Examen VWO

2019

tijdvak 2
dinsdag 18 juni
13.30 - 16.30 uur

natuurkunde

Bij dit examen hoort een uitwerkbijlage.

Dit examen bestaat uit 25 vragen.
Voor dit examen zijn maximaal 78 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-19-2-o

natuurkundeuitgelegd.nl

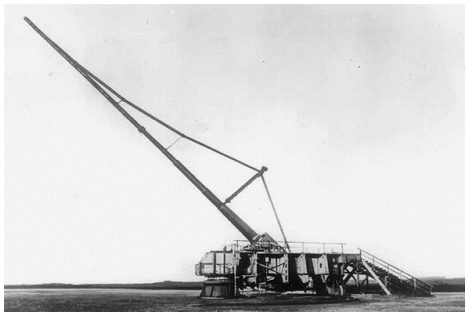
Pariser Kanone

Tegen het einde van de Eerste Wereldoorlog introduceerde het Duitse leger een nieuw ontwerp kanon, het 'Pariser Kanone' (het Parijse Kanon). Zie figuur 1. Dit kanon kon Parijs beschieten van achter de frontlinie, een afstand van 120 km. Een granaat bereikte hierbij een hoogte van wel 40 km waarbij hij door zeer ijle lucht vloog. Tussen maart en augustus 1918 schoot het Duitse leger ongeveer 350 granaten af richting Parijs.

Gegevens van het Pariser Kanone

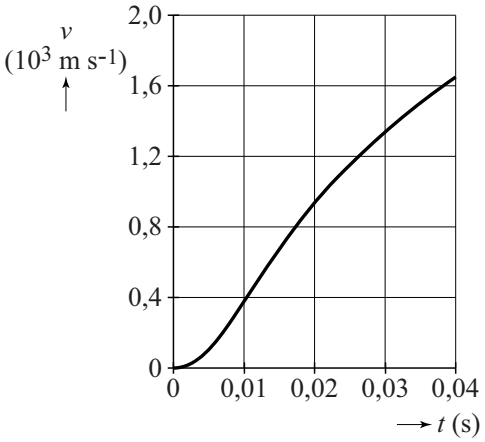
diameter granaat	20 cm
massa granaat	106 kg
buskruit per schot	180 kg
uittree-snelheid	1640 m s^{-1}
afstand	>120 km
hoogte	>40 km

figuur 1

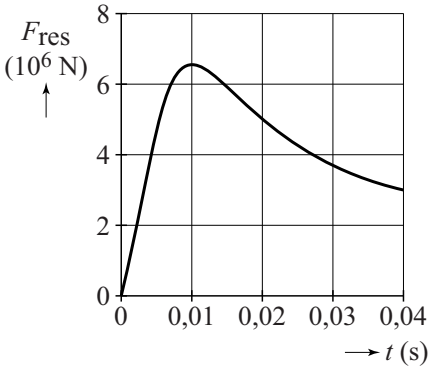


De loop was extra lang gemaakt, zodat de granaten een voldoende hoge snelheid kregen om de afstand te overbruggen.
In figuur 2a en 2b zijn het (v,t)-diagram en het (F_{res},t)-diagram van een granaat weergegeven tijdens het afschieten. Op $t = 0{,}04$ s verlaat de granaat de loop. Deze figuren staan vergroot op de uitwerkbijlage.

figuur 2a



figuur 2b



3p **1** Bepaal met behulp van figuur 2a op de uitwerkbijlage de lengte van de loop van het kanon.

De granaat bereikt zijn maximale versnelling op $t = 0{,}01$ s.

5p **2** Bepaal met behulp van de figuren 2a en 2b op de uitwerkbijlage de massa van een granaat, en laat zien of deze massa ligt binnen een marge van 10% van de waarde uit de tabel.

natuurkundeuitgelegd.nl

Er komt 3,0 MJ aan energie vrij per kilogram buskruit.

4p **3** Bereken het rendement van het afschieten (tot $t = 0{,}04$ s) van het kanon. Verwaarloos hierbij de toename van de zwaarte-energie.

Fabian wil met behulp van een model de baan simuleren van een granaat nadat die door het kanon afgeschoten is. Hij beschouwt de baan als een combinatie van een beweging in de x-richting en een beweging in de y-richting. Zie figuur 3 voor het model.

figuur 3

model

'luchtwrijving:'

$v = \sqrt{v_x{}^2 + v_y{}^2}$

$F_w = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot c_w \cdot v^2$

'beweging in de x-richting:'

$F_{wx} = F_w \left(\frac{v_x}{v} \right)$

$F_x = -F_{wx}$

$a_x = \frac{F_x}{m}$

$v_x = v_x + a_x \cdot \mathrm{d}t$

$x = x + v_x \cdot \mathrm{d}t$

'beweging in de y-richting:'

$F_{wy} = F_w \left(\frac{v_y}{v} \right)$

$F_y = \ldots\ldots - F_{wy}$

$a_y = \frac{F_y}{m}$

$v_y = v_y + a_y \cdot \mathrm{d}t$

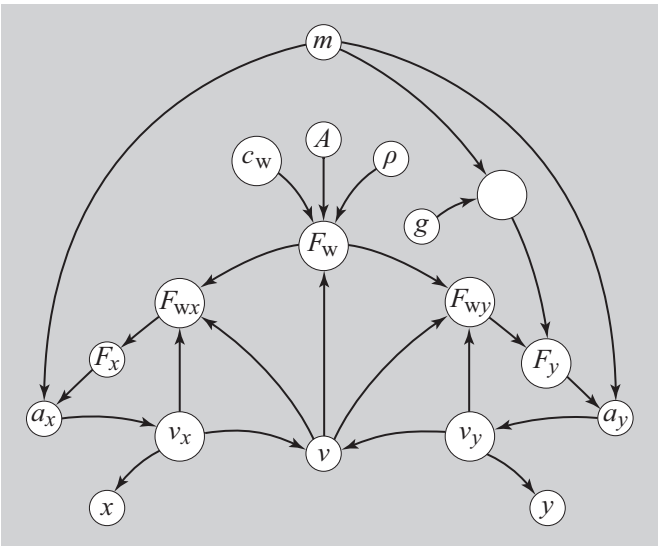
$y = y + v_y \cdot \mathrm{d}t$

$t = t + \mathrm{d}t$

'stopconditie:……'

startwaarden in SI-eenheden

$t = 0$
$\mathrm{d}t = 0{,}1$
$g = 9{,}81$
$m = 106$
$F_z = m \cdot g$
$\rho = 1{,}28$
$v = 1640$
$hoek = 33$ 'in graden'
$x = 0$
$y = 19$
$v_x = v \cdot \cos(hoek)$
$v_y = v \cdot \sin(hoek)$
$c_w = 0{,}18$
$A = \ldots\ldots$



De stopconditie bepaalt wanneer het model moet stoppen.

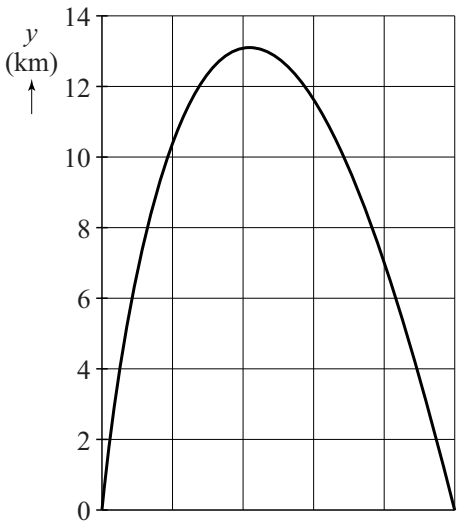
4p **4** Voer de volgende opdrachten uit:

- Beschrijf wat de stopconditie in dit model moet zijn.
- Geef aan wat op de stippellijn moet komen in de regel: $F_y = \ldots\ldots - F_{wy}$
- Bereken de juiste waarde van A.

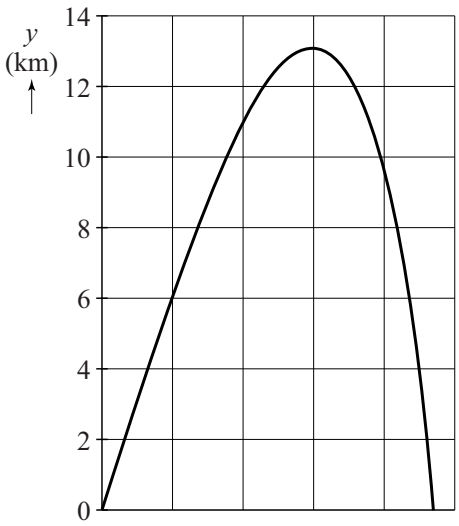
natuurkundeuitgelegd.nl

Met behulp van het model maakt Fabian een (y,t)-diagram en een (y,x)-diagram van de baan van een granaat. Zie figuur 4a en 4b.

figuur 4a



figuur 4b

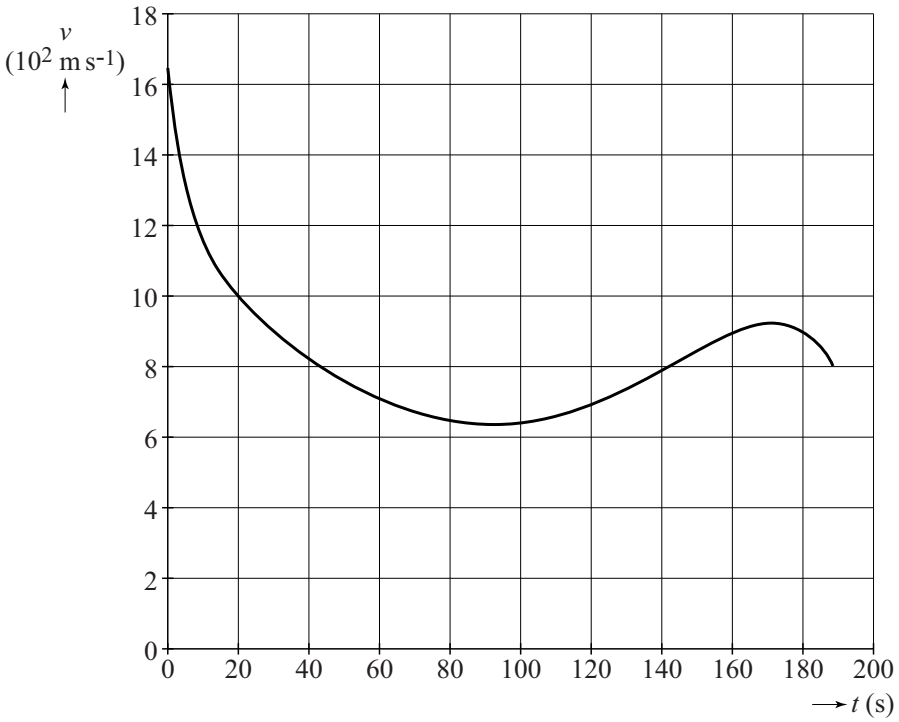


2p **5** Leg uit welk diagram (figuur 4a of figuur 4b) het (y,t)-diagram van de granaat weergeeft.

Fabian merkt op dat zijn model niet kan verklaren hoe een granaat met een beginsnelheid van $1640\ \mathrm{m\,s^{-1}}$ een afstand van $120\ \mathrm{km}$ kan afleggen.
Emily merkt op dat de luchtdichtheid van de atmosfeer afneemt als de hoogte boven zeeniveau toeneemt.
Fabian breidt zijn model uit met een variabele luchtdichtheid en met dit model simuleert hij de beweging van de granaat. Dit levert het (v,t)-diagram van figuur 5. Na $190\ \mathrm{s}$ slaat de granaat in.

natuurkundeuitgelegd.nl

figuur 5



3p **6** Voer de volgende opdrachten uit:
- Geef aan waarom de minimale snelheid van de granaat niet gelijk is aan 0.
- Leg uit waarom de snelheid van de granaat aan het eind van de beweging afneemt.

Fabian wil nagaan of hij met dit model de vlucht van de granaat van het kanon realistisch heeft gesimuleerd en of de granaat inderdaad 120 km verderop inslaat. In figuur 5 bepaalt hij daarvoor de oppervlakte onder de grafieklijn, tussen $t = 0$ en $t = 190$ s.
Emily merkt op dat Fabian nu een fout maakt.

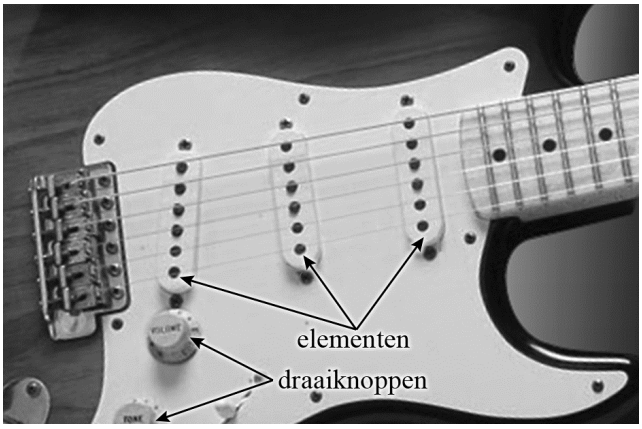
3p **7** Voer de volgende opdrachten uit:
- Leg uit waarom Fabian de afstand tussen het kanon en de inslag van de granaat niet op correcte wijze heeft bepaald.
- Geef aan of de afstand die Fabian heeft gevonden te groot of te klein is.

natuurkundeuitgelegd.nl

Elektrische gitaar

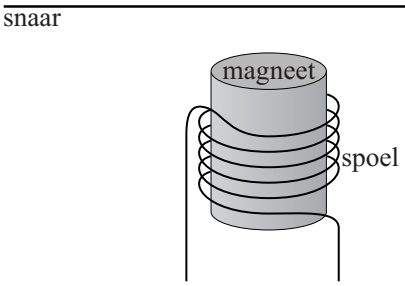
Het geluid van een elektrische gitaar wordt versterkt weergegeven via een luidspreker. Op de gitaar zijn zogenaamde elementen gemonteerd, die de mechanische trillingen van de snaren omzetten in elektrische trillingen. Ook zijn er twee draaiknoppen op de elektrische gitaar gemonteerd. Zie figuur 1.

figuur 1



De drie elementen zijn met een pijl aangeduid. Een element bestaat uit zes permanente magneten die elk in een spoel geplaatst zijn. Boven elke magneet bevindt zich een snaar. Zie figuur 2.

figuur 2



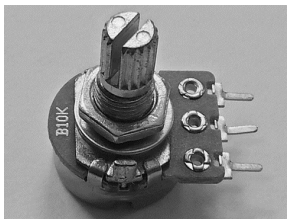
De snaren op een elektrische gitaar zijn gemaakt van roestvrij staal. In de situatie van figuur 2 zal de snaar gemagnetiseerd worden. Op de uitwerkbijlage zijn de snaar en de magneet uit figuur 2 schematisch en sterk vergroot weergegeven.

2p **8** Geef in de figuur op de uitwerkbijlage in elk cirkeltje aan of er op die plaats sprake is van een noordpool of een zuidpool.

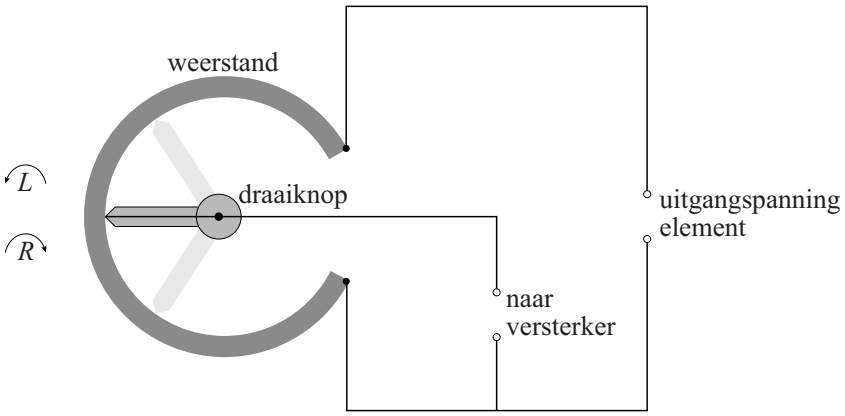
natuurkundeuitgelegd.nl

Als de gemagnetiseerde snaar in trilling wordt gebracht, ontstaat er een spanning over de spoel. Dit is de uitgangsspanning van het element.
Een van de draaiknoppen op de gitaar is de volumeknop. Onder die draaiknop zit een onderdeel, weergegeven in figuur 3a. Dit onderdeel is opgenomen in een schakeling zoals weergegeven in figuur 3b.

figuur 3a



figuur 3b



Door aan de knop te draaien kan de gitarist de grootte van de spanning regelen die naar de versterker gaat.

3p **9** Leg uit in welke richting, linksom (L) of rechtsom (R), de knop gedraaid moet worden, zodat een kleinere spanning naar de versterker gaat.

Het verband tussen de golfsnelheid en de spankracht in een snaar wordt gegeven door:

$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} \text{ met } \mu = \frac{m}{\ell}$$

Hierin is:
- v de golfsnelheid (in $\mathrm{m\,s^{-1}}$);
- F de spankracht (in N);
- μ de massa per lengte-eenheid (in $\mathrm{kg\,m^{-1}}$);
- m de massa (in kg);
- ℓ de lengte van de snaar (in m).

De lengte van de laagst klinkende gitaarsnaar (de E-snaar) is $64{,}5\ \mathrm{cm}$.
De snaar is cilindervormig en massief en heeft een diameter van $1{,}42\ \mathrm{mm}$.
De spankracht in de snaar is $1{,}5 \cdot 10^{2}\ \mathrm{N}$.

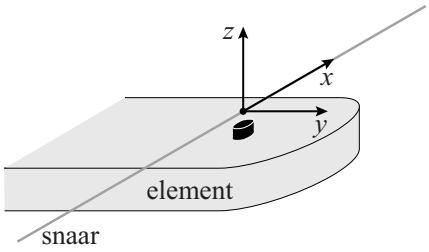
De frequentie van de grondtoon van de E-snaar van deze gitaar is $85\ \mathrm{Hz}$.

5p **10** Toon dit aan.

natuurkundeuitgelegd.nl

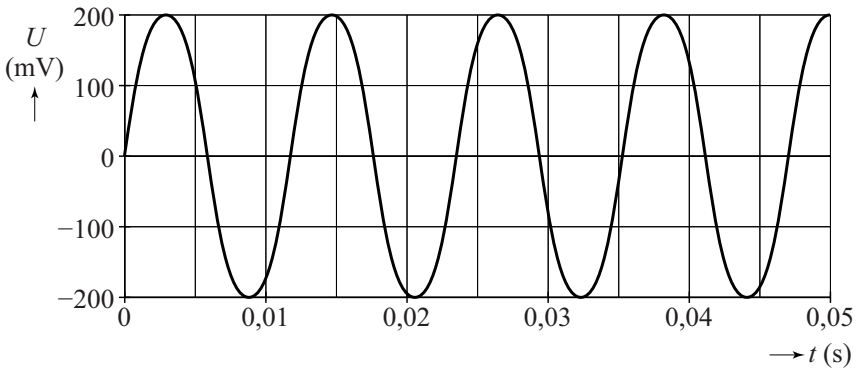
Een snaar kan in twee richtingen gaan trillen als deze wordt aangeslagen: een richting evenwijdig aan het element (de y-richting) en een richting loodrecht op het element (de z-richting). Zie figuur 4.

figuur 4



Luc bouwt een opstelling waarmee hij een snaar kan laten trillen in alleen de z-richting of alleen de y-richting.
Allereerst laat hij de E-snaar alleen in de z-richting trillen en meet hij de spanning die het element levert. Het resultaat van de meting in de z-richting is weergegeven in figuur 5.

figuur 5

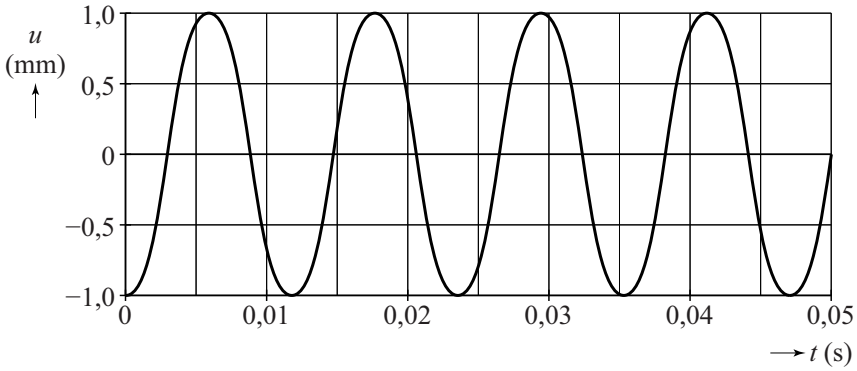


De frequentie van de spanning als de E-snaar trilt in de z-richting, komt overeen met de frequentie van de grondtoon van de E-snaar.

2p **11** Toon dit aan.

Luc legt met een bewegingssensor ook de beweging van de E-snaar in de z-richting vast. Dit levert het meetresultaat zoals weergegeven in figuur 6.

figuur 6

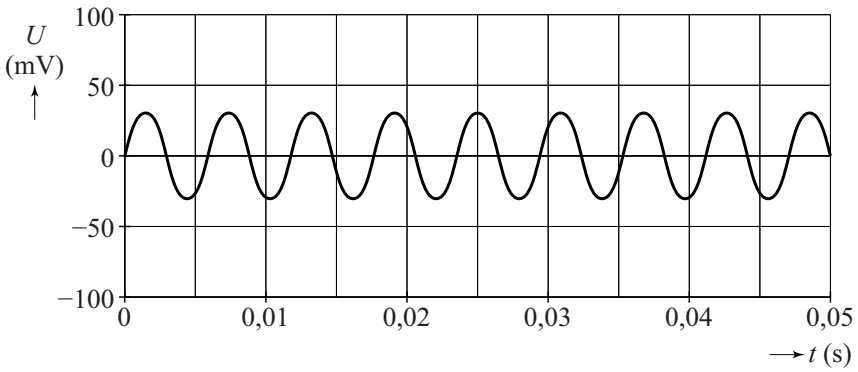


2p **12** Leg uit waarom een maximale waarde van de spanning optreedt op het moment dat de snaar door de evenwichtsstand beweegt.

natuurkundeuitgelegd.nl

Hierna laat Luc de E-snaar alleen in de y-richting trillen en meet hij de spanning die het element levert. Het resultaat van deze meting in de y-richting is weergegeven in figuur 7.

figuur 7



De frequentie van de spanning bij trillen in de y-richting is 2 maal zo groot als de frequentie van de spanning bij trillen in de z-richting.

3p **13** Leg uit hoe dat komt.

In figuur 8 is een elektrische gitaar weergegeven. De snaren trillen tussen de brug en de topkam. Element 1 bevindt zich verder van de brug dan element 2. Met behulp van een schakelaar kiest de gitarist welk element hij gebruikt. Figuur 8 staat vergroot op de uitwerkbijlage.

figuur 8

De klank die de elektrische gitaar geeft, is anders bij gebruik van element 1 dan bij gebruik van element 2. Dit wordt veroorzaakt door een verschil in de sterkte van de boventonen. Dat komt doordat een element sommige boventonen niet (of nauwelijks) detecteert. Bij element 1 zijn dat andere boventonen dan bij element 2.

3p **14** Geef aan met behulp van de figuur op de uitwerkbijlage wat de laagste boventoon is die element 1 niet (of nauwelijks) detecteert. Licht je antwoord toe met een bepaling.

a tweede boventoon
b derde boventoon
c vierde boventoon
d vijfde boventoon
e zesde boventoon

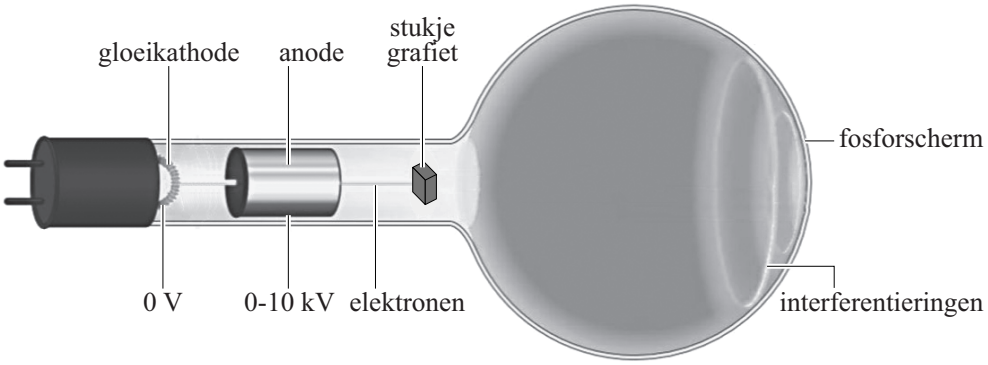
natuurkundeuitgelegd.nl

Elektronendiffractie

G.P. Thomson toonde experimenteel elektronendiffractie aan. Hij liet zien dat er een interferentiepatroon ontstaat als elektronen op een stukje vaste stof geschoten worden. Hiermee toonde hij aan dat elektronen een golfkarakter hebben. In 1937 ontving hij hiervoor de Nobelprijs.

Bob en Marly gaan het experiment van Thomson uitvoeren met een elektronendiffractiebuis. Zij willen daarmee de afstanden tussen de atomen in grafiet bepalen. Zij gebruiken de opstelling die weergegeven is in figuur 1.

figuur 1



De gloeikathode levert elektronen. Deze elektronen hebben een verwaarloosbare snelheid. De elektronen doorlopen een versnelspanning die variabel is tot $10\ \text{kV}$. De elektronen gaan door het stukje grafiet, waarna ze op een fosforscherm een interferentiepatroon geven. Dit interferentiepatroon kan worden verklaard doordat de elektronen een golfkarakter vertonen.

Voor de debroglie-golflengte van de elektronen geldt:

$$\lambda = \frac{h}{\sqrt{2emU}} \qquad (1)$$

Hierin is:
- h de constante van Planck;
- e de lading van het elektron;
- m de massa van het elektron;
- U de versnelspanning.

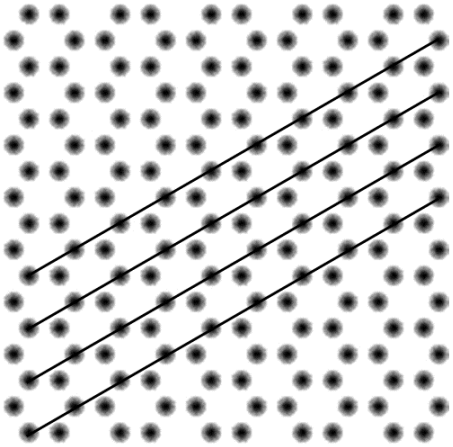
3p **15** Leid formule (1) af.

2p **16** Bereken de debroglie-golflengte van de elektronen nadat ze een versnelspanning van $5{,}0\ \text{kV}$ hebben doorlopen.

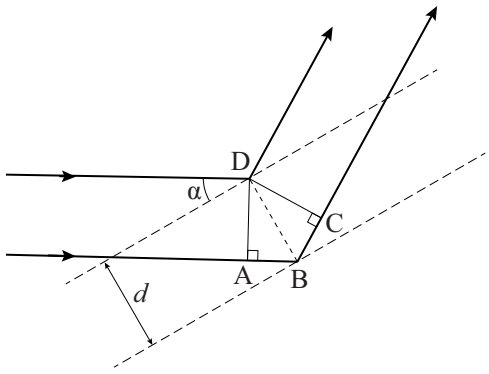
natuurkundeuitgelegd.nl

In grafiet liggen de koolstofatomen in lagen op elkaar. In de afzonderlijke lagen liggen de koolstofatomen in regelmatige zeshoeken.
Het effect van elektronendiffractie vindt plaats binnen één laag en niet tussen de lagen. In figuur 2 is één zo'n laag weergegeven.
In een laag liggen de atomen in evenwijdige lijnen. Aan deze lijnen vindt reflectie plaats, de zogenaamde Braggreflectie. De elektronengolven die terugkaatsen van de verschillende evenwijdige lijnen hebben een verschil in weglengte waardoor ze interfereren. Dit is schematisch weergegeven in figuur 3.

figuur 2



figuur 3



Er treedt constructieve interferentie op als:

$$2d\sin\alpha = n\lambda \text{ met } n = 1, 2, 3, \ldots \qquad (2)$$

Hierin is:
- d de afstand tussen de roosterlijnen;
- α de hoek waaronder de elektronenbundel de roosterlijn treft;
- λ de debroglie-golflengte van de elektronen.

Figuur 3 staat ook op de uitwerkbijlage.

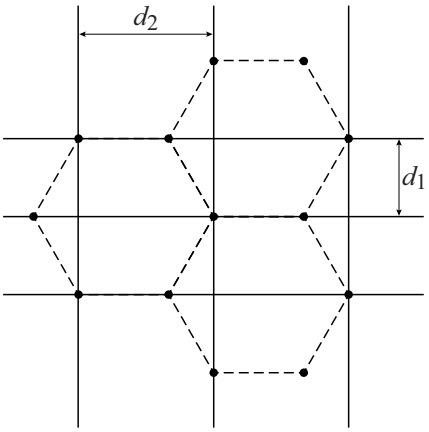
4p **17** Voer de volgende opdrachten uit:
- Geef op de uitwerkbijlage het verschil in weglengte tussen de twee stralen aan.
- Leid hiermee formule (2) af.

natuurkundeuitgelegd.nl

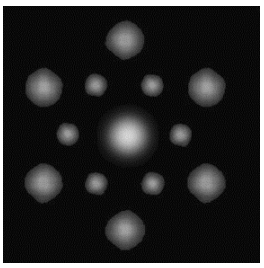
In figuur 4 zijn verschillende lijnen te zien waaraan reflectie plaats kan vinden. De afstanden tussen verschillende lijnen zijn aangegeven met d_1 en d_2.

Bij een interferentiepatroon aan een monokristallijne laag grafiet (dat wil zeggen een laag die uit één kristal grafiet bestaat) ontstaat het patroon van figuur 5 op het scherm van de elektronendiffractiebuis uit figuur 1.

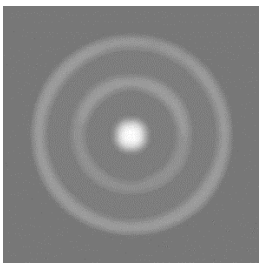
figuur 4



figuur 5



figuur 6



Als er in de diffractiebuis geen monokristallijne laag grafiet zit maar een polykristallijne laag (dat wil zeggen dat er vele kristallen kriskras door elkaar zitten), ziet het interferentiepatroon eruit als in figuur 6.

2p **18** Leg uit of de buitenste ring komt van interferentie aan lijnen met afstand d_1 of met afstand d_2.

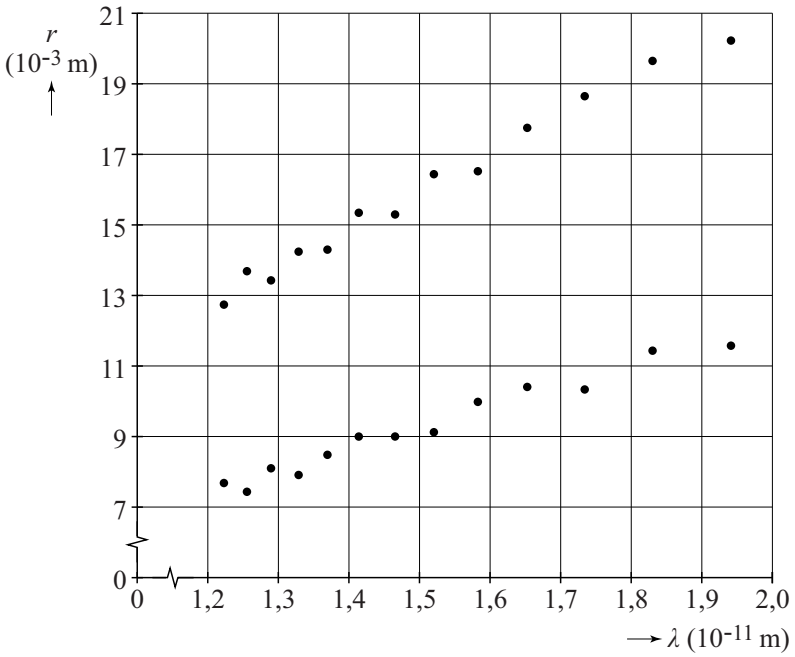
Bob en Marly meten bij verschillende versnelspanningen de straal van de ringen op het scherm.
Bij lage versnelspanningen verschijnen geen ringen op het scherm.
Dan is alleen de stip in het midden op het scherm te zien.

2p **19** Leg uit waarom bij lage versnelspanningen geen ringen verschijnen op het scherm.

natuurkundeuitgelegd.nl

Van de metingen maken Bob en Marly een grafiek waarin ze de straal van beide ringen uitzetten tegen de debroglie-golflengte van de elektronen. Zie figuur 7.

figuur 7



Voor kleine afbuigingshoeken geldt bij benadering:

$$r = \frac{2R}{d} n\lambda \qquad (3)$$

Hierin is:
- r de straal van de ring op het scherm;
- d de afstand tussen roostervlakken;
- λ de debroglie-golflengte;
- R de straal van de bol van de diffractiebuis (65 mm);
- $n = 1$.

Figuur 7 staat ook op de uitwerkbijlage.

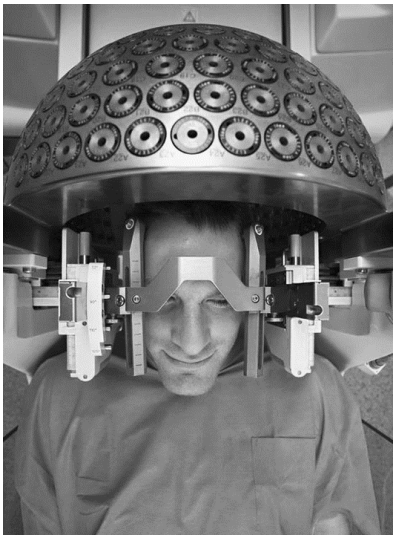
4p **20** Bepaal met behulp van de figuur op de uitwerkbijlage zo nauwkeurig mogelijk de grootte van d voor de buitenste ring.

natuurkundeuitgelegd.nl

Gamma-chirurgie

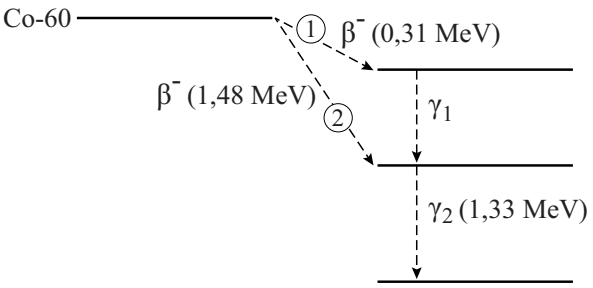
Gamma-chirurgie (‘gamma knife radiosurgery’) wordt toegepast voor de behandeling van tumoren die kleiner zijn dan ongeveer $3\ \text{cm}$ en in een gebied van de hersenen liggen dat moeilijk bereikbaar is tijdens een operatie. Er wordt gebruikgemaakt van γ-straling die sterk geconcentreerd kan worden op het aangetaste gebied.

figuur 1



Tijdens de behandeling draagt de patiënt een speciaal soort helm waarin cobalt-60-bronnen geplaatst zijn. Zie figuur 1.
Cobalt-60 is een radioactieve stof die vervalt onder uitzending van β^--straling en γ-straling. Het radioactieve verval van cobalt-60 kan op twee manieren verlopen. Deze manieren zijn weergegeven in figuur 2, met 1 en 2.

figuur 2



Verreweg de meeste deeltjes vervallen volgens manier 1.

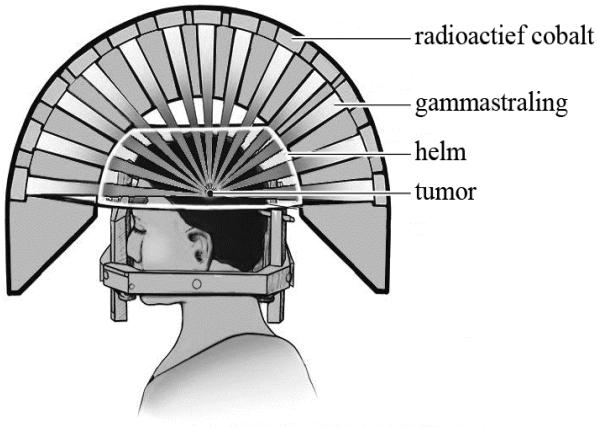
3p **21** Geef de vervalvergelijking van dit verval.

3p **22** Bereken de golflengte van γ_2.

natuurkundeuitgelegd.nl

In figuur 3 is de situatie van figuur 1 schematisch weergegeven.

figuur 3



De γ-straling vanuit de cobalt-bronnen wordt sterk geconcentreerd op het deel van de hersenen waar zich een tumor bevindt. De gebruikte cobalt-bronnen hebben elk een activiteit van $1{,}1$ TBq.

4p **23** Bereken de massa van het cobalt-60 in een bron.

Bij een bepaalde patiënt staat de opstelling zo afgesteld dat een bolvormige tumor met een diameter van $3{,}0$ cm bestraald wordt. Per seconde worden door de tumor $3{,}5 \cdot 10^{9}$ γ-fotonparen geabsorbeerd. Om de tumor volledig te kunnen vernietigen is een stralingsdosis nodig van 150 Gy. Hiertoe moet de patiënt gedurende een bepaalde tijd bestraald worden.

5p **24** Bereken deze tijd. Gebruik voor de tumor de eigenschappen van water. Ga uit van het verval volgens manier 1 (van figuur 2).

De cobalt-bronnen worden jaren achter elkaar gebruikt. Om in de loop van die jaren een gelijke stralingsdosis te kunnen realiseren is het noodzakelijk de bestralingstijd bij te stellen.

2p **25** Leg uit of deze bestralingstijd in de loop van de jaren langer of korter wordt.

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