Examen VWO

2018

tijdvak 2
dinsdag 19 juni
13.30 - 16.30 uur

natuurkunde

Bij dit examen hoort een uitwerkbijlage.

Achter het correctievoorschrift is een aanvulling op het correctievoorschrift opgenomen.

Dit examen bestaat uit 24 vragen.
Voor dit examen zijn maximaal 76 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-18-2-o

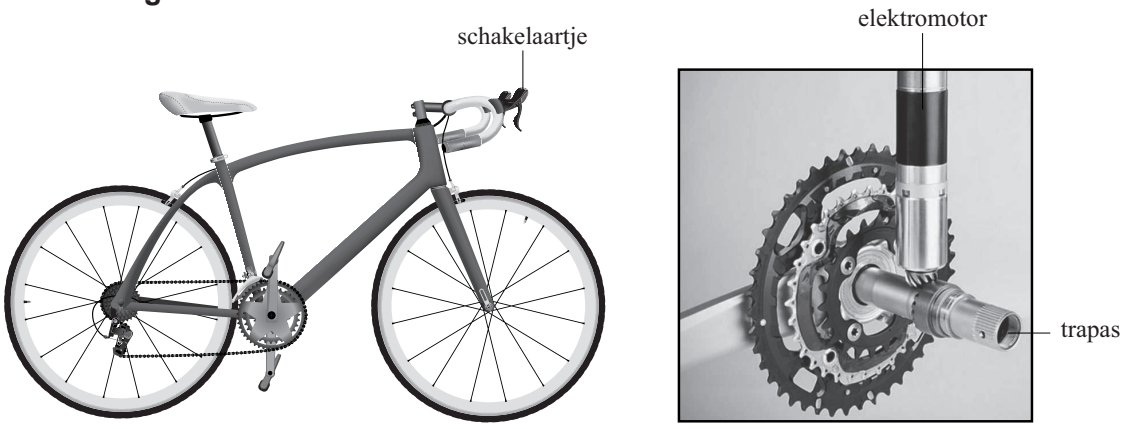
natuurkundeuitgelegd.nl

natuurkundeuitgelegd.nl

Mechanische doping

Begin 2016 werd in de wielrennerij ‘mechanische doping’ ontdekt: in het frame van een racefiets zaten een elektromotortje en een accu verborgen. Zie figuur 1.

figuur 1



Het motortje is via tandwielen met de trapas verbonden. Het kan aangezet worden met een schakelaartje aan het stuur.
Het elektromotortje moet minstens een half uur lang een vermogen van 250 W leveren.
Stel dat het rendement van het elektromotortje 80% is.
In figuur 2 staat een tabel met gegevens van de accu.

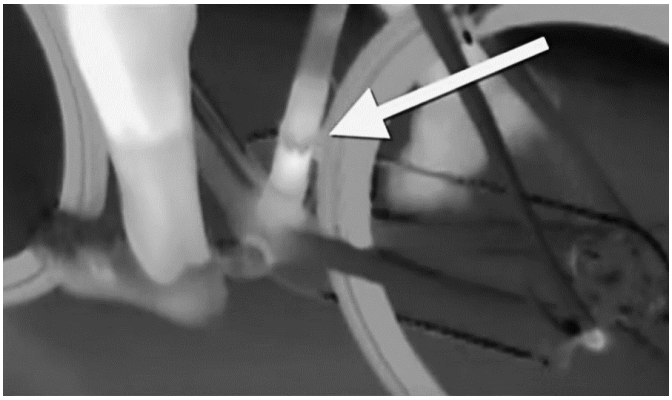
figuur 2

Accu	
Spanning per cel (V)	3,6-3,7
Energiedichtheid ($\mathrm{Wh\,kg^{-1}}$)	190
Dichtheid ($10^3\ \mathrm{kg\,m^{-3}}$)	3,0

5p **1** Bereken met behulp van gegevens in de tabel het minimale volume van de accu.

Om erachter te komen wie gebruikmaakt van deze mechanische doping maakt men tijdens de race met een thermografische camera een opname. Zie figuur 3. Daarin is bij de pijl te zien dat in het frame iets zit dat net zo warm is als de kuiten van de wielrenner.

figuur 3

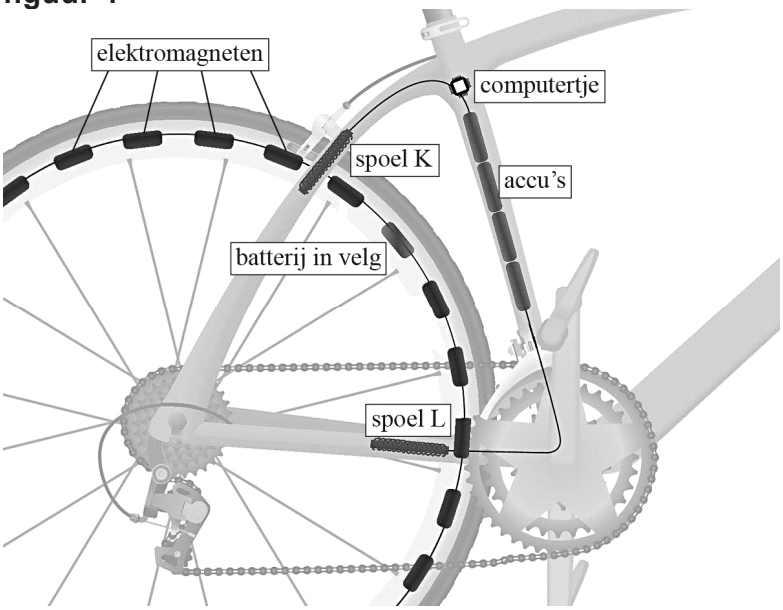


3p **2** Leg met behulp van een berekening en met Tabel 19B van Binas of Tabel 5.1.c van Sciencedata uit voor welke soort straling deze camera gevoelig is.

natuurkundeuitgelegd.nl

Een andere manier om sneller vooruit te komen is met behulp van elektromagneten. In de velg van een kunststof achterwiel zijn 24 elektromagneten weggewerkt. Zie figuur 4.

figuur 4



De elektromagneten staan in serie en zijn aangesloten op de batterij in de velg, die een spanning van 1,5 V levert. De batterij heeft een capaciteit van 2,3 Ah. (Dit houdt in dat de volledig opgeladen batterij gedurende 1,0 uur een stroom van 2,3 A kan leveren, of gedurende 2,0 uur een stroom van 1,15 A, enzovoort.)

De elektromagneten bestaan uit koperdraad met een diameter van 0,50 mm. In elke elektromagneet is 3,0 m koperdraad gebruikt.

5p **3** Bereken hoe lang de elektromagneten werken op de batterij als die in het begin volledig opgeladen is. (Verwaarloos de lengte van de draden tussen de elektromagneten.)

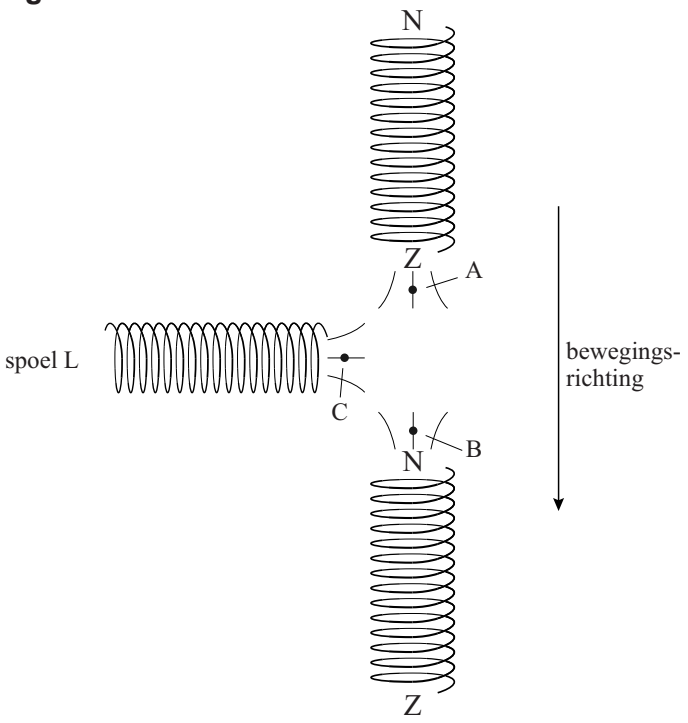
In de buizen van het frame (zie figuur 4) zijn de spoelen K en L verborgen. Spoel K vangt het magneetveld op van de elektromagneten. Op grond van het signaal van spoel K zorgt het computertje ervoor dat spoel L iedere keer op het juiste moment een stroomstoot krijgt, zodat de elektromagneet in de velg bij spoel L een zetje krijgt.

1p **4** Hoe heet het verschijnsel waardoor in spoel K een signaal opgewekt wordt?

natuurkundeuitgelegd.nl

In figuur 5 staan twee elektromagneten uit de velg samen met spoel L afgebeeld met de veldlijnen van de elektromagneten. De pijl rechts geeft de bewegingsrichting van de spoelen in het wiel aan. Figuur 5 staat ook op de uitwerkbijlage.

figuur 5



4p **5** Voer de volgende opdrachten uit:
- Geef in de figuur op de uitwerkbijlage in de punten A, B en C met een pijl de richting van de magnetische veldlijnen aan.
- Geef in de figuur op de uitwerkbijlage met een pijl de stroomrichting in spoel L aan.

2p **6** Leg uit waarom de frequentie waarmee spoel L stroomstoten krijgt aangepast moet kunnen worden.

natuurkundeuitgelegd.nl

Gravitron

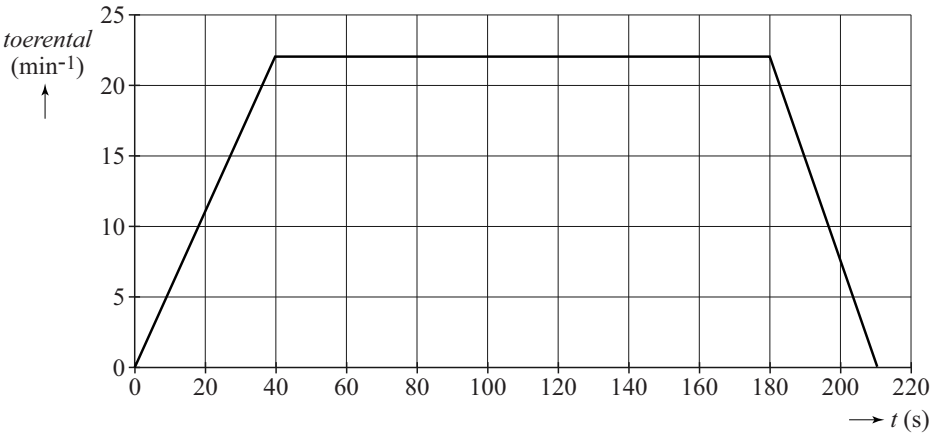
Figuur 1 toont de kermisattractie Gravitron. Hierbij nemen de passagiers plaats in een soort ton die gaat draaien. De passagiers blijven vanaf een bepaald toerental aan de wand van de ton ‘plakken’. Zie figuur 2.

figuur 1

figuur 2

In figuur 3 staat voor een rit in de Gravitron het toerental (het aantal omwentelingen per minuut) uitgezet tegen de tijd. De Gravitron heeft op de plaats waar de passagiers zich bevinden een diameter van $6{,}4$ m. Figuur 3 staat ook op de uitwerkbijlage.

figuur 3



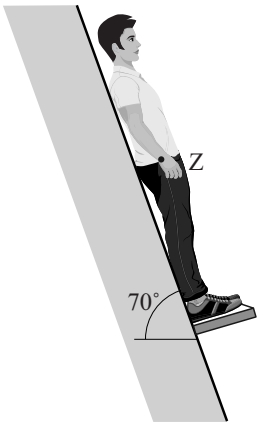
Een passagier die in de Gravitron rondjes draait, legt tijdens de rit een aanzienlijke afstand af langs de cirkelbaan.

4p **7** Bepaal deze afstand met behulp van de figuur op de uitwerkbijlage.

natuurkundeuitgelegd.nl

In figuur 4 is schematisch een passagier getekend in de Gravitron. De passagier heeft een massa van $71\ \text{kg}$ en ligt tegen de schuine wand van de ton.
De Gravitron staat nog stil. Om te begrijpen hoe de krachten werken, gaan we uit van het volgende model:
- De kracht van de vloer op de passagier staat evenwijdig aan de wand.
- De wrijvingskracht stellen we op nul.

figuur 4



Figuur 4 staat vergroot op de uitwerkbijlage. Daarin is de zwaartekracht aangegeven met een vectorpijl. Op de passagier werken nog twee andere krachten.

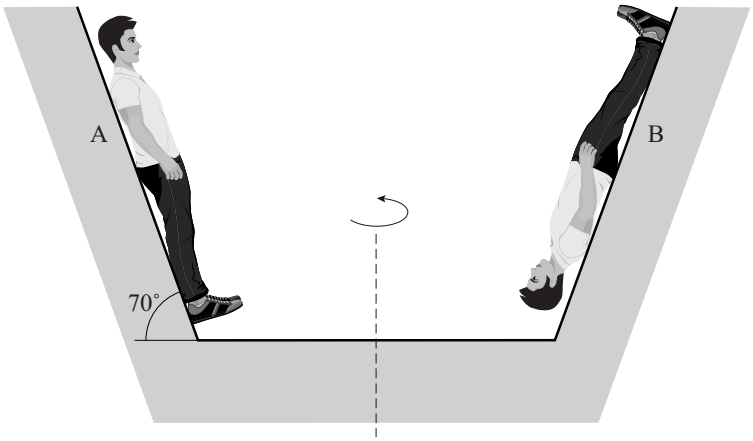
4p **8** Construeer de grootte en de richting van die twee andere krachten op de passagier. Laat in de tekening de krachten aangrijpen in punt Z.

Als de Gravitron begint te draaien, verandert de normaalkracht van de wand op de passagier.

2p **9** Leg uit dat die normaalkracht groter wordt.

In werkelijkheid is er natuurlijk wel wrijvingskracht. Tijdens de rit halen veel passagiers allerlei capriolen uit tegen de wand. Zo kan een passagier ook ondersteboven tegen de wand gaan hangen. Zie figuur 5. Deze figuur is niet op schaal.

figuur 5



Een passagier probeert in de draaiende Gravitron zijn hoofd op te lichten van de wand met het hoofd boven (A) en met het hoofd beneden (B).

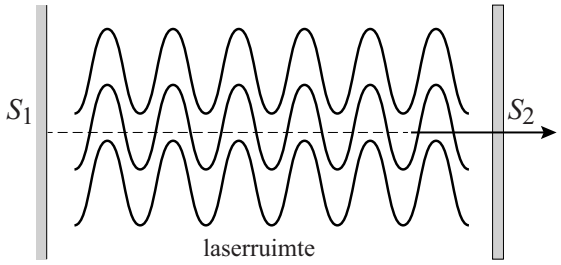
4p **10** Voer de volgende opdrachten uit:
- Toon aan dat bij constante omlooptijd T voor de middelpuntzoekende kracht op een voorwerp met massa m in een cirkelbaan met straal r geldt: $F_{\text{mpz}} = \dfrac{4\pi^2 mr}{T^2}$.
- Leg hiermee uit in welke situatie, A of B, het meer moeite kost om het hoofd op te lichten van de wand.

natuurkundeuitgelegd.nl

Kleurstoflaser

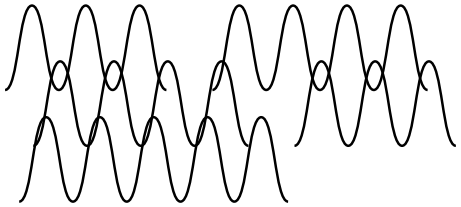
Een laser is een lichtbron die een smalle, evenwijdige en intense lichtbundel produceert. De bundel wordt geproduceerd in de laserruimte, die zich tussen spiegel S_1 en de halfdoorlatende spiegel S_2 bevindt. Zie de artist's impression in figuur 1. In de laserruimte worden heen en weer kaatsende fotonen geproduceerd.

figuur 1

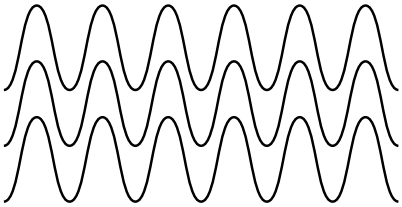


Bij laserwerking ontstaat een lawine van fotonen doordat reeds aanwezige fotonen aangeslagen moleculen dwingen om zelf fotonen uit te zenden. Het oorspronkelijke foton is daarbij identiek aan het geproduceerde foton: ze hebben dezelfde fase en dezelfde golflengte. Hierdoor heeft een laser een hogere intensiteit dan een gewone lichtbron, die fotonen produceert die niet dezelfde fase hebben.
In figuren 2a en 2b zijn een aantal individuele lichtgolven geschetst van respectievelijk een gewone lichtbron en een laser.

figuur 2a



figuur 2b



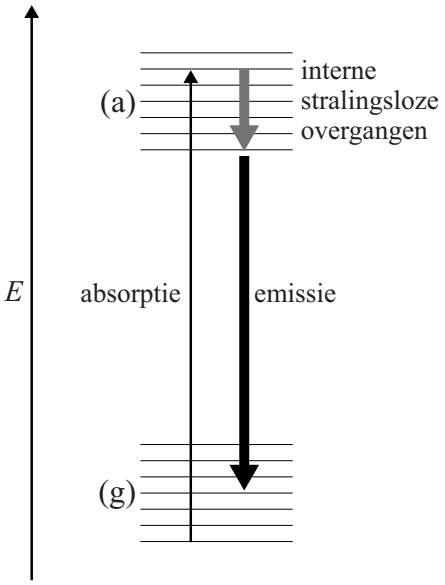
Ook als de amplitude van de individuele golven gelijk is, is de totale amplitude (en dus de intensiteit) van het laserlicht groter dan die van de gewone lichtbron.

2p **11** Leg uit hoe dit komt aan de hand van de figuren 2a en 2b.

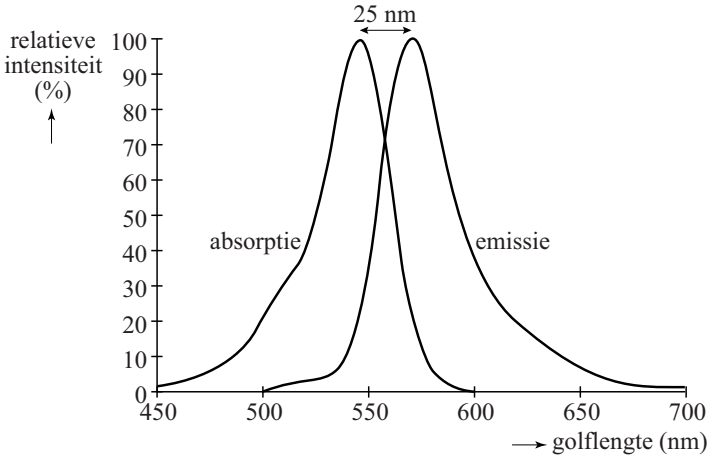
Anders dan bij gaslasers zenden vloeistoflasers een breedbandig spectrum van meer golflengtes tegelijk uit. Voor een bepaalde breedbandige vloeistoflaser wordt de kleurstof Rhodamine 6G gebruikt.
Bij complexe moleculen als de kleurstof Rhodamine 6G bestaat zowel de grondtoestand (g) als de aangeslagen toestand (a) uit veel zeer dicht op elkaar gelegen energieniveaus. Zie figuur 3a.
Zo'n stof heeft daardoor geen lijnenspectrum maar een bandenspectrum.
In figuur 3b is links de absorptieband en rechts de emissieband van Rhodamine 6G weergegeven.
Omdat de aangeslagen moleculen eerst een gedeelte van hun energie afgeven in de vorm van warmte (interne stralingsloze overgangen), is in figuur 3b het emissiespectrum naar rechts verschoven ten opzichte van het absorptiespectrum.

natuurkundeuitgelegd.nl

figuur 3a



figuur 3b



2p **12** Leg uit waarom het emissiespectrum naar rechts verschoven is.

Een Rhodamine-6G-molecuul kan men ook beschrijven met een eenvoudig model van een eendimensionale energieput waarin 22 elektronen opgesloten zijn. Hierbij zijn een aantal energieniveaus (n-waarden) steeds gevuld met twee elektronen per niveau. Samen vormt dit de grondtoestand (g).
Als het molecuul door absorptie van een foton aangeslagen wordt, gaat één elektron van de hoogste bezette n-waarde naar de volgende n-waarde.

Dan geldt voor de lengte van de energieput: $L = \sqrt{\dfrac{\lambda \cdot (12^2 - 11^2) \cdot h}{8mc}}$.

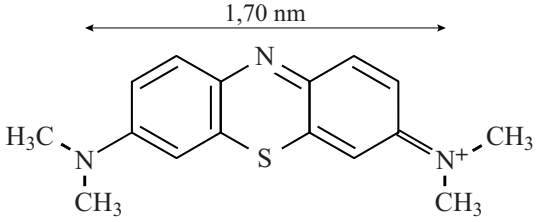
Hierin is:
- λ de golflengte die vereist is om het molecuul aan te slaan;
- h de constante van Planck;
- m de massa van een elektron;
- c de lichtsnelheid.

4p **13** Leid deze formule af gebruikmakend van formules uit een tabellenboek.

Figuur 4 geeft de structuur van Rhodamine 6G weer. De waarde L komt bij benadering overeen met de waarde in figuur 4.

3p **14** Toon dit aan met een berekening.

figuur 4

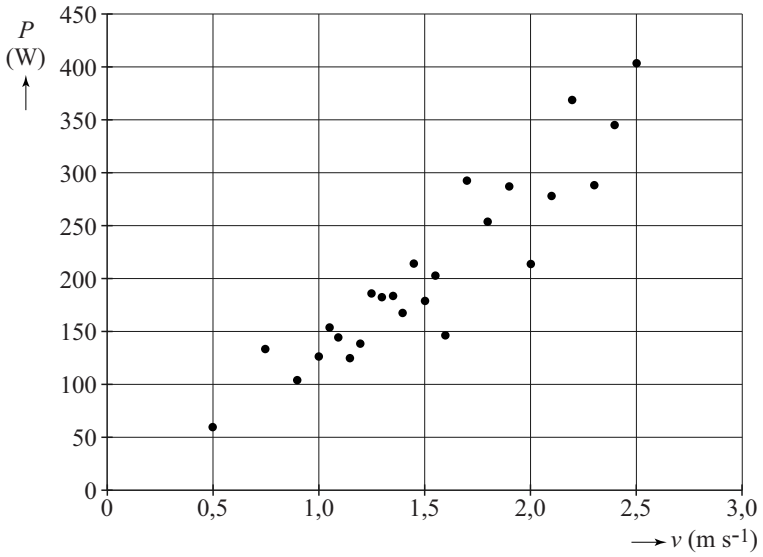


natuurkundeuitgelegd.nl

Daniël en Lotte willen met een eenvoudig model de loopsnelheid bepalen die energetisch het voordeligst is.
Daartoe laten ze 25 proefpersonen met elk een verschillende snelheid op een loopband lopen. Zie figuur 1.
Van elke proefpersoon wordt de massa bepaald en het vermogen dat hij levert tijdens het lopen.

figuur 1

figuur 2



De proefpersonen hebben allemaal een verschillende massa m, en dat heeft een storende invloed op de resultaten. Zie figuur 2. Om het effect van de massa te elimineren en daardoor de meetresultaten onderling beter te kunnen vergelijken, rekenen Lotte en Daniël alle vermogens om naar een genormaliseerd vermogen: $\tilde{P} = \frac{P}{m}$.

Ze veronderstellen dat $\tilde{P}$ alleen afhangt van de snelheid.

2p **15** Leg uit of het verband tussen P en m dan recht evenredig of omgekeerd evenredig is.

natuurkundeuitgelegd.nl

Bij het lopen van volwassenen gaan Daniël en Lotte in hun eenvoudige model uit van de volgende aannames:
- er is een constant vermogen nodig om recht overeind te staan;
- de netto spierkracht die nodig is voor de voortbeweging is recht evenredig met de snelheid.

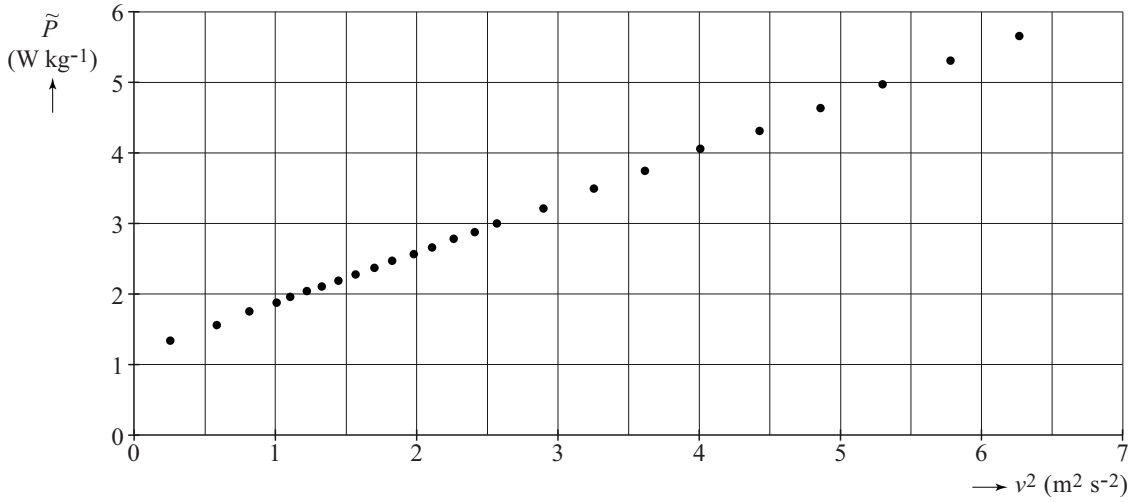
Met deze uitgangspunten volgt voor het genormaliseerde vermogen van een volwassene die met een snelheid v loopt, de formule:

$$\tilde{P} = pv^2 + q\,.$$

3p **16** Leg dit uit.

In figuur 3 staat het genormaliseerde vermogen $\tilde{P}$ van de proefpersonen uitgezet tegen v^2. Deze figuur staat ook op de uitwerkbijlage.

figuur 3



Om de benodigde energie te kunnen leveren, gebruiken de proefpersonen chemische energie uit voedsel. Lotte en Daniël nemen aan dat dit met een rendement van 20% gaat. Zij volgen een proefpersoon van $80\ \text{kg}$, die gedurende $1{,}0\ \text{uur}$ loopt met een snelheid van $7{,}0\ \text{km h}^{-1}$.

5p **17** Bepaal aan de hand van figuur 3 hoeveel chemische energie deze proefpersoon daarvoor volgens het model aan voedsel moet binnenkrijgen.

natuurkundeuitgelegd.nl

Niet alleen het genormaliseerd vermogen $\tilde{P}$, maar ook de stapgrootte S blijkt af te hangen van de snelheid v.
Voor het aantal stappen per seconde geldt:

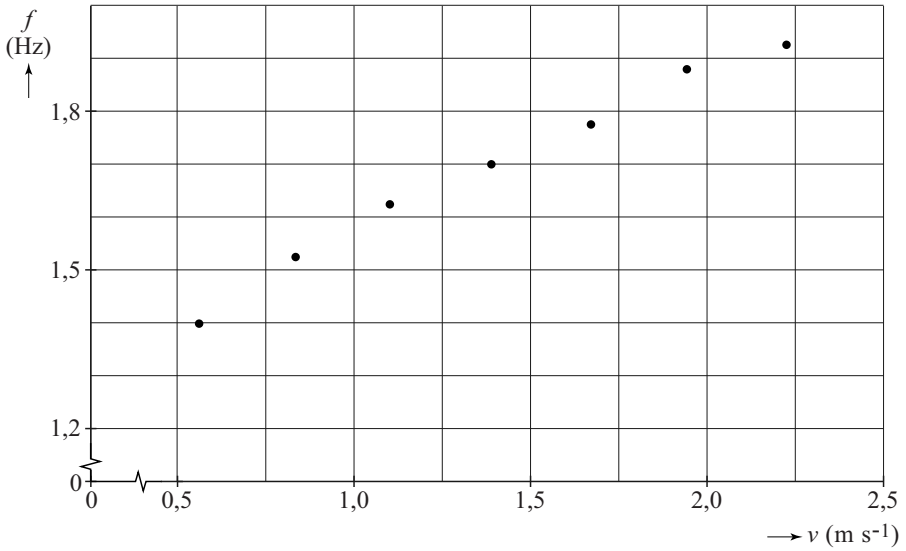
$$f = \frac{v}{S}.$$

Bewegingswetenschappers kijken bij inspanning bij lopen niet naar de geleverde **energie per seconde**, maar naar de geleverde **energie per afgelegde meter**. Voor deze grootheid geldt de uitdrukking:

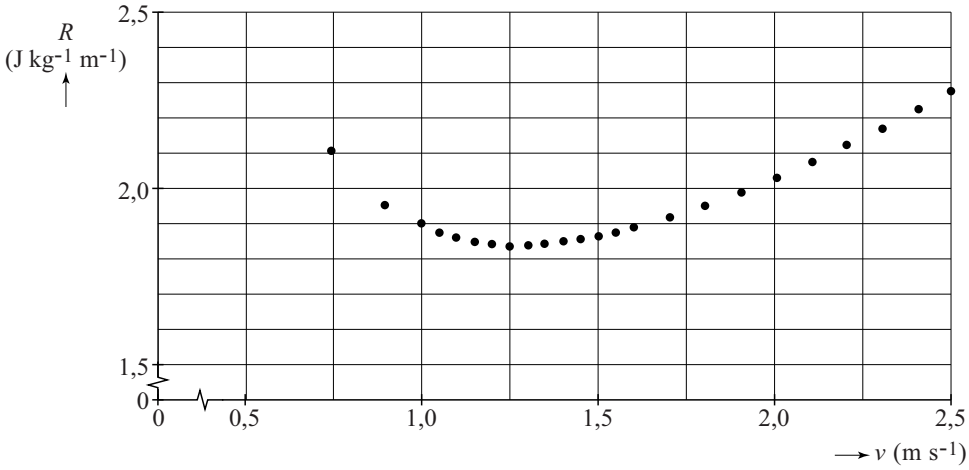
$$R = \frac{\tilde{P}}{v}.$$

De resultaten van dit model zijn weergegeven in de figuren 4a en 4b.

figuur 4a



figuur 4b



3p **18** Bepaal met behulp van de figuren 4a en 4b de optimale stapgrootte van een proefpersoon die de minimale energie per afgelegde meter R levert.

natuurkundeuitgelegd.nl

Ga verder op de volgende pagina.

natuurkundeuitgelegd.nl

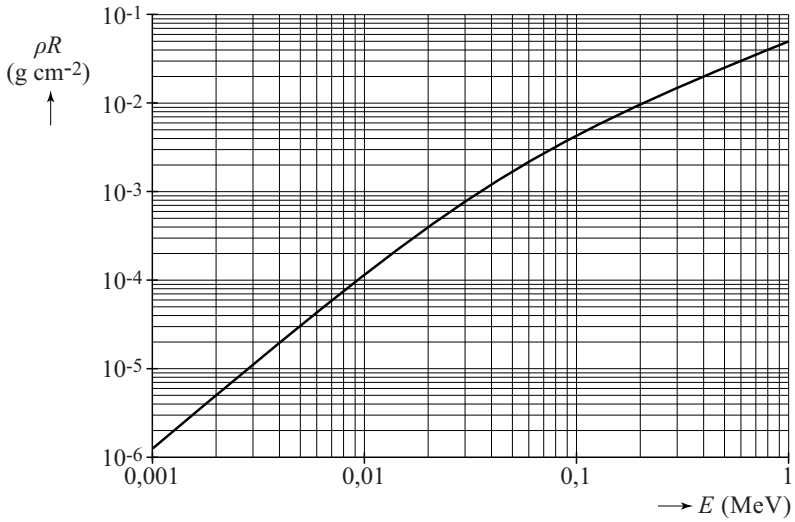
Om na te gaan of het jaartal op het etiket van een wijnfles klopt met de inhoud van de fles, zijn verschillende methodes mogelijk.
Bij **methode 1** wordt gekeken naar de activiteit van de β-straling van de isotopen in de wijn. Maar daarvoor moet de fles geopend worden.
Bij oude dure wijn wil je de fles niet openmaken. Dan kan men met **methode 2** kijken naar de γ-straling van Cs-137. Deze isotoop komt pas sinds 1950 voor in de atmosfeer ten gevolge van kernproeven. Vanaf die tijd is er Cs-137 in de wijndruiven terechtgekomen.

over methode 1
In wijn komen de radioactieve isotopen C-14, O-15 en H-3 voor. De activiteit van deze isotopen in wijn is gemeten als de wijn de fles in gaat en dus bekend. Bij een fles wijn waar op het etiket staat dat deze 5 jaar oud is, wil men uit de afname van de activiteit afleiden hoe oud deze wijn werkelijk is. Voor deze methode is alleen H-3 geschikt.

3p **19** Leg uit waarom voor deze methode alleen H-3 geschikt is, met behulp van gegevens uit het tabellenboek. Geef daartoe aan waarom de twee andere isotopen niet geschikt zijn.

In figuur 1 is het verband uitgezet van het product van de dichtheid (in $\mathrm{g\ cm^{-3}}$) en de dracht R (in cm) tegen de energie van het β-deeltje.

figuur 1



Door het glas van een wijnfles met een dikte van 3,5 mm komt geen β-straling van H-3.

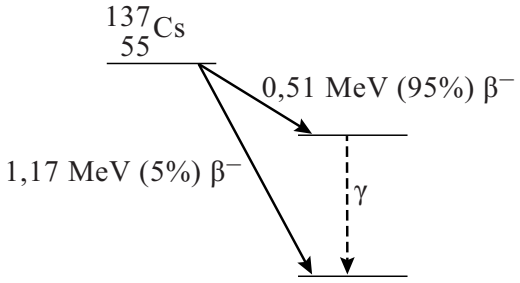
4p **20** Toon dat aan met behulp van figuur 1 en een berekening van de dracht.

natuurkundeuitgelegd.nl

over methode 2

Bij de tweede methode kijkt men naar Cs-137, dat vervalt onder uitzending van β-deeltjes. 95% van de kernen van Cs-137 vervalt naar een metastabiele toestand, waarna het onder uitzending van een γ-foton de grondtoestand bereikt. Zie figuur 2.

figuur 2

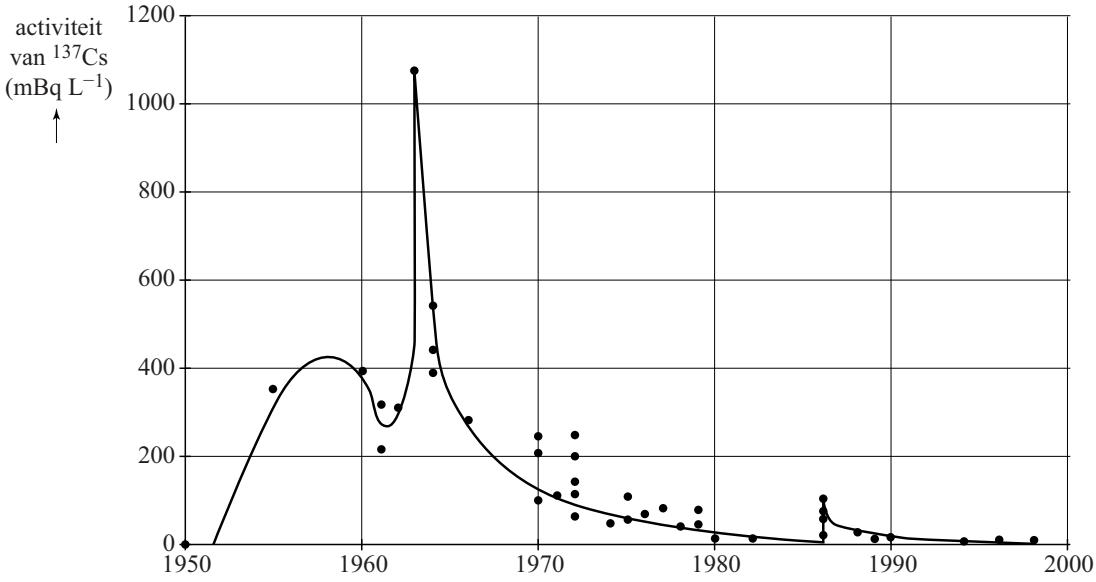


3p **21** Geef de vergelijking van het meest voorkomende verval van Cs-137 naar de grondtoestand.

3p **22** Bereken de golflengte van het γ-foton.

De activiteit van de γ-straling van een groot aantal Franse wijnen waarvan het productiejaar met zekerheid was vastgesteld, is gemeten. Om de meetwaarden te kunnen vergelijken zijn de gemeten activiteiten omgerekend alsof alles gemeten is op 1 januari 2000. Zie figuur 3.

figuur 3



Op het etiket van een wijnfles (75 cL) staat dat de wijn uit 1960 komt. Halverwege 2018 meet men de activiteit van de γ-straling van Cs-137 van die fles wijn.

4p **23** Bepaal wat de verwachte activiteit van Cs-137 (γ-straling) van die fles wijn is als die echt uit 1960 komt.

Als bij een test van een fles wijn de omgerekende activiteit $50\ \mathrm{mBq\,L^{-1}}$ bedraagt, is niet exact vast te stellen uit welk jaar die wijn komt.

1p **24** Geef de reden waarom.

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