Examen HAVO

2019

tijdvak 2
dinsdag 18 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 27 vragen.
Voor dit examen zijn maximaal 74 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.

HA-1023-a-19-2-o

natuurkundeuitgelegd.nl

natuurkundeuitgelegd.nl

Koper−67

Koper-67 (Cu-67) is een geschikte isotoop voor radiotherapie. De halveringstijd van 62 uur is lang genoeg om de stof te laten ophopen in tumorweefsel en dit van binnenuit te bestralen. Het Cu-67 zendt β-straling en γ-straling uit.

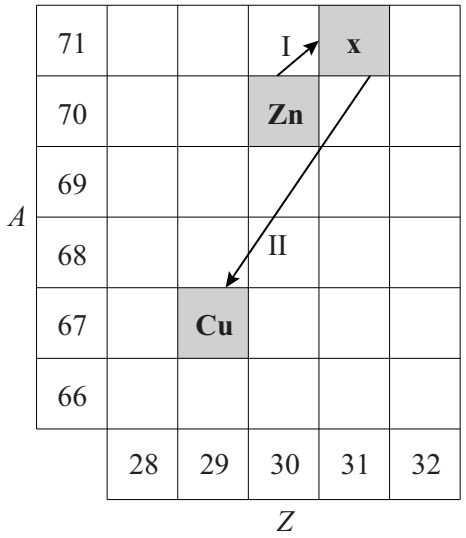
3p **1** Geef de vergelijking van de vervalreactie van Cu-67.

Cu-67 kan zowel voor beeldvorming van tumorweefsel als voor behandeling ervan worden gebruikt.

2p **2** Leg dit uit.

Cu-67 moet worden geproduceerd.
Bij een bepaalde methode worden kernen van zink-70 (Zn-70) beschoten met protonen. Als een proton doordringt in een kern Zn-70 ontstaat een nieuwe kern x. In figuur 1 wordt deze reactie weergegeven met pijl I. Deze nieuwe kern x valt direct daarna uiteen in twee deeltjes. Eén van die deeltjes is Cu-67. Deze reactie wordt weergegeven met pijl II.

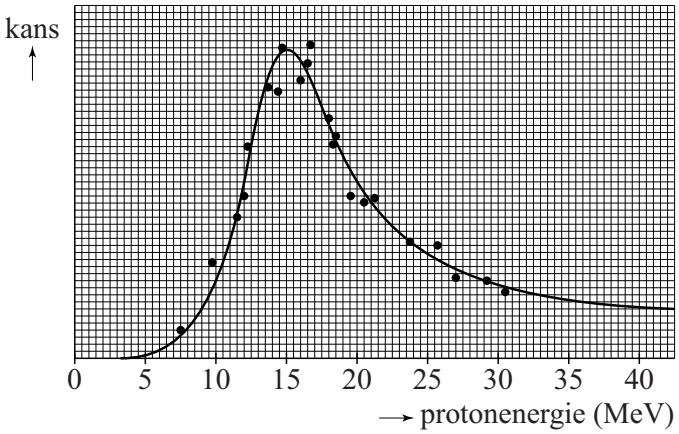
figuur 1



2p **3** Leg met behulp van figuur 1 uit welk ander deeltje vrijkomt bij deze tweede reactie.

De kans dat deze reactie lukt is afhankelijk van de kinetische energie van de afgeschoten protonen. Dit is weergegeven in figuur 2.

figuur 2



3p **4** Bepaal met behulp van de figuur de snelheid die de protonen moeten hebben om de kans op succes zo groot mogelijk te maken.

natuurkundeuitgelegd.nl

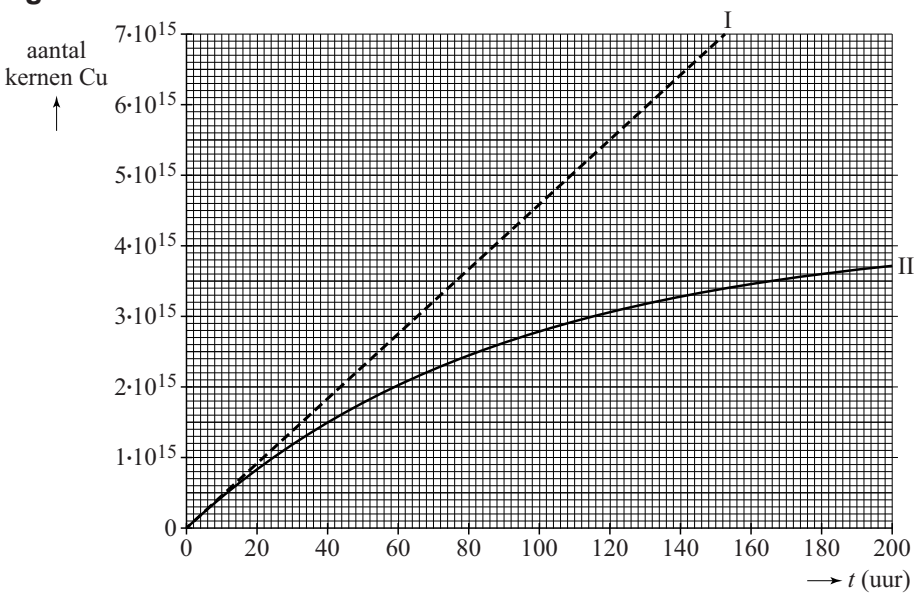
Een tweede methode om Cu-67 te maken is door zink-68 (Zn-68) te beschieten met zeer snelle protonen uit een protonenversneller. Bij deze botsing wordt door het snelle proton een ander proton uit de Zn-68 kern gestoten. Uit de oorspronkelijke Zn-68 kern is dan een proton verdwenen. Deze reactie heeft maar een heel kleine kans van slagen. Er moeten veel protonen worden afgeschoten op het zink om af en toe een koperkern te laten ontstaan.

Voor een bepaalde medische behandeling zijn $3{,}2 \cdot 10^{15}$ kernen Cu-67 nodig. De protonenversneller levert een protonen-stroomsterkte van 43 μA. Als het verval van Cu-67 wordt verwaarloosd zou het 70 uur duren om genoeg kernen te produceren voor de behandeling.

3p **5** Bereken hoeveel protonen er gemiddeld afgeschoten moeten worden om één Cu-67 deeltje te produceren.

In figuur 3 staat het aantal koperkernen uitgezet tegen de tijd. Lijn I geeft de productie van koperkernen weer, zonder rekening te houden met het verval van de koperkernen. Lijn II geeft het werkelijk aantal aanwezige koperkernen als functie van de tijd.

figuur 3



Figuur 3 staat ook op de uitwerkbijlage.

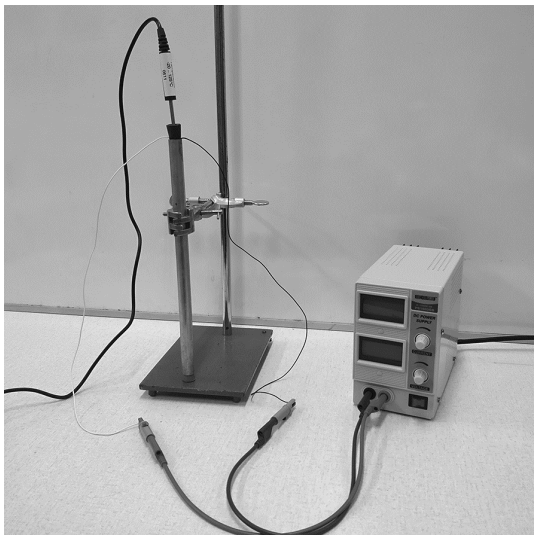
3p **6** Voer de volgende opdrachten uit:
- Geef op de uitwerkbijlage aan hoe lang de productie van $3{,}2 \cdot 10^{15}$ koperkernen voor één behandeling in de praktijk duurt.
- Bepaal met de figuur op de uitwerkbijlage hoeveel koperkernen vervallen tijdens de productie.

natuurkundeuitgelegd.nl

Buisisolatie

Richard wil de verwarmingsbuizen in zijn huis gaan isoleren. Hij maakt een testopstelling om te meten hoe groot het effect van buisisolatie kan zijn. Hij vult een stuk koperen verwarmingsbuis met water. In het water hangt hij twee weerstanden om het water te verwarmen. Deze zijn aangesloten op een regelbare spanningsbron. Hij sluit de buis af met een kurk met een thermometer. Zie figuur 1.

figuur 1



Richard gebruikt twee parallel geschakelde weerstanden. Iedere weerstand heeft een opschrift: "27 Ω, max. 20 W".
Voor het door een weerstand opgenomen vermogen geldt:

$$P = \frac{U^2}{R}$$

4p **7** Voer de volgende opdrachten uit:
- Leid deze formule af met behulp van formules uit het tabellenboek.
- Bereken de spanning die nodig is om de weerstanden te laten werken op het maximale vermogen volgens de opschriften.

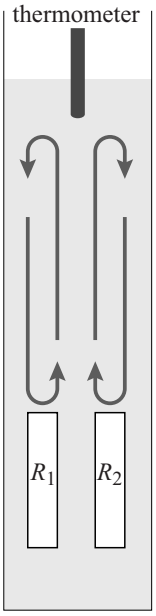
De buis bevat 26 g water van 18 °C. Het water in de verwarmingsbuizen in huis is 75 °C.
Veronderstel dat er geen energieverlies is.

4p **8** Bereken de tijd die minimaal nodig is om het water in de proefopstelling te verwarmen tot 75 °C wanneer de twee weerstanden werken op het maximale vermogen volgens de opschriften.

De thermometer zit bovenin de buis. Alleen boven de weerstanden is er sprake van warmtetransport door stroming. Richard heeft de weerstanden niet helemaal onderin de buis geplaatst. Zie figuur 2.

1p **9** Geef een natuurkundige reden waarom de thermometer al eerder een temperatuur van 75°C aangeeft.

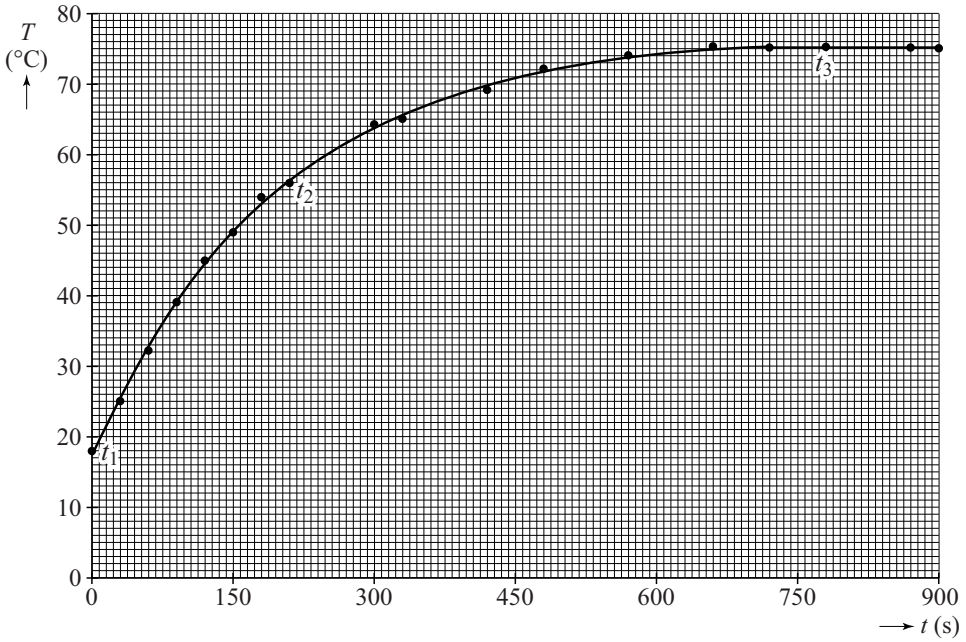
figuur 2



natuurkundeuitgelegd.nl

In werkelijkheid is er wel energieverlies.
Richard stelt de spanning zo in dat de eindtemperatuur van 75 °C precies wordt behaald en zet zijn metingen vervolgens uit in een diagram. Zie figuur 3.

figuur 3



In de grafiek zijn drie tijdstippen t_1, t_2 en t_3 aangegeven. Aan de buis wordt een constant elektrisch vermogen $P_{\text{elektrisch}}$ toegevoerd. Op de uitwerkbijlage staat een tabel. Het energieverlies per seconde aan de omgeving wordt P_{verlies} genoemd.

2p **10** Geef in de tabel op de uitwerkbijlage voor ieder tijdstip t_1, t_2 en t_3 met een kruisje aan of $P_{\text{elektrisch}}$ groter is dan, even groot is als of kleiner is dan P_{verlies}.

Richard constateert dat de verwarmingsbuizen in zijn huis niet van koper maar van ijzer zijn. Hij vraagt zich af of dit verschil maakt voor het warmteverlies bij gelijk temperatuurverschil.

Voor de warmtestroom door de wand van een buis geldt:

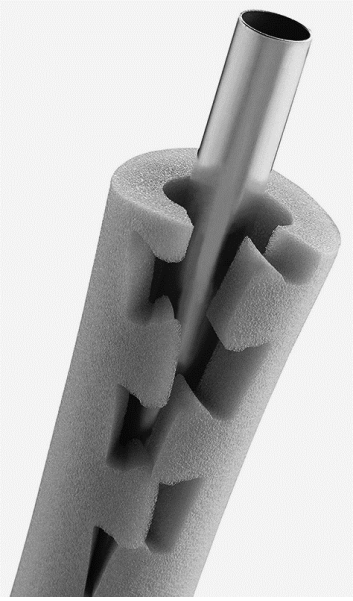
$$P = \lambda A \frac{\Delta T}{d}$$

2p **11** Leg met behulp van de formule uit of de warmtestroom bij een koperen buis groter is dan, kleiner is dan of gelijk is aan de warmtestroom bij een identiek gevormde ijzeren buis.

natuurkundeuitgelegd.nl

Richard isoleert de dunne wand van de buis met een isolatielaag. Zie figuur 4. In figuur 5 staat een overzicht van de technische gegevens van de isolatielaag.

figuur 4



figuur 5

Technische gegevens	
Materiaal	PE schuim
Isolatiedikte	13 mm
Warmtegeleidings-coëfficiënt	$0{,}038\ \mathrm{W\,m^{-1}K^{-1}}$

Zonder isolatie is het energieverlies per seconde (P_{verlies}) gelijk aan 27 W. De isolatie zorgt voor een kleiner energieverlies per seconde.
Het temperatuurverschil over de isolatie is 57 ºC. Het temperatuurverschil over de buis is verwaarloosbaar. Richard bepaalt dat de oppervlakte van de isolatie $4{,}9 \cdot 10^{-2}\ \mathrm{m^2}$ is.

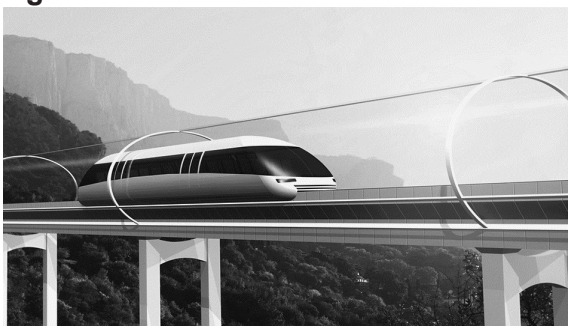
3p **12** Bereken de factor waarmee P_{verlies} verkleind wordt door het gebruik van de buisisolatie.

natuurkundeuitgelegd.nl

Hyperloop

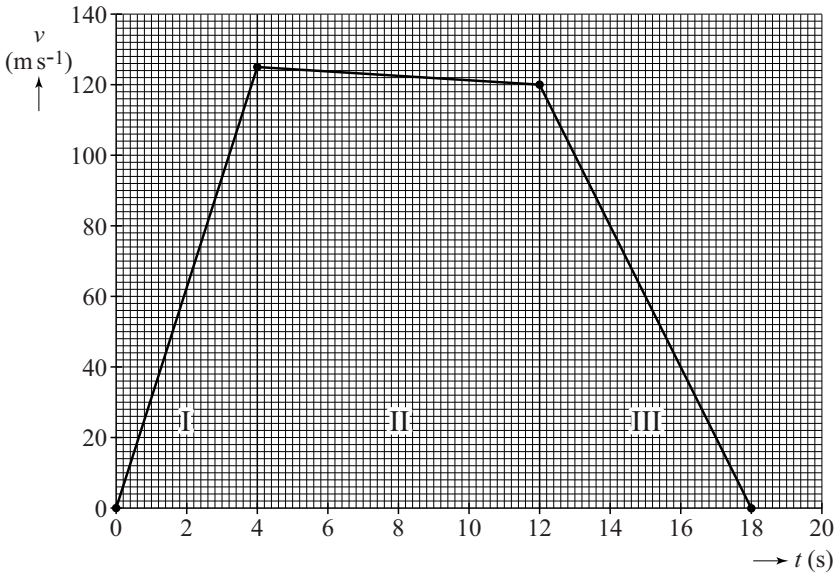
Een hyperloop is een toekomstontwerp voor snel transport over lange afstanden. Hierbij reizen passagiers in een zogenaamde ‘pod’ met hoge snelheid door een buis. Zie figuur 1.

figuur 1



Om de ontwikkeling van de hyperloop te stimuleren is er een ontwerpwedstrijd uitgeschreven voor bedrijven en universiteiten.
Voor deze wedstrijd zijn veel deelontwerpen bedacht en getest om diverse deelproblemen van de hyperloop op te lossen.
Een deel van de testen is eerst gemodelleerd. Zo is van een pod die getest moet worden met een vereenvoudigd model een (v,t)-diagram gemaakt. Zie figuur 2.

figuur 2



In deel I wordt de pod met een motor versneld, in deel II is de motor uitgeschakeld en in deel III wordt de pod door de motor afgeremd.

2p **13** Leg met behulp van figuur 2 uit of in het model rekening is gehouden met wrijving.

Om pod-ontwerpen te testen is een testtraject gebouwd. Dat testtraject is 1,7 km lang.

3p **14** Toon met behulp van figuur 2 aan of het traject lang genoeg is voor de test met de pod uit het model.

natuurkundeuitgelegd.nl

Voor de luchtweerstandskracht geldt:

$$F_w = k \cdot \rho \cdot v^2$$

Hierin is:
- k een constante;
- ρ de dichtheid van de lucht;
- v de snelheid van de pod.

En voor het gebruikte motorvermogen:

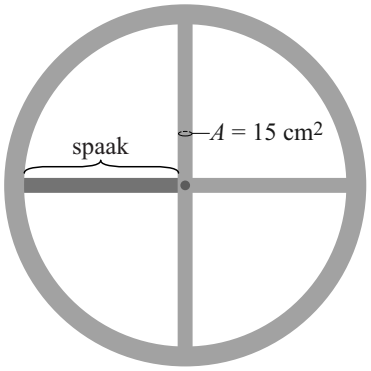
$$P_{motor} = F_w \cdot v$$

De pod moet aangedreven gaan worden door een motor met hetzelfde motorvermogen als een gewone treinmotor. Een trein haalt daarmee een snelheid van $1{,}2 \cdot 10^2$ km h^{-1}. De pod moet een snelheid halen van $1{,}2 \cdot 10^3$ km h^{-1}. Dit kan door de dichtheid van de lucht in de buis aan te passen. Constante k wordt gelijk beschouwd voor trein en pod.

2p **15** Op de uitwerkbijlage staan twee tabellen. Omcirkel in iedere tabel het juiste antwoord.

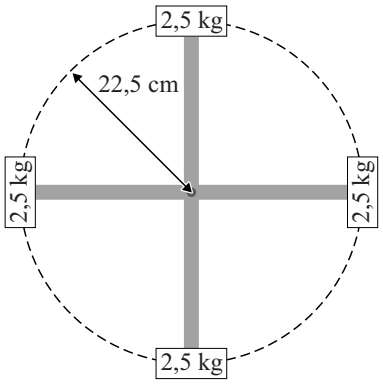
Sommige ontwerpers gaan uit van een pod op wielen. Bij hoge snelheid breken wielen als de middelpuntzoekende kracht in het wiel te groot wordt. De ontwerpers gebruiken een model van een wiel om in een simulatie te testen of hun wielontwerp sterk genoeg is. In het model wordt het wiel voorgesteld als een ring van 10 kg met 4 spaken. Iedere spaak is van aluminium en heeft een doorsnede met een oppervlakte van 15 cm^2. Zie figuur 3.

figuur 3



In de simulatie is aan iedere spaak een kwart van de totale massa van de ring bevestigd. Zie schematisch in figuur 4. Deze massa's krijgen een baansnelheid van $1{,}2 \cdot 10^3$ km h^{-1} en beschrijven een cirkelbaan met een straal van $22{,}5$ cm. De zwaartekracht wordt verwaarloosd.

figuur 4



4p **16** Voer de volgende opdrachten uit:
- Toon aan dat bij $1{,}2 \cdot 10^3$ km h^{-1} de middelpuntzoekende kracht op één massa gelijk is aan $1{,}2 \cdot 10^6$ N.
- Toon aan of de spaak sterk genoeg is.

natuurkundeuitgelegd.nl

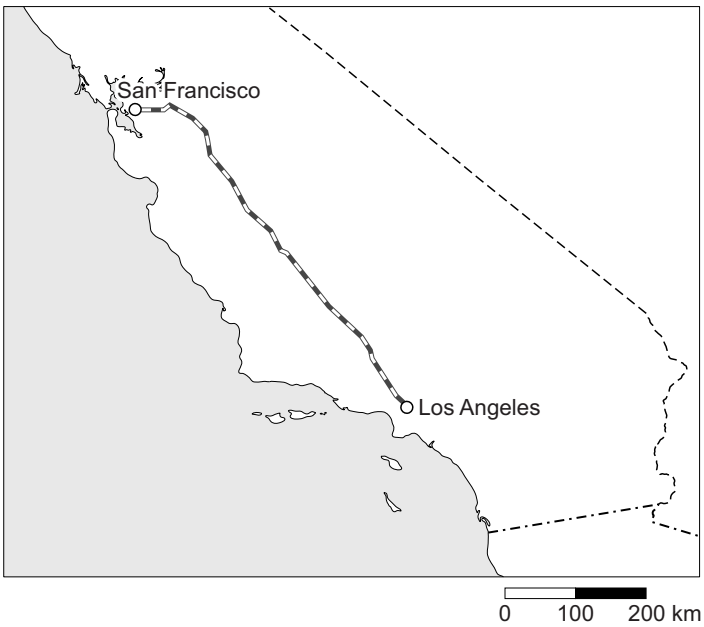
Andere ontwerpers hebben niet voor wielen gekozen, maar voor magneten die de pod boven de rails laten zweven en kleine schokken opvangen. Dit systeem met magneten werkt als een soort veer met veerconstante C.

Een beladen pod ($m = 1{,}30 \cdot 10^3$ kg) zweeft $4{,}0$ cm boven de rail. Een lege pod ($m = 8{,}0 \cdot 10^2$ kg) zweeft $7{,}0$ cm boven de rail.

3p **17** Bereken de veerconstante van dit systeem.

Uiteindelijk kan de hyperloop worden ingezet om grote steden met elkaar te verbinden. In figuur 5 is op een kaart een voorgesteld traject van San Francisco naar Los Angeles weergegeven.

figuur 5



De hyperloop moet met een gemiddelde snelheid van $1{,}2 \cdot 10^3$ km h^{-1} gaan reizen. Nu duurt een treinreis tussen deze steden nog $6{,}0$ uur. Figuur 5 staat ook op de uitwerkbijlage.

3p **18** Bepaal met behulp van de figuur op de uitwerkbijlage de verwachte tijdwinst.

natuurkundeuitgelegd.nl

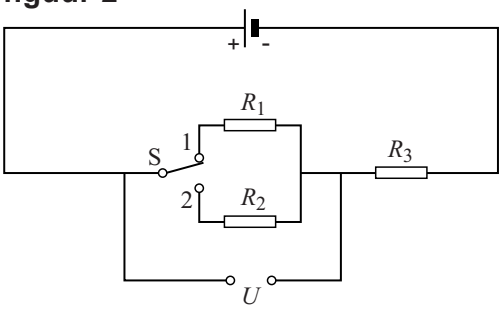
Mountainbikers gebruiken speciale lampen voor nachtritten. Zie figuur 1.
Zo'n lamp werkt op een accu die een constante spanning levert van $8{,}4\ \text{V}$. In de fietslamp zit een led. De fietslamp heeft twee standen voor de lichtsterkte.

figuur 1

Daan onderzoekt hoe de lamp op verschillende sterktes kan branden, terwijl de spanning van de accu constant is.

Daan gebruikt eerst een schakeling zoals weergegeven in figuur 2.

figuur 2



Met schakelaar S kan Daan kiezen of weerstand R_1 of weerstand R_2 in serie wordt geschakeld met weerstand R_3. Door dit omschakelen verandert de spanning U.
De led wordt aangesloten op de spanning U.
In stand 1 brandt de led feller dan in stand 2.

3p **19** Leg uit of weerstand R_1 groter of kleiner is dan weerstand R_2.

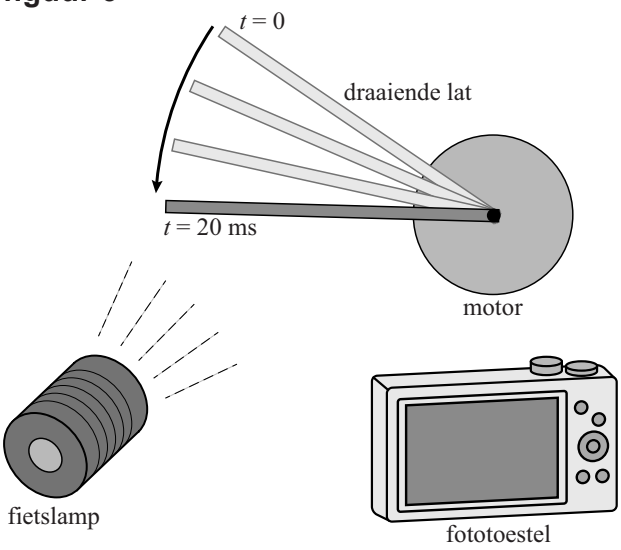
Een nadeel van deze schakeling is dat er veel energie verloren gaat in de weerstanden. Daan wil weten hoeveel energie er verloren gaat in de weerstanden. Het elektrisch vermogen van de aangesloten led in één van de standen is $0{,}52\ \text{W}$. De spanningsbron van $8{,}4\ \text{V}$ levert dan een stroomsterkte van $375\ \text{mA}$.

3p **20** Bereken het elektrische rendement van deze schakeling in deze stand.

natuurkundeuitgelegd.nl

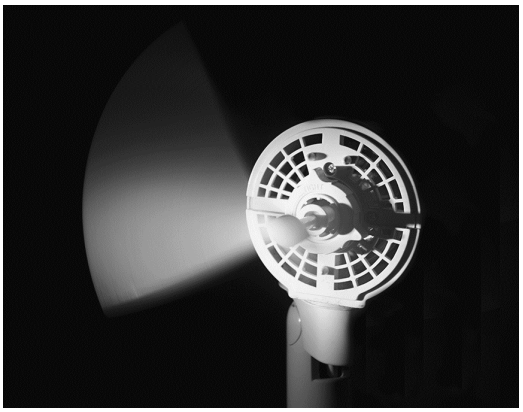
Op internet leest Daan over PWM (Pulse Width Modulation), een andere methode om leds te kunnen dimmen. Hierbij wordt de led met een hoge frequentie aan- en uitgeschakeld. In de gedimde stand brandt de led dan afwisselend op volle sterkte en helemaal niet. Het oog ervaart dat als een zwakker brandende led.
Daan onderzoekt nu of zijn fietslamp gebruikmaakt van PWM. Hij maakt een proefopstelling met een lat aan een motor. Hij laat de lat in het donker ronddraaien. Vervolgens belicht hij de draaiende lat met de fietslamp en maakt daarvan een foto. Zie de schematische opstelling in figuur 3.

figuur 3

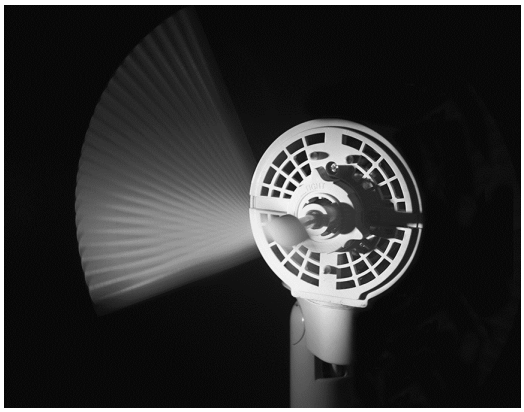


Daan maakt twee foto's, één in iedere stand van de fietslamp. Figuur 4 is de foto waarop de led fel brandt (stand 1), figuur 5 is de foto waarop de led gedimd brandt (stand 2).

figuur 4



figuur 5



Voor beide foto's is de beeldchip $20\ \text{ms}$ belicht. De lat staat 'uitgesmeerd' op de foto's doordat de lat verder draait in de tijd dat de foto gemaakt wordt.

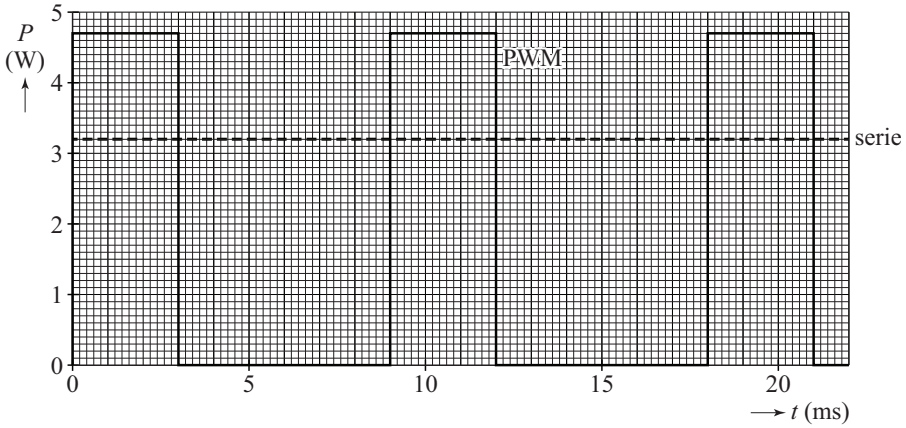
natuurkundeuitgelegd.nl

Uit figuur 5 blijkt dat de led knippert in de gedimde stand 2. Figuur 5 staat vergroot op de uitwerkbijlage.

3p **21** Bepaal met behulp van de figuur op de uitwerkbijlage de frequentie waarmee de led knippert.

In figuur 6 staat een (P,t)-diagram van de accu van de fietslamp voor zowel een PWM-schakeling als een schakeling zoals in figuur 2. De led lijkt in beide gevallen even fel te branden.

figuur 6



Daan denkt dat voor de PWM-schakeling minder energie nodig is dan voor de andere schakeling met twee weerstanden in serie. Figuur 6 staat ook op de uitwerkbijlage.

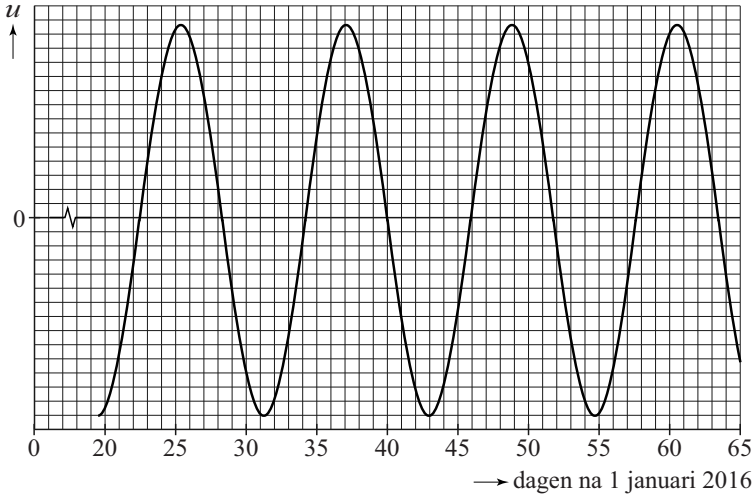
2p **22** Leg met behulp van de figuur op de uitwerkbijlage uit of dit waar is.

natuurkundeuitgelegd.nl

Proxima b

Een exoplaneet is een planeet die draait om een andere ster dan de zon. Een nieuw ontdekte exoplaneet draait om de ster Proxima Centauri. De nieuw ontdekte exoplaneet is Proxima b genoemd.
Proxima b is door onderzoekers ontdekt aan de hand van de beweging van de ster Proxima Centauri. Vanaf de aarde gezien lijkt deze ster heen en weer te bewegen. Figuur 1 geeft deze 'schommeling' in de tijd weer.

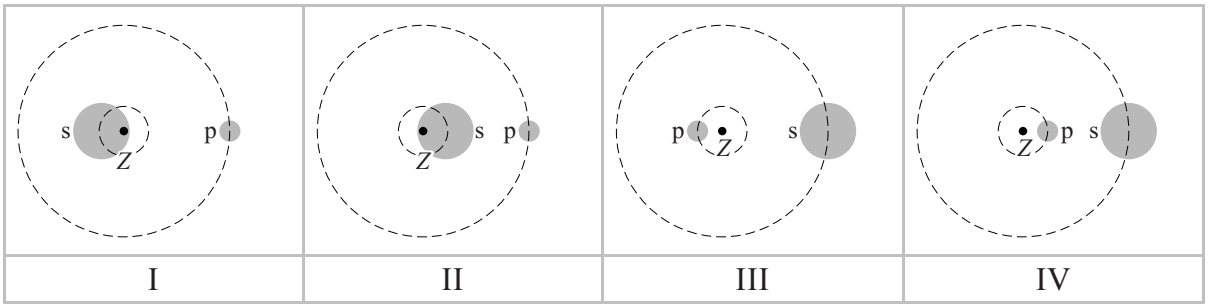
figuur 1



2p **23** Bepaal de periode van deze schommeling.

Proxima Centauri en de planeet draaien allebei om hun gezamenlijke zwaartepunt Z waardoor de schommelbeweging ontstaat. In figuur 2 staan vier schematische afbeeldingen waarin mogelijke banen en posities van de ster s en de planeet p ten opzichte van elkaar zijn weergegeven.

figuur 2



1p **24** In welke afbeelding zijn de banen en posities goed ten opzichte van elkaar en ten opzichte van zwaartepunt Z weergegeven?

A afbeelding I
B afbeelding II
C afbeelding III
D afbeelding IV

natuurkundeuitgelegd.nl

Over Proxima Centauri en Proxima b zijn een aantal gegevens bekend. Zie de tabel in figuur 3.

figuur 3

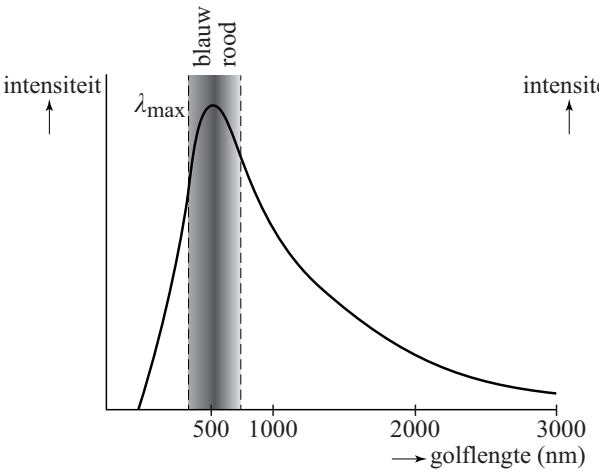
	ster Proxima Centauri	**planeet Proxima b**
massa	$M_{\text{Centauri}} = 0{,}123 \cdot M_{\text{zon}}$	$M_{\text{b}} = 1{,}3 \cdot M_{\text{aarde}}$
straal van het hemellichaam	$r_{\text{Centauri}} = 0{,}141 \cdot r_{\text{zon}}$	$r_{\text{b}} = 1{,}2 \cdot r_{\text{aarde}}$
temperatuur aan het oppervlak	3042 K ± 117 K	
afstand tot de aarde	4,22 lichtjaar	
afstand tot de ster		$7{,}0 \cdot 10^{6}$ km

De kans op leven op een exoplaneet is groter als de valversnelling aan het oppervlak vergelijkbaar is met de valversnelling op aarde (g_{aarde}).

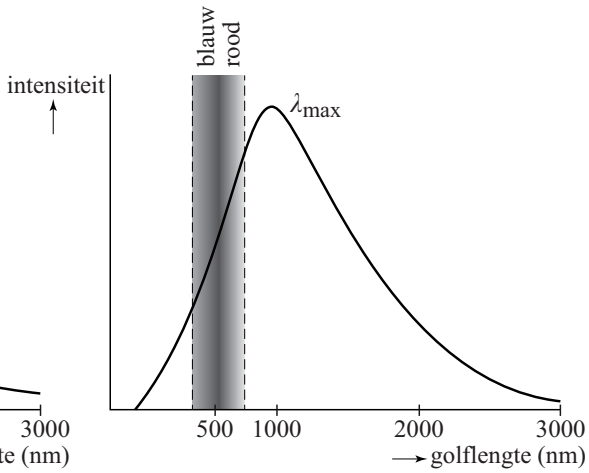
4p **25** Bereken de valversnelling op Proxima b uitgedrukt in g_{aarde}.

De kleur van een ster hangt af van zijn temperatuur. Een ster zendt straling met veel golflengtes uit. In figuren 4 en 5 zijn twee diagrammen weergegeven; één voor de zon en één voor Proxima Centauri. In ieder diagram is de intensiteit van de uitgezonden straling uitgezet tegen de golflengte van die straling. De verticale schaalverdeling is niet gelijk in beide figuren.

figuur 4



figuur 5



4p **26** Voer de volgende opdrachten uit:
- Leg uit welke figuur bij Proxima Centauri hoort. Vergelijk hiertoe de temperaturen aan het oppervlak van de zon en Proxima Centauri.
- Leg uit of Proxima Centauri roder of blauwer is dan de zon.

Let op: de laatste vraag van dit examen staat op de volgende pagina.

natuurkundeuitgelegd.nl

Proxima Centauri is na de zon de ster die het dichtst bij de aarde staat. Er bestaat een plan om een onbemand ruimteschip met grote snelheid naar deze ster te sturen: project Breakthrough Starshot.
In het plan legt het ruimteschip de reis af met een gemiddelde snelheid van 15% van de lichtsnelheid.

3p **27** Bereken de tijd in jaren dat de reis naar Proxima Centauri dan zou duren.

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