

Formuleblad

Formules die bij het pilot-programma horen en die niet in BINAS staan.

C Beweging en wisselwerking

$$F_{w,l} = \frac{1}{2} \rho c_w A v^2$$

$$E_{\text{chem}} = r_v V \qquad E_{\text{chem}} = r_m m$$

$$\Sigma p_{\text{voor}} = \Sigma p_{\text{na}}$$

D Lading en veld

$$I = GU$$

E Straling en materie

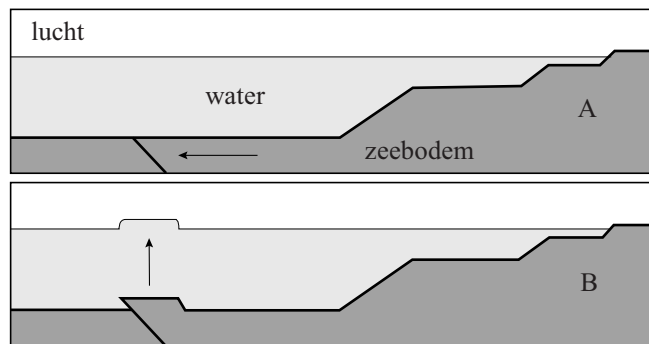
$$\frac{P}{A} = \sigma T^4 \qquad L = 4\pi R^2 \sigma T^4 \qquad v = \frac{\Delta\lambda}{\lambda} c$$

$$D = \frac{E}{m} \qquad H = QD$$

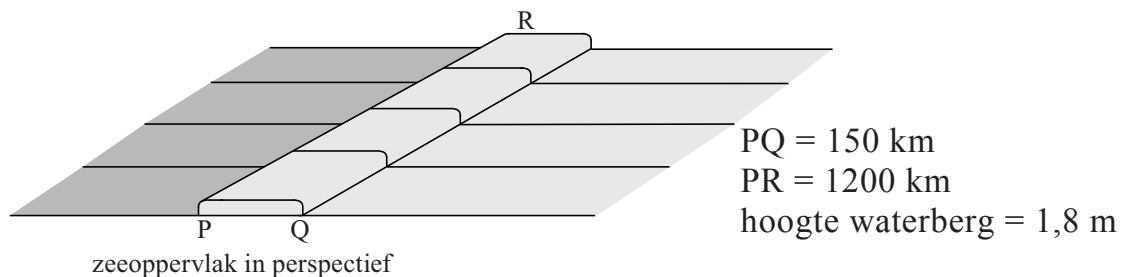
Opgave 1 Tsunami

Figuur 1 laat op een vereenvoudigde manier zien hoe een gedeelte van de zeebodem door een aardverschuiving plotseling omhoog komt. Het zeewater dat boven dat gedeelte zit, wordt omhoog gedruwd waardoor er een 'waterberg' aan het oppervlak ontstaat. Deze waterberg is meestal niet hoog, maar kan in de lengte en de breedte grote afmetingen hebben. Figuur 2 toont zo'n waterberg met zijn afmetingen, in perspectief. De figuren zijn schematisch en niet op schaal.

figuur 1



figuur 2

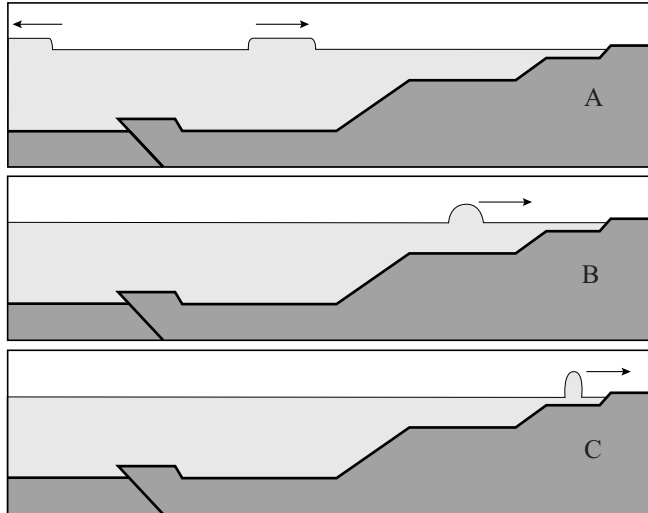


De waterberg kan een tsunami, een vloedgolf aan de kust, veroorzaken. Het mogelijke gevaar van een tsunami hangt af van de zwaarte-energie van de waterberg ten opzichte van het normale zeepeil. Als deze energie meer dan 0,5 PJ (petajoule) bedraagt, is er kans op een tsunami.

- 4p 1 Ga na met een berekening of de zwaarte-energie van de waterberg in figuur 2 de waarde van 0,5 PJ overschrijdt.

Figuur 3A laat zien hoe de waterberg zich naar rechts (en naar links) verplaatst als een golfberg.

figuur 3



De snelheid v waarmee de golfberg beweegt, wordt gegeven door:

$$v = \sqrt{gd}$$

Hierin is:

- g de valversnelling;
- d de diepte van de zee.

In figuur 3B en 3C nadert de waterberg de kust waarbij de diepte van de zee kleiner wordt. Er treden hierbij twee effecten op: de waterberg wordt smaller en de waterberg wordt hoger.

3p **2** Geef voor beide effecten een natuurkundige verklaring.

De gevolgen van een tsunami kunnen aan de kust desastreus zijn. Men zoekt dan ook naar manieren om de bevolking van gebieden in de gevarezone vroegtijdig te waarschuwen. Eén manier werkt als volgt. Een aardverschuiving van de zeebodem veroorzaakt schokgolven door de aardkorst waarvan de voortplantingssnelheid het dubbele is van de voortplantingssnelheid van geluid in steen. Omdat deze snelheid groter is dan de snelheid van de waterberg, bereikt de schokgolf de kust eerder dan de tsunami.

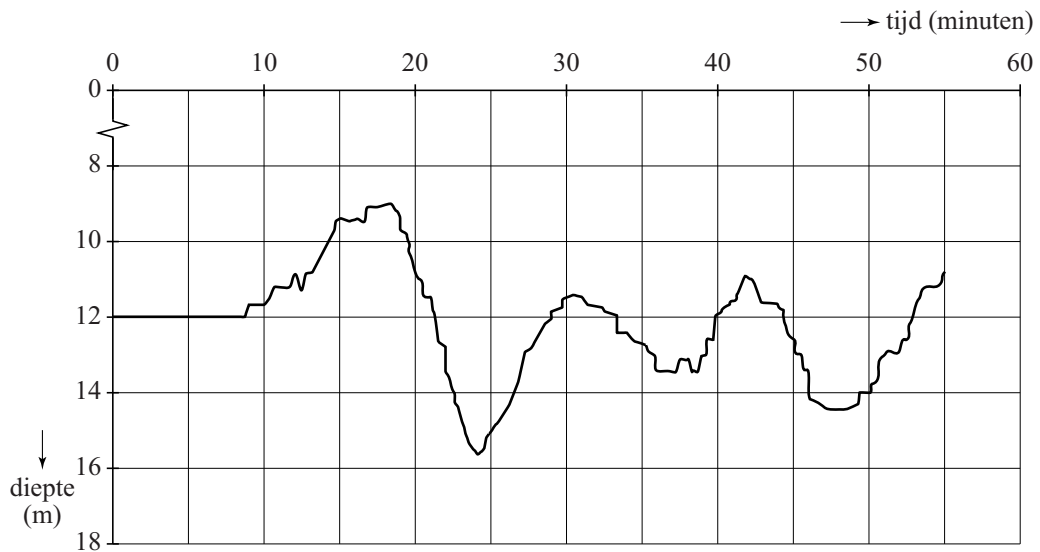
Stel dat een aardverschuiving plaatsvindt op 2500 km van een meetpunt aan de kust en dat de zee een diepte heeft van 3,0 km.

4p **3** Bereken het tijdsverschil tussen het waarnemen van de schokgolf en de komst van de tsunami.

In werkelijkheid verloopt het ontstaan van een tsunami vaak complexer dan in figuur 1 is weergegeven. De aardverschuiving vindt meestal in meerdere stappen plaats en soms komen ook verzakkingen van de zeebodem voor. De golf die bij de kust aankomt is dan ook meestal uitgebreider en kan bestaan uit meerdere golfbergen en golfdalen.

Figuur 4 geeft een registratie van de waargenomen diepte van de zee onder een schip vlak voor de kust van Phuket (Thailand) bij de tsunami van 2004.

figuur 4



- 2p **4** Leg uit met behulp van figuur 4 of bij Phuket eerst een golfdal of eerst een golfberg arriveerde.

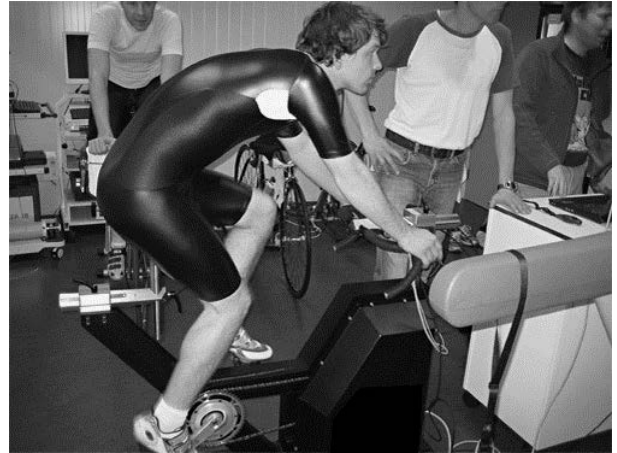
De golflengte van de tsunami bepaalt mede hoe hevig de kust wordt getroffen.

- 3p **5** Bepaal met behulp van figuur 4 de golflengte van de tsunamigolven vlak voor de kust van Phuket.

Opgave 2 Strategiebepaling bij wielrennen

Lees onderstaand artikel.

In de wielersport is het belangrijk om te weten hoe groot het vermogen is dat een wielrenner kan leveren en hoe lang hij dit vol kan houden. Hiermee kan een ploegleider in een wedstrijd de strategie bepalen. Dit wordt onderzocht met behulp van een hometrainer met een meetsysteem. Hiermee wordt de kracht op de pedalen gemeten als functie van de tijd. Daaruit worden de arbeid en het vermogen van de wielrenner berekend.



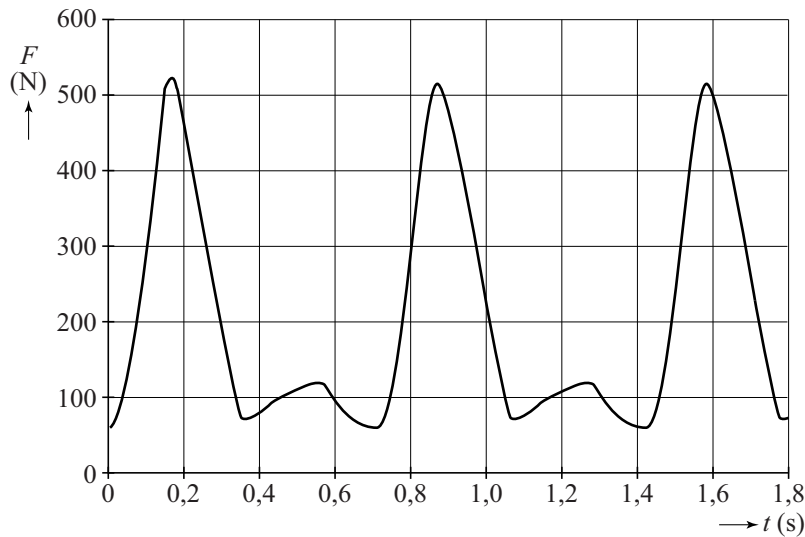
Wielrenner Alberto fietst op de hometrainer. Zijn schoenen zitten vastgeklikt aan de pedalen. De afstand van het draaipunt van de crank tot de aanhechting van een pedaal bedraagt 17,5 cm. Zie figuur 1.

figuur 1



Het meetsysteem meet de component van de kracht van de voet loodrecht op de crank. De grootte van die component als functie van de tijd is in figuur 2 weergegeven.

figuur 2



- 5p **6** Figuur 2 geldt voor **één** voet. Met zijn andere voet doet Alberto hetzelfde. Bepaal het vermogen dat Alberto levert.
Hint: Schat de gemiddelde kracht in één omwenteling van één voet.

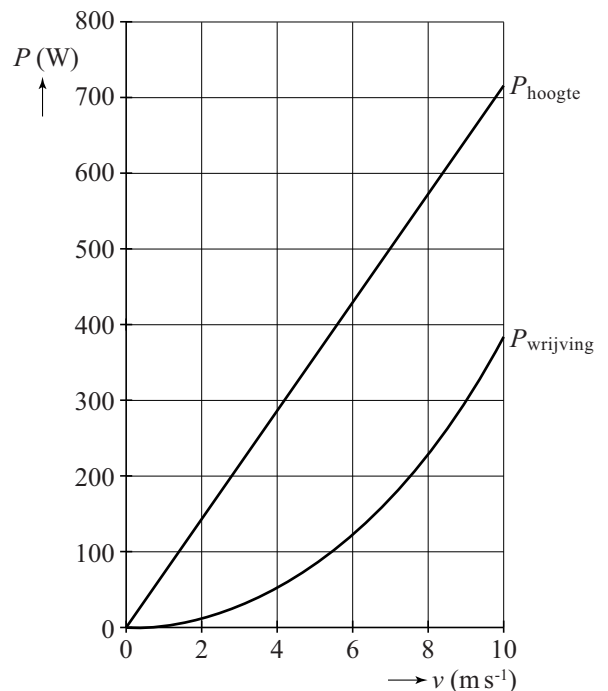
De gegevens uit het meetsysteem kan de ploegleider gebruiken om tijdens een wedstrijd de strategie te bepalen.

Uit de metingen is bekend dat Alberto zijn topvermogen van 0,60 kW gedurende 7,5 minuut kan volhouden. Hiermee kan de ploegleider bepalen op welke afstand van de top van de berg Alberto op zijn topvermogen moet gaan rijden.

Bij een wedstrijd staat er een etappe op het programma met de finish boven op een berg. In figuur 3 is bij verschillende snelheden het vermogen van Alberto weergegeven om de wrijving te overwinnen en om hoger te komen op deze berg.

- 4p **7** Bepaal op welke afstand van de top van de berg Alberto op zijn topvermogen moet gaan rijden.

figuur 3



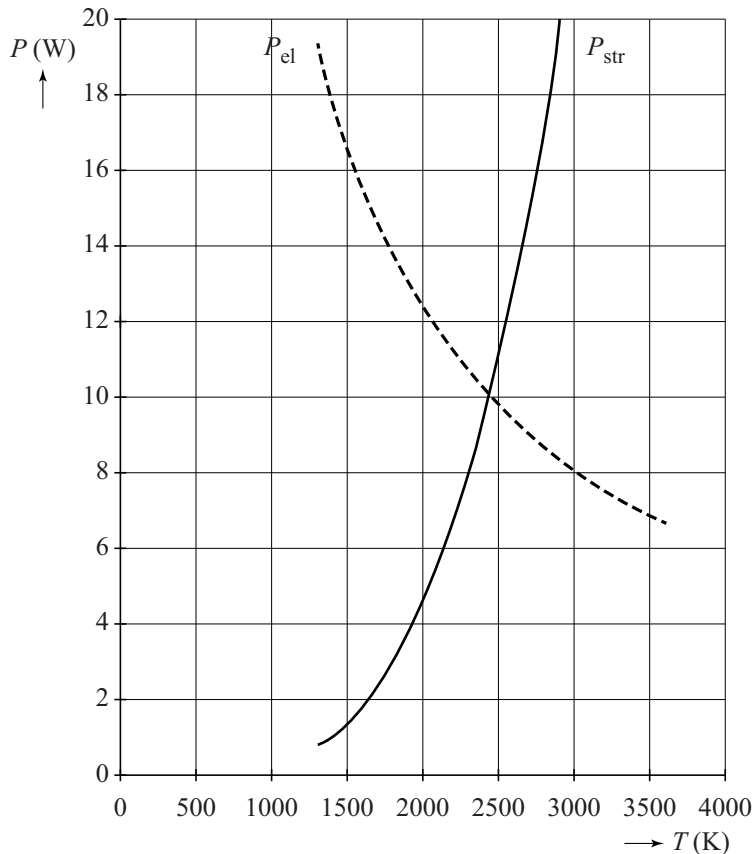
Opgave 3 Gloeidraden

Een gloeilamp moet van de juiste gloeidraad voorzien worden. Daarbij wordt rekening gehouden met het elektrisch vermogen dat de gloeidraad opneemt en het vermogen dat de gloeidraad uitstraalt.

Beide zijn afhankelijk van de temperatuur van de gloeidraad.

Het elektrisch vermogen dat de gloeidraad zal opnemen bij een bepaalde temperatuur, kan van tevoren worden berekend als de afmetingen en de elektrische eigenschappen van de draad bekend zijn. In figuur 1 staat het resultaat van die berekening voor een bepaalde draad weergegeven als P_{el} . Het gaat over een gloeilamp met een vermogen van 10 W bij een spanning van 12 V.

figuur 1



Op de uitwerkbijlage staat een diagram. De weerstand van de gloeidraad bij één temperatuur is weergegeven door een punt.

Neem aan dat het verband tussen de weerstand en de temperatuur lineair is.

4p **8** Voer de volgende opdrachten uit:

- Bepaal met behulp van figuur 1 de weerstand van de gloeidraad bij 1500 K en teken in het diagram op de uitwerkbijlage het bijbehorende punt.
- Bepaal de weerstand van de gloeidraad bij kamertemperatuur.

Het vermogen dat de gloeidraad uitstraalt, kan berekend worden met de stralingswet van Stefan-Boltzmann.

In figuur 1 staat dat weergegeven als P_{str} . Daarbij is aangenomen dat de gloeidraad als een Planckse straler ('zwarte straler') beschouwd mag worden en dat de stralende oppervlakte gelijk is aan de oppervlakte van de buitenkant van de gloeidraad.

3p **9** Bepaal met behulp van figuur 1 de oppervlakte van de buitenkant van de gloeidraad.

De spanning van 12 V wordt op de gloeilamp aangesloten.

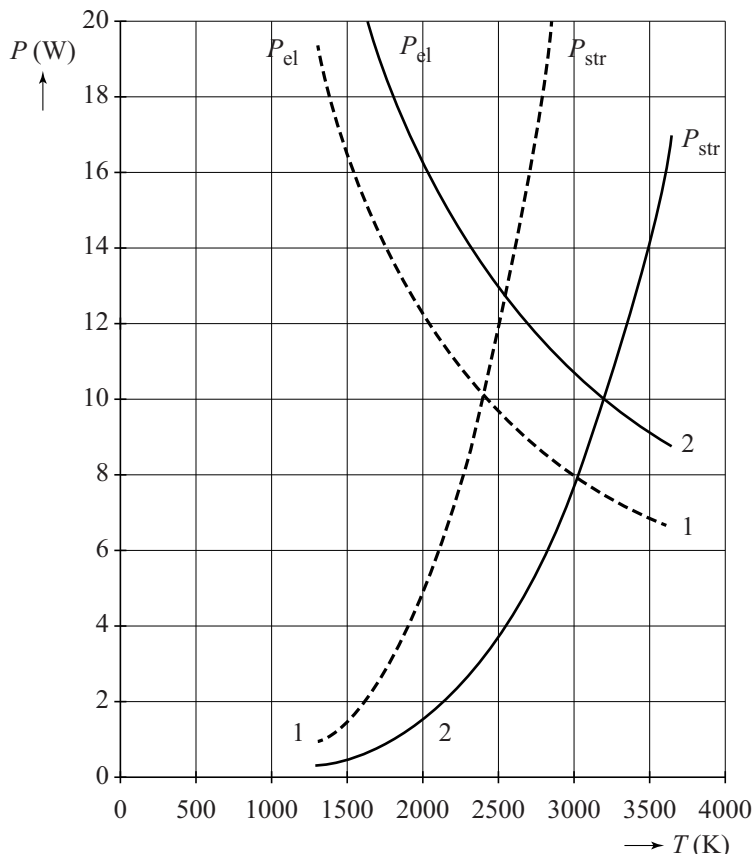
3p **10** Beantwoord de volgende vragen:

- Waarom zal het vermogen van de lamp direct na het inschakelen groter dan 10 W zijn?
- Waarom heeft de lamp na enige tijd een constant vermogen?
- Waarom wordt de temperatuur van de gloeidraad niet hoger dan 2400 K?

Soortgelijke berekeningen zijn ook voor de gloeidraad van een halogeenvlamp gemaakt. De temperatuur van de gloeidraad is bij een halogeenvlamp hoger dan bij een (gewone) gloeilamp.

In figuur 2 zijn de resultaten van een halogeenvlamp van 12 V; 10 W weergegeven met getrokken lijnen. (De resultaten uit figuur 1 voor de gloeilamp zijn weergegeven met stippellijnen.)

figuur 2



We vergelijken de gloeidraad van een brandende halogeenlamp met de gloeidraad van een brandende gloeilamp.

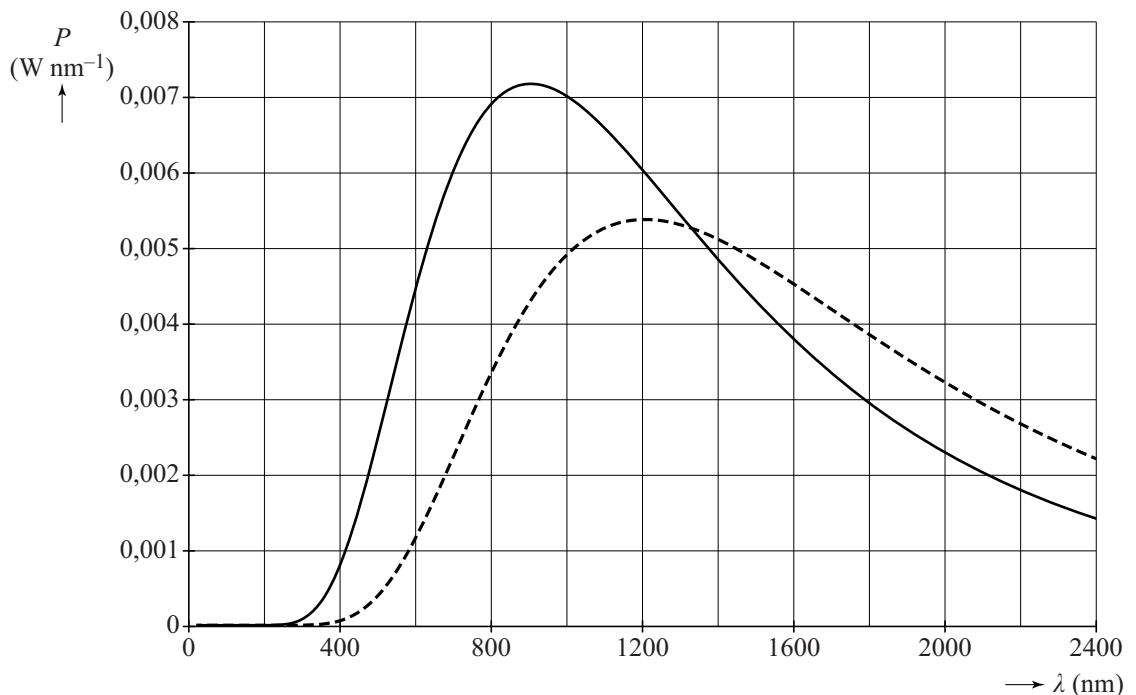
De beide gloeidraden zijn van hetzelfde metaal gemaakt.

De diameter van de gloeidraad in de gloeilamp is 1,3 maal die van de gloeidraad in de halogeenlamp.

- 4p 11 Leg uit met behulp van figuur 2 welke gloeidraad langer is: die van de gloeilamp of die van de halogeenlamp.

In figuur 3 is van beide lampen de Stralingskromme weergegeven.

figuur 3



Jan beweert dat deze figuur niet kan kloppen, omdat de twee lijnen elkaar snijden en Planck-krommen elkaar nooit snijden. Zie BINAS tabel 23.

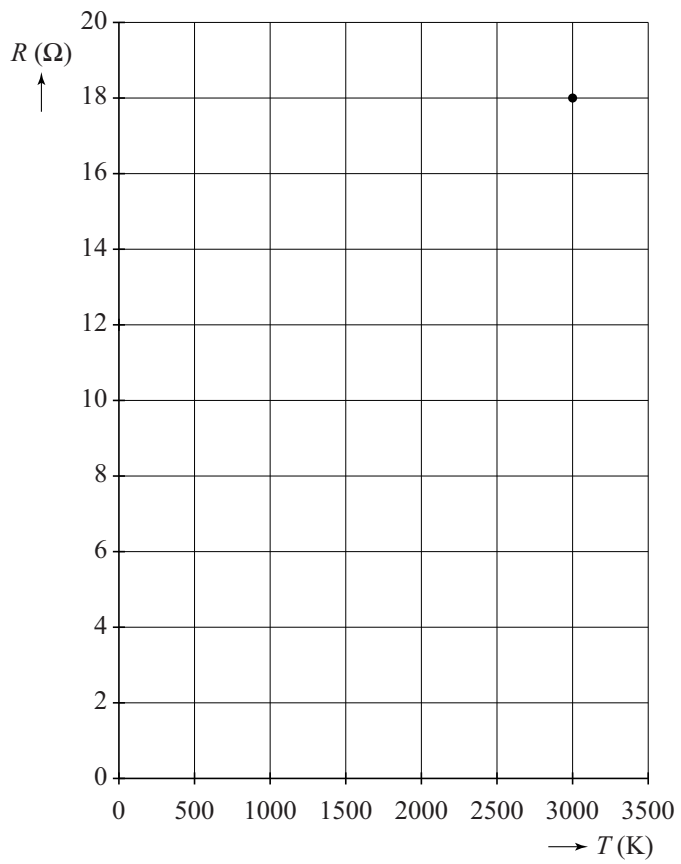
- 2p 12 Leg uit of Jan gelijk heeft.

Het rendement van een elektrische lamp wordt gedefinieerd als de verhouding van de energie van het uitgestraalde licht in het zichtbare gebied (400 tot 800 nm) en de elektrische energie.

- 4p 13 Leg uit hoe de verhouding van de rendementen van de halogeenlamp en de gloeilamp uit figuur 3 te bepalen is. (De bepaling zelf hoeft niet te worden uitgevoerd.)

uitwerkbijlage

8



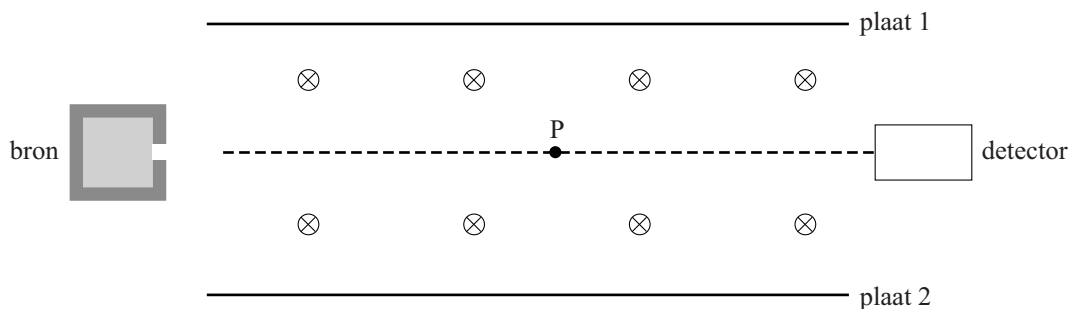
Opgave 4 Onderzoek aan β^- -straling

Zoals bekend bestaat β^- -straling uit elektronen. Om een onderzoek aan β^- -straling te doen heeft Harald een radioactieve bron met P-32 laten maken. Hierbij is 1,0 gram P-32 gebruikt. Ten tijde van het onderzoek heeft de bron nog een activiteit van $2,5 \cdot 10^{12}$ Bq.

- 5p 14 Bereken de tijd tussen het maken van de bron en het onderzoek van Harald.

Harald wil de snelheid bepalen van de β^- -deeltjes die de bron verlaten. Hij plaatst daarvoor de bron met een detector in een luchtledige ruimte met een homogeen magnetisch en een homogeen elektrisch veld. Deze opstelling is schematisch weergegeven in figuur 1.

figuur 1



De magnetische veldlijnen staan loodrecht op het vlak van tekening, het papier in gericht. De zwaartekracht op de deeltjes is te verwaarlozen ten opzichte van de andere twee krachten die er op werken: de lorentzkracht en de elektrische kracht.

Door de platen 1 en 2 op de juiste wijze op een spanningsbron aan te sluiten is het mogelijk de elektronen uit de bron langs een rechte lijn in de detector terecht te laten komen. Figuur 1 staat ook op de uitwerkbijlage.

- 4p 15 Voer de volgende opdrachten uit:
- Geef in de figuur op de uitwerkbijlage in punt P met pijlen de richtingen aan van de stroom I , van de lorentzkracht F_L en van de elektrische kracht F_{el} .
 - Leg uit of plaat 1 op de positieve pool of op de negatieve pool van de spanningsbron moet worden aangesloten.

Voor de elektrische veldsterkte tussen de platen geldt:

$$E = \frac{U}{d} \quad (1)$$

Hierin is: U de spanning tussen de platen;
 d de afstand tussen de platen.

Bij een bepaalde snelheid gaan de elektronen in een rechte lijn van de bron naar de detector. Voor deze snelheid geldt:

$$v = \frac{U}{Bd} \quad (2)$$

Hierin is: B de sterkte van het magneetveld.

3p **16** Leid formule (2) af uit formule (1) en uit formules in BINAS.

De elektronen die uit de bron komen, hebben niet allemaal dezelfde snelheid. Harald gebruikt zijn opstelling om te bepalen hoe die snelheid verdeeld is.

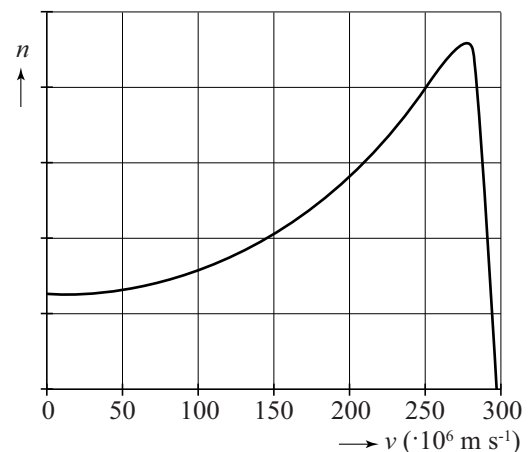
Daartoe varieert hij de spanning U en meet hij het aantal elektronen n dat gedurende een bepaalde tijdsduur de detector bereikt. Uit deze gegevens maakt hij een grafiek van de snelheidsverdeling van de elektronen uit de bron. Zie figuur 2.

Harald ziet in BINAS tabel 25 de waarde van 1,72 MeV die staat bij P-32 onder "verval en energie van het deeltje".

Hij denkt dat die energie de kinetische energie is die hoort bij de meest voorkomende snelheid uit figuur 2.

3p **17** Toon met een berekening aan dat dit **niet** zo is.

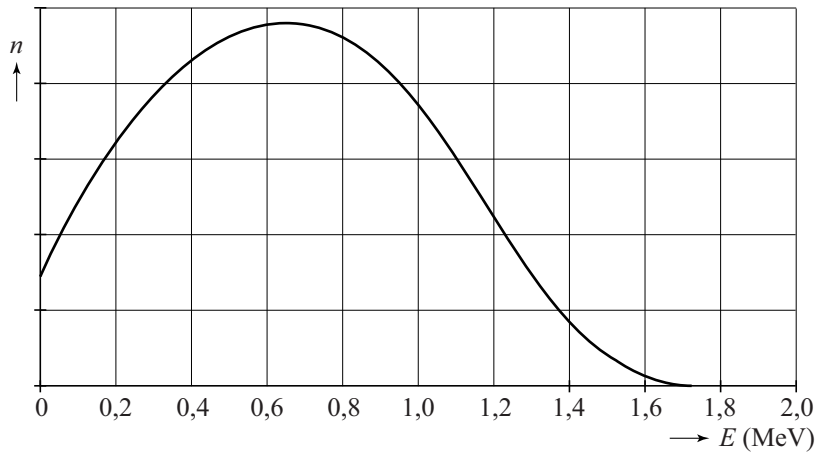
figuur 2



Harald realiseert zich dat bij deze snelheden van de elektronen de relativiteitstheorie gebruikt moet worden om de snelheidsverdeling van figuur 2 naar een energieverdeling om te rekenen.

Deze omrekening levert de energieverdeling van de elektronen die is weergegeven in figuur 3.

figuur 3

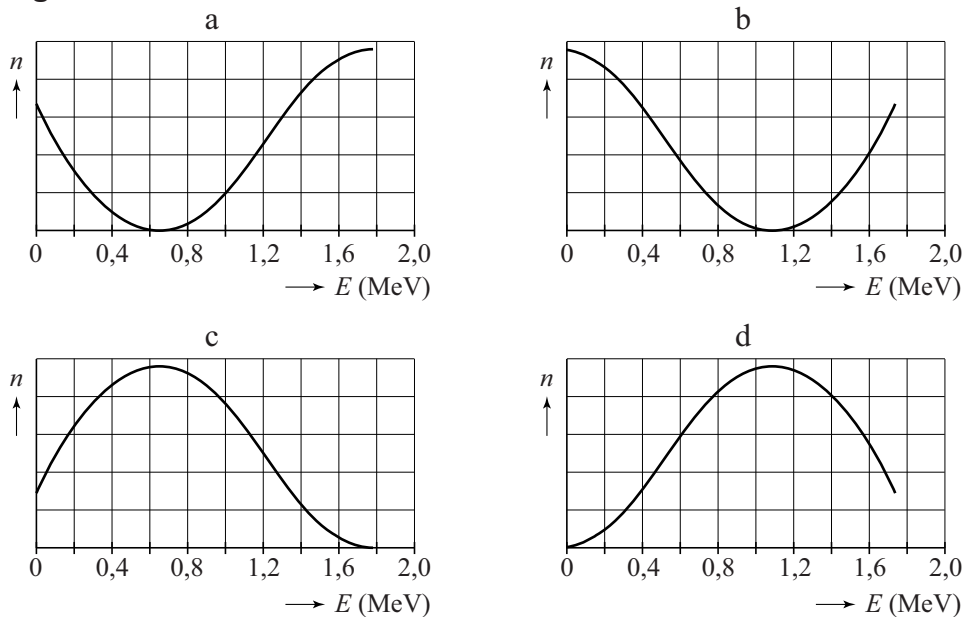


Omdat bij β^- -verval elke keer dezelfde hoeveelheid energie vrijkomt (in dit geval 1,72 MeV), toont het experiment van Harald aan dat bij β^- -verval tegelijk met elk elektron nog een ander deeltje vrijkomt.

- 3p 18 Leg uit met behulp van behoudswetten of dit deeltje een neutrino is of een antineutrino.

Harald wil de energieverdeling van de vrijkomende (anti)neutrino's vergelijken met de energieverdeling van de elektronen uit figuur 3. In figuur 4 staan vier grafieken met een energieverdeling van de vrijkomende (anti)neutrino's.

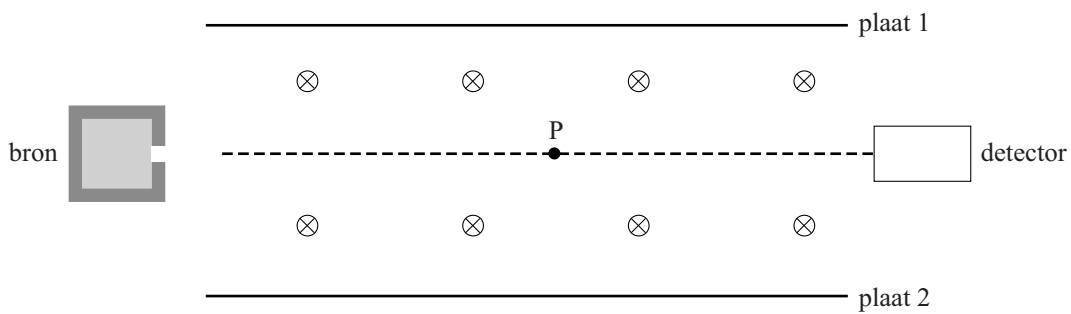
figuur 4



- 2p 19 Leg uit welke grafiek de energieverdeling van de (anti)neutrino's het beste weergeeft.

uitwerkbijlage

15



plaat 1:

plaat 2:

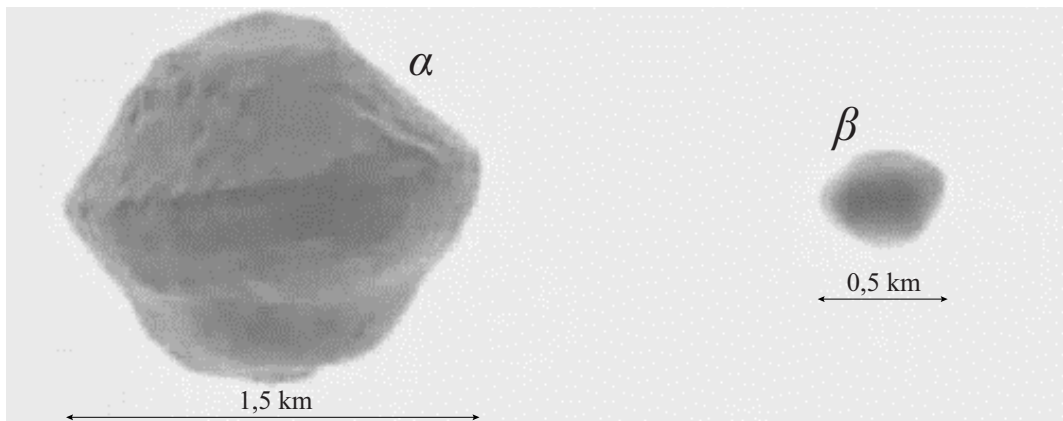
Opgave 5 Dubbel-planetoïde 1999 KW4

Planetoïden, soms ook asteroïden genoemd, zijn brokstukken die zich net als planeten in een baan om de zon bewegen. Hun doorsnede varieert van veel minder dan 1 km tot zo'n 1000 km.

De titel van deze opgave verwijst naar de dubbel-planetoïde die, voor zover nu bekend, het dichtste bij de zon komt.

Uit radarbeelden blijkt dat deze dubbel-planetoïde uit twee brokstukken bestaat die om elkaar heen draaien. De grote wordt α genoemd, de kleine β . Zie figuur 1.

figuur 1



In het onderstaande kader zijn een aantal onderzoeksgegevens over 1999 KW4 te vinden.

- De massa van α is $2,6 \cdot 10^{12}$ kg.
- De (maximale) diameter van α is 1,5 km.
- De (maximale) diameter van β is 0,5 km.
- De omlooptijd van β om α is 17,4 uur.
- De gravitatieversnelling op de evenaar van α is $4,3 \cdot 10^{-4} \text{ ms}^{-2}$.
- De rotatietijd van α (de tijd waarin hij om zijn as draait) is 2,5 uur.

3p 20 Sommige hemellichamen blijken voornamelijk uit ijzer te bestaan. Ga met behulp van een schatting na of dat voor α aannemelijk is.

De benodigde middelpuntzoekende kracht om β in zijn baan om α te houden, wordt geleverd door de gravitatiekracht.

Voor de omlooptijd T van β geldt de wet van Kepler: $\frac{GM}{4\pi^2} = \frac{r^3}{T^2}$.

Hierin is:

- M de massa van α ;
- r de afstand tussen α en β ;
- T de omlooptijd.

De massa van α die in het kader staat, is berekend met de wet van Kepler uit de waargenomen afstand tussen α en β .

2p **21** Bereken hoe groot de afstand tussen α en β is.

De wetenschapsjournalist Karel Knip schrijft in het NRC-Handelsblad dat α bij deze rotatietijd net niet "uit elkaar spat".

Bij een kleinere rotatietijd zou dat net wel gebeuren. Bij die rotatietijd T_{rot} zouden losliggende stenen op de evenaar niet blijven liggen.

3p **22** Bereken rotatietijd T_{rot} .