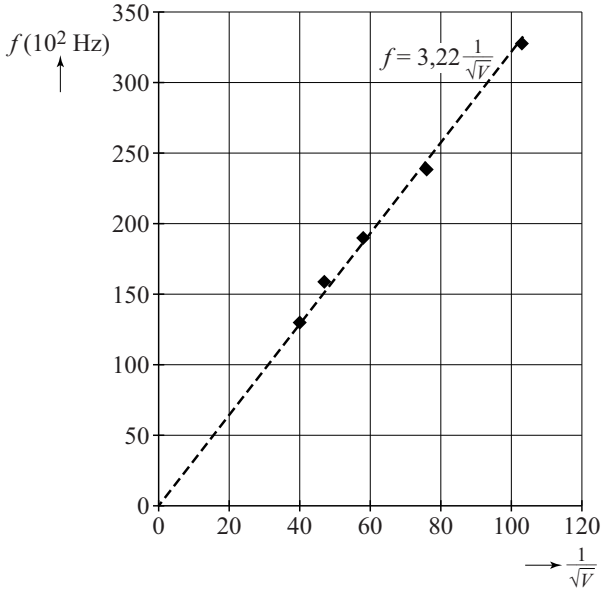
Chiara en Michel gaan deze formule op de fles toepassen.
Voor hun fles meten ze: $A = 2{,}54 \cdot 10^{-4}\ \mathrm{m^2}$ en $\ell = 0{,}070\ \mathrm{m}$.
Verder meten ze de frequentie als functie van het volume. Zie tabel 1.

tabel 1

$V\ (10^{-6}\ \mathrm{m^3})$	$f\ (10^2\ \mathrm{Hz})$
94	3,3
172	2,4
298	1,9
448	1,6
630	1,3

Ze laten een rekenprogramma op de computer een coördinaat-transformatie toepassen. Daarna laten ze het programma een lijn (trendlijn) door de punten tekenen en de functie van die lijn bepalen. Zie figuur 4. De eenheid langs de horizontale as staat niet vermeld.

figuur 4



2p **4** Leg uit wat de eenheid langs de horizontale as moet zijn.

4p **5** Voer de volgende opdrachten uit:
- Geef de reden dat de lijn door de oorsprong moet gaan.
- Bereken de geluidssnelheid met behulp van de gegeven functie.
- Leg uit of Chiara en Michel mogen concluderen dat hun proef beschreven mag worden met de formule van Helmholtz.

Je ziet dat de frequentie-metingen zijn gegeven in 2 significante cijfers, maar dat de helling van de getekende lijn gegeven is in 3 significante cijfers.

1p **6** Geef de reden dat hierbij het aantal significante cijfers toeneemt.

natuurkundeuitgelegd.nl

Thalliumscintigrafie

Thalliumscintigrafie is een techniek die gebruikt wordt om de doorbloeding van de hartspier te onderzoeken.

In het onderzoek wordt thallium-201 gebruikt. Deze isotoop ontstaat via twee reacties. Eerst wordt thallium-203 beschoten met een proton. Bij deze reactie ontstaat de isotoop lood-201. Uit het radioactieve verval van lood-201 ontstaat vervolgens thallium-201.

4p **7** Geef van beide kernreacties de reactievergelijking.

De isotoop thallium-201 is radioactief en vervalt via een proces dat K-vangst heet. Bij K-vangst neemt een atoomkern een elektron op uit de binnenste elektronenschil. Bij dit proces komt alleen γ-straling vrij.
Ook bij andere radioactieve stoffen die vervallen onder uitzending van α-straling of β-straling kan γ-straling vrijkomen. Toch wordt er in dit onderzoek gekozen voor een radioactieve stof die vervalt via K-vangst.

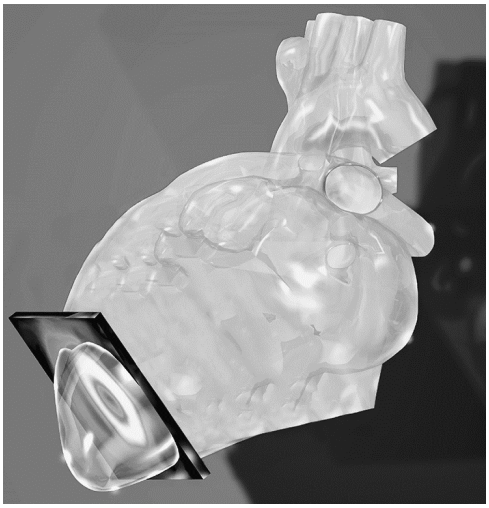
2p **8** Leg uit waarom.

De hoeveelheid radioactieve stof die in het onderzoek gebruikt wordt, heeft een activiteit van 56 MBq. Thallium-201 heeft een halveringstijd van 3,04 dag.

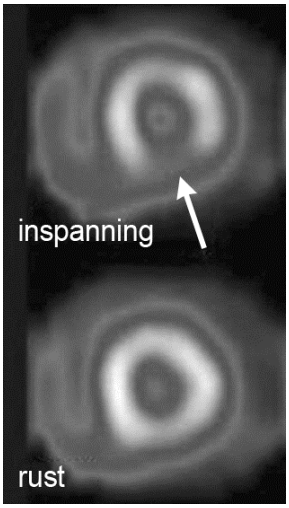
3p **9** Bereken de massa van deze hoeveelheid thallium-201.

Bij het onderzoek wordt thallium-201 ingespoten bij de patiënt. Het thallium-201 hecht zich aan de bloedvaten in het hart. Van de uitgezonden γ-straling wordt met een γ-camera een afbeelding gemaakt. Daarmee wordt een beeld gevormd dat een doorsnede geeft van een deel van het hart.
In figuur 1 staat die doorsnede weergegeven in een ‘artist’s impression’.
In figuur 2 zijn afbeeldingen van doorsnedes van de hartspier weergegeven, zowel bij inspanning (lopen of fietsen) als in rust.

figuur 1



figuur 2



natuurkundeuitgelegd.nl

Een lichtere kleur betekent een hogere concentratie γ-straling.
De afbeeldingen in figuur 2 kunnen inzicht geven in wat er met de hartspier mis is: een tijdelijke vernauwing of een permanente afsluiting (infarct) in de bloedvaten van het hart.

Er zijn vier diagnoses die een arts zou kunnen stellen:
1 Er is geen sprake van een vernauwing en geen sprake van een infarct.
2 Er is sprake van een vernauwing, maar geen sprake van een infarct.
3 Er is geen sprake van een vernauwing, maar wel van een infarct.
4 Er is sprake van zowel een vernauwing als een infarct.

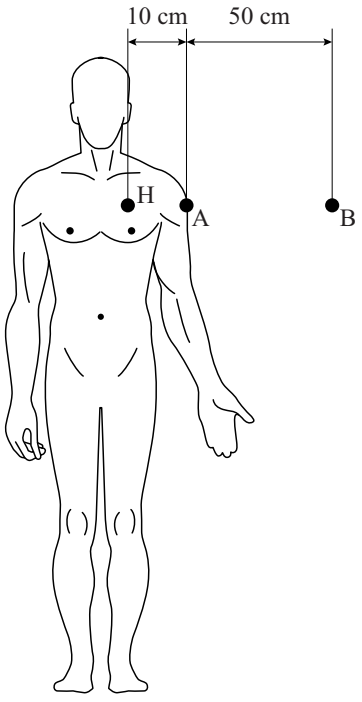
3p **10** Leg uit welke diagnose het best door de informatie van figuur 2 wordt ondersteund.

In de patiënten-informatie over thalliumscintigrafie staat:

> Na afloop van het onderzoek blijft de radioactieve stof nog enige tijd in uw lichaam, waardoor u een minimale hoeveelheid straling uitzendt. Om personen in uw omgeving niet onnodig aan straling bloot te stellen, is het belangrijk dat u op de dag van het onderzoek een armlengte afstand tot andere mensen bewaart.

De stralingsintensiteit neemt af vanwege absorptie in het lichaam en vanwege de afstand tot de stralingsbron.
In figuur 3 zijn drie punten aangegeven: het hart H, punt A en punt B.
Het radioactieve hart H is te beschouwen als een puntbron.
De fotonen die bij het verval van thallium-201 vrijkomen hebben een energie van 0,10 MeV.

figuur 3



5p **11** Voer de volgende opdrachten uit:
- Toon met een berekening aan dat de absorptie van γ-straling tussen de punten A en B in de lucht verwaarloosbaar is.
- Bereken met welke factor de stralingsintensiteit in punt B is afgenomen in vergelijking met punt A.

natuurkundeuitgelegd.nl

Jupiter ‘fly-by’

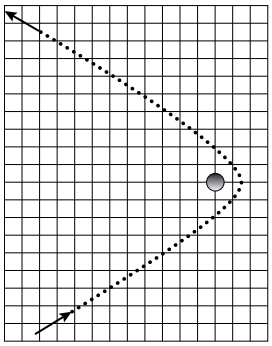
Lees het artikel.

Een ruimteverkenner ($m = 1{,}0$ ton) die het zonnestelsel wil verlaten, moet voldoende snelheid hebben om aan de aantrekkingskracht van de zon te ontsnappen. Daarom wordt een ruimteverkenner vaak bewust dicht langs planeten gestuurd, zodat hij gebruik kan maken van de aantrekkingskracht van een bewegende planeet. Dit noemt men een ‘fly-by’.
Door een fly-by langs Jupiter kregen ruimteverkenners als de Pioneers, de Voyagers en Ulysses extra snelheid om het zonnestelsel te kunnen verlaten.

Sanne en Christy bestuderen de fly-by. Daartoe stellen zij drie verschillende modellen op.

model 1
In dit model beweegt de verkenner om een stilstaande planeet. Zie figuur 1.
Christy beweert dat er uiteindelijk snelheidswinst ontstaat doordat de verkenner naar de planeet toe steeds sneller gaat.

figuur 1



1p **12** Waarom heeft Christy **geen** gelijk?

Om uiteindelijk snelheidswinst te boeken is het dus noodzakelijk dat de planeet zelf een snelheid heeft. Dit bestuderen ze in model 2.

model 2
Als eerste berekenen ze dat de snelheid v_J van Jupiter in zijn baan om de zon gelijk is aan $1{,}30 \cdot 10^4$ m s^{-1}.

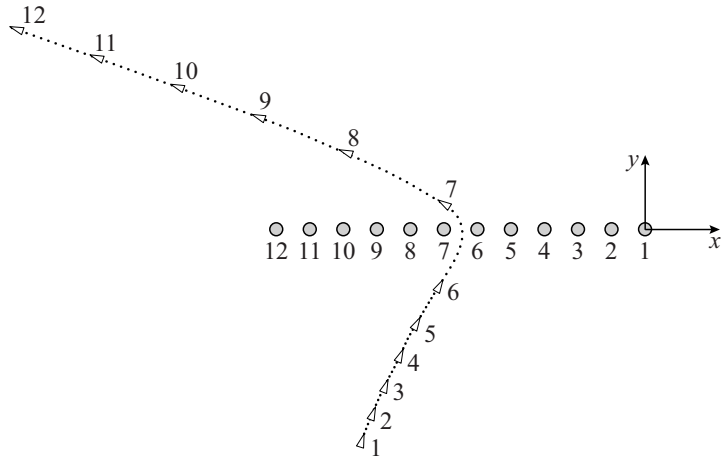
3p **13** Laat dit zien met een berekening.

In model 2 stellen Sanne en Christy dat Jupiter een snelheid heeft in de negatieve x-richting. De verkenner beweegt op de manier die is aangegeven in figuur 2.
In figuur 2 zijn de posities van de verkenner en Jupiter op 12 tijdstippen weergegeven.

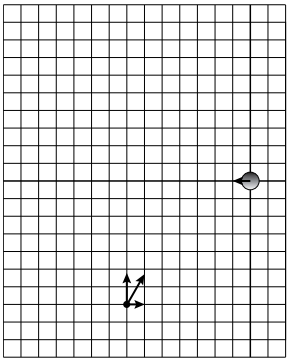
In figuur 3a is de situatie op tijdstip 1 weergegeven.
In figuur 3b is de situatie weergegeven als de verkenner het dichtst bij Jupiter is (ergens tussen de tijdstippen 6 en 7).
In figuur 3c is situatie op tijdstip 12 weergeven.
De figuren 3a, 3b en 3c staan vergroot weergegeven op de uitwerkbijlage.

natuurkundeuitgelegd.nl

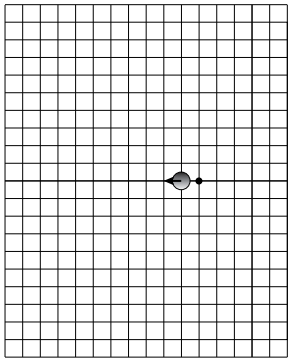
figuur 2



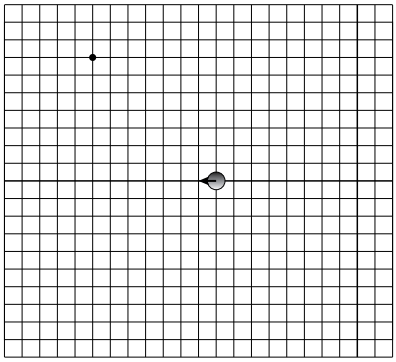
figuur 3a



figuur 3b



figuur 3c



De snelheid van de verkenner vóór de passage noemen ze v_{voor}, de snelheid ná de passage noemen ze v_{na}.
Model 2 levert eindsnelheden, die je kunt berekenen met de volgende formules:

$$v_{\text{na},x} = 2v_{\text{j}} - v_{\text{voor},x} \qquad (1)$$

$$v_{\text{na},y} = v_{\text{voor},y} \qquad (2)$$

De verkenner haalt maximale winst aan kinetische energie als hij op de heenweg **tegen** de bewegingsrichting van de planeet in beweegt.

1p **14** Waarom is dit zo?

De snelheidswinst ontstaat door het overdragen van de kinetische energie van de planeet op de verkenner. De snelheidsverandering van Jupiter daarbij is echter niet merkbaar.

2p **15** Leg dit uit.

3p **16** Construeer met behulp van model 2 in figuur 3c op de uitwerkbijlage de snelheidsvector $\vec{v}_{\text{na}}$ van de verkenner op de aangegeven plaats.

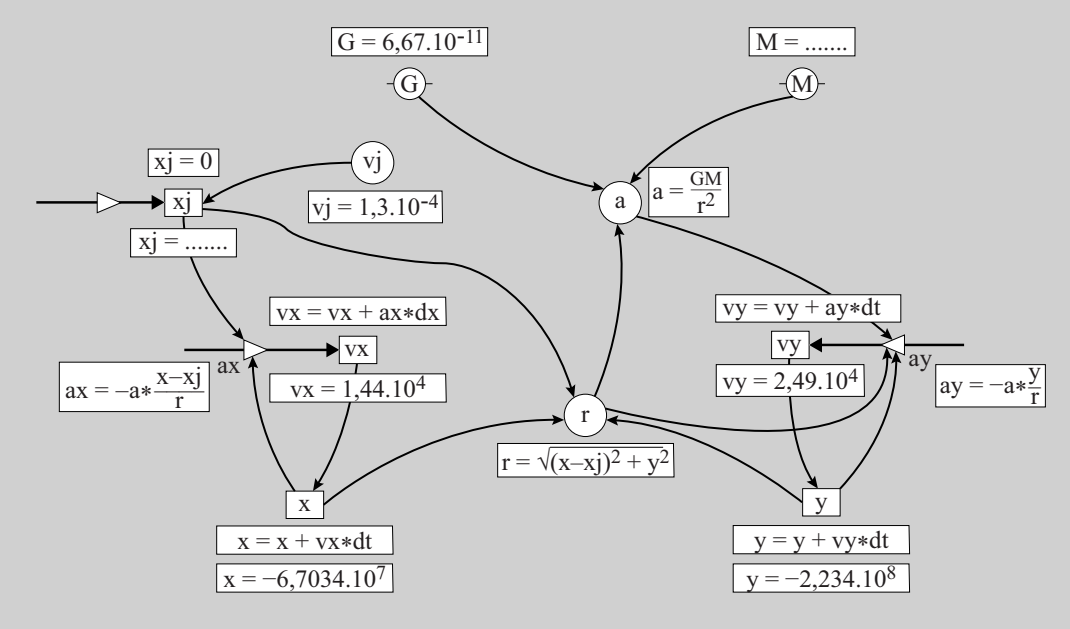
natuurkundeuitgelegd.nl

model 3
Dit is een computermodel.
Model 3 staat weergegeven in de figuren 4a en 4b en op de uitwerkbijlage.

figuur 4a

	Modelregels	Startwaarden (SI)
1	r = ((x - xj)^2 + y^2)^0,5	G = 6,67.10^{-11}
2	a = GM/r^2	M = ……..
3	ax = -a*(x - xj)/r	vx = 1,44.10^4
4	ay = -a*y/r	vy = 2,49.10^4
5	vx = vx + ax*dt	x = -6,7034.10^7
6	vy = vy + ay*dt	y = -2,234.10^8
7	x = x + vx*dt	xj = 0
8	y = y + vy*dt	vj = -1,3.10^4
9	xj = ……	t = 0
10	t = t + dt	dt = 5

figuur 4b

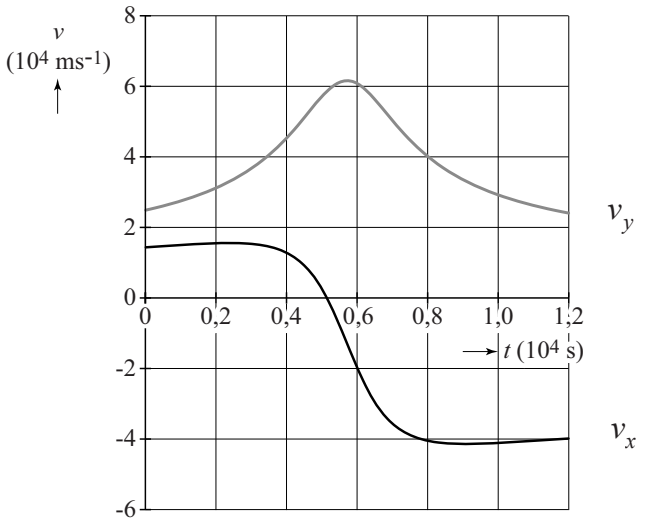


3p **17** Voer over dit model de volgende opdrachten uit:
- Vul op de uitwerkbijlage de regel M = …….. aan.
- Vul op de uitwerkbijlage de regel xj = ……. aan.
- Geef aan waarom gerekend wordt met (x-xj) in plaats van met x.

natuurkundeuitgelegd.nl

De snelheden die volgen uit model 3 zijn weergegeven in figuur 5.

figuur 5



Model 2 van Sanne en Christy komt overeen met de snelheidsberekeningen van model 3 in figuur 5.

3p **18** Laat dit met behulp van getallen zien voor de formules (1) en (2).

Om op een bepaald *punt* uit het zonnestelsel te ontsnappen, moet de eindsnelheid v_{na} groter zijn dan een minimale waarde v_{min}.
Voor v_{min} geldt:

$$v_{min} = \sqrt{\frac{2GM_{zon}}{r}}.$$

Hierin is:
- M_{zon} de massa van de zon;
- r de afstand tussen de satelliet en de zon.

3p **19** Leid de formule voor v_{min} af met behulp van formules in BiNaS.

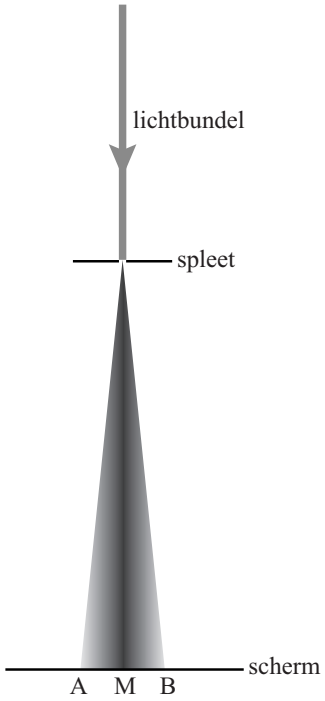
4p **20** Voer de volgende opdrachten uit:
- Bepaal de eindsnelheid v_{na} die uit model 3 volgt.
- Laat zien met een berekening of deze eindsnelheid voldoende is om uit het zonnestelsel te ontsnappen.

natuurkundeuitgelegd.nl

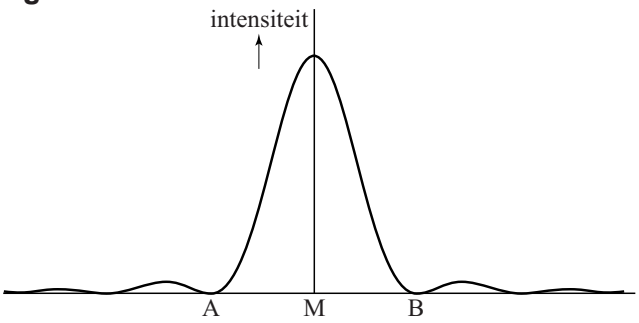
Buiging bij een enkelspleet

Een evenwijdige lichtbundel die door een nauwe spleet gaat, komt er divergent uit. In figuur 1 is dit schematisch weergegeven. Deze figuur is niet op schaal. Dit verschijnsel wordt buiging genoemd.
Op het scherm achter de spleet is tussen de punten A en B een lichtvlek te zien in plaats van één stip alleen in punt M. Links van A en rechts van B komt ook nog een klein beetje licht.
Figuur 2 laat zien hoe de lichtintensiteit op het scherm verloopt.

figuur 1



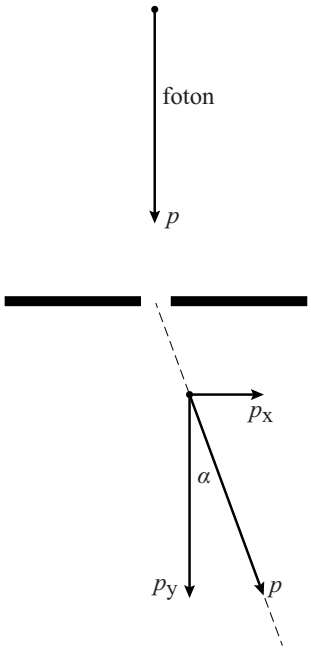
figuur 2



3p **21** Leg uit waarom in de punten A en B de lichtintensiteit nul is. Gebruik hierbij het begrip interferentie.

Een lichtbundel bestaat uit fotonen.
De fotonen die door de spleet gaan, hebben na de spleet niet allemaal dezelfde richting.
In figuur 3 is weergegeven hoe een foton na de spleet onder een hoek α naar het scherm gaat.
De impuls p van het foton is niet van grootte veranderd, maar wel van richting.
Figuur 3 is niet op schaal.

figuur 3



Voor de golflengte van het licht geldt:
$\lambda = 632{,}8$ nm; voor de horizontale component van de impuls van dit foton na de spleet geldt:
$p_x = 1{,}33 \cdot 10^{-29}$ kg m s^{-1}.

3p **22** Bereken de grootte van hoek α.

natuurkundeuitgelegd.nl

De meeste fotonen komen ergens tussen de punten A en B op het scherm, afhankelijk van de grootte en richting van de component p_x die het foton heeft gekregen bij het passeren van de spleet.
Als de in figuur 3 getekende lichtstraal net links van punt B uitkomt, mag de gegeven waarde van p_x beschouwd worden als de onbepaaldheid Δp zoals die voorkomt in de onbepaaldheidsrelatie van Heisenberg.

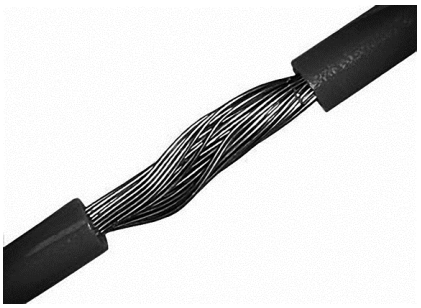
4p **23** Voer de volgende opdrachten uit:
- Bereken de minimale waarde van Δx in dit geval volgens de onbepaaldheidsrelatie van Heisenberg.
- Geef aan of deze waarde van Δx betrekking heeft op de breedte van de spleet of op de afstand AB op het scherm.
- Leg uit wat er met de afstand AB gebeurt als de spleetbreedte kleiner wordt en de afstand van de spleet tot het scherm gelijk blijft.

natuurkundeuitgelegd.nl

Draadbreuk

Judith en Fons bestuderen ‘samengestelde stroomdraden’ die gebruikt worden bij proeven met lage gelijkspanning. Samengestelde draden bestaan uit een bundel niet geïsoleerde dunne koperdraadjes. Zie figuur 1.

figuur 1



Een voordeel is dat zo’n samengestelde draad soepeler is dan een draad van massief koper.
Fons noemt als ander voordeel dat de draad bij dezelfde lengte met dezelfde massa koper minder elektrische weerstand heeft dan een massieve draad van dezelfde lengte en dezelfde massa.

2p **24** Leg uit of Fons gelijk heeft.

De samenstelling van zo’n soepele draad wordt aangegeven met:

$(n \times d)$.

Hierin is:
- n het aantal koperdraadjes;
- d de diameter van één draadje in mm.

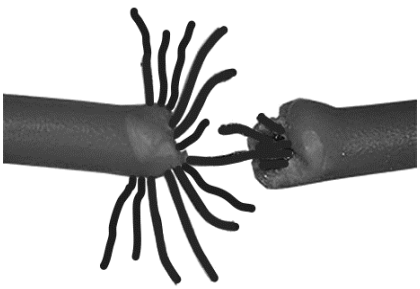
Een nadeel van samengestelde draden is de beperking van de stroomsterkte. De ‘maximale stroomdichtheid’ van samengestelde draden $(d < 0{,}5\ \text{mm})$ is $3{,}6\ \text{A mm}^{-2}$.

Fons bestudeert de eigenschappen van een samengestelde draad van $1{,}0\ \text{m}$ met samenstelling: $(30 \times 0{,}10)$.

6p **25** Voer de volgende opdrachten uit:
- Bereken de weerstand van deze samengestelde draad.
- Bereken de maximale spanning die over deze samengestelde draad mag staan.

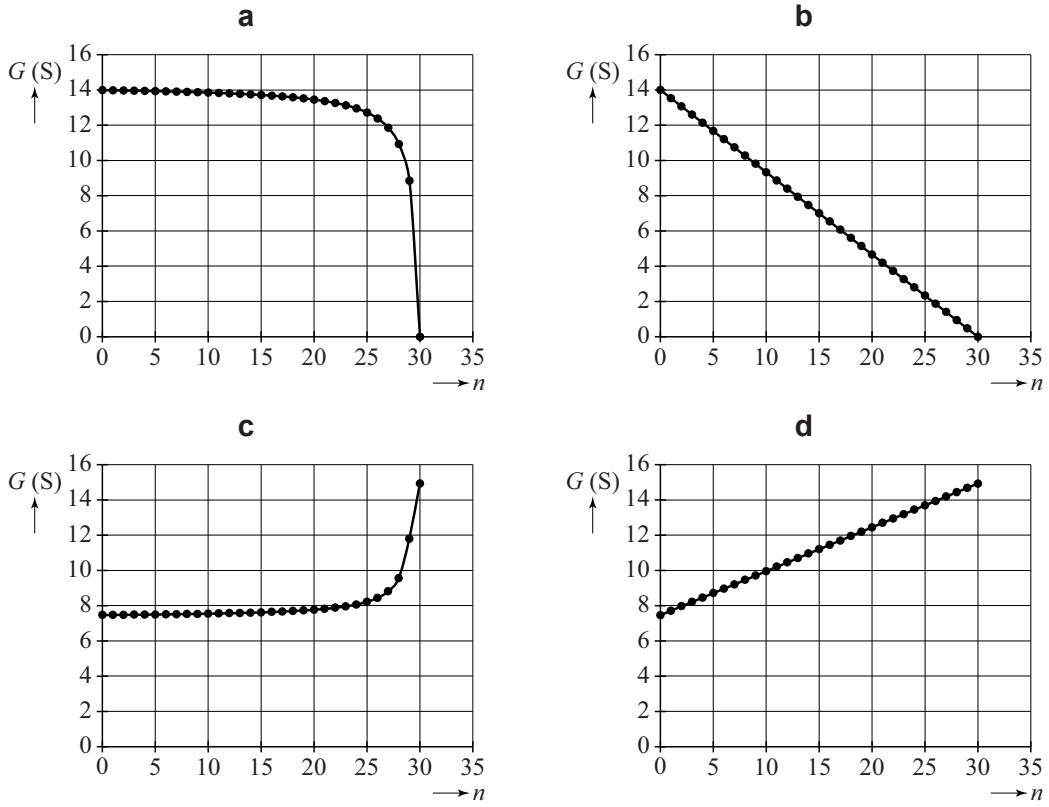
Judith wil uitzoeken hoe de geleidbaarheid G van de totale draad van $1{,}0\ \text{m}$ lengte verandert als ze de draadjes één voor één doorknipt en een klein stukje uit elkaar vouwt. In figuur 2 is een voorbeeld weergegeven (met minder dan 30 draadjes).
Zij tekent daartoe de vier diagrammen die staan weergegeven in figuur 3a tot en met 3d.

figuur 2



natuurkundeuitgelegd.nl

figuur 3



In elk diagram staat de geleidbaarheid G uitgezet tegen het aantal doorgeknipte draadjes n.

2p **26** Leg met behulp van de begrippen serie en/of parallel uit welk diagram het verloop van de geleidbaarheid G het best weergeeft.

Judith wil weten of er door het quantum-tunneleffect ook geleiding mogelijk is, als er in een draadje door een breuk een minieme luchtspleet ontstaat. Door dit effect te vergelijken met de werking van de Scanning Tunneling Microscope (STM), die afstanden ter grootte van één atoom overbrugt, wil Judith een schatting maken van de *maximale* breedte van de luchtspleet waarbij het quantum-tunneleffect kan optreden.
Hieronder staan drie ordes van grootte van die schatting:

a 10^{-3} m

b 10^{-6} m

c 10^{-9} m

2p **27** Kies de beste schatting. Licht je antwoord toe.

natuurkundeuitgelegd.nl

natuurkunde vwo

Centraal examen vwo

Tijdvak 2

Opgaven

Aan de secretarissen van het eindexamen van de scholen voor vwo,

Bij het centraal examen natuurkunde vwo op woensdag 22 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 6**, de inleiding op vraag 13, bij **model 2**, moet:

$1{,}30 \cdot 10^4 \text{ m s}^{-1}$

vervangen worden door:

$1{,}3 \cdot 10^4 \text{ m s}^{-1}$

Het College voor Toetsen en Examens
Namens deze, de voorzitter,

drs. P.J.J. Hendrikse

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