Examen VWO

2014

tijdvak 1
maandag 19 mei
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 22 vragen.
Voor dit examen zijn maximaal 73 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-14-1-o

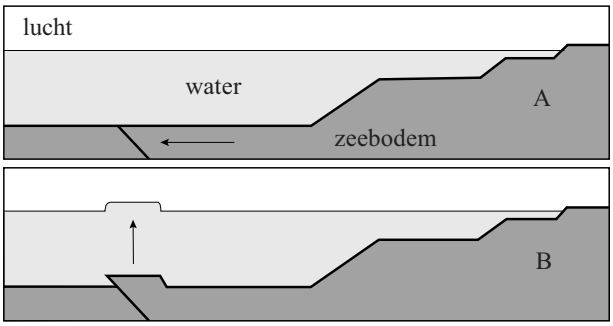
natuurkundeuitgelegd.nl

natuurkundeuitgelegd.nl

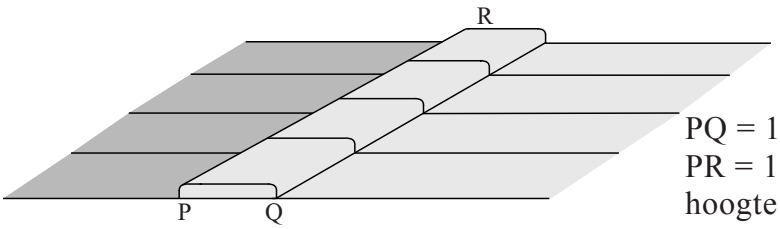
Opgave 1 Tsunami

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 geduwd 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



zeeoppervlak in perspectief

PQ = 150 km
PR = 1200 km
hoogte waterberg = 1,8 m

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.

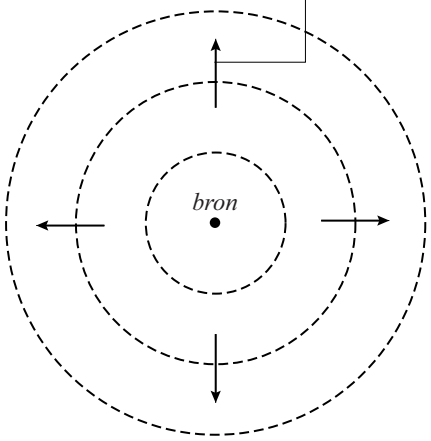
4p **1** Ga na met een berekening of de zwaarte-energie van de waterberg in figuur 2 de waarde van 0,5 PJ overschrijdt.

natuurkundeuitgelegd.nl

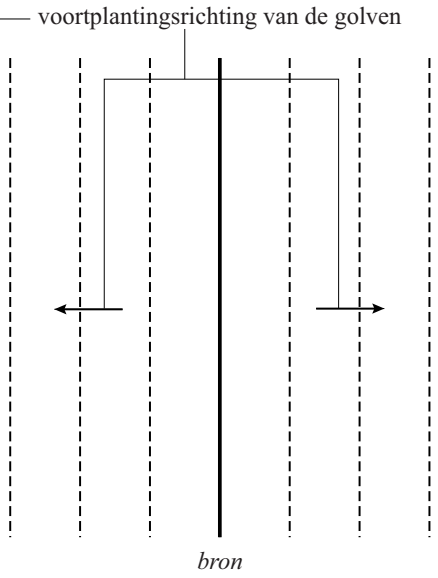
Een tsunami-golf verliest weinig aan hoogte als hij een grote afstand aflegt. Dit in tegenstelling tot een golf vanuit een puntvormige bron zoals bijvoorbeeld veroorzaakt door een steen die in een vijver valt.

In de figuren 3 en 4 worden beide situaties vergeleken.

figuur 3



figuur 4



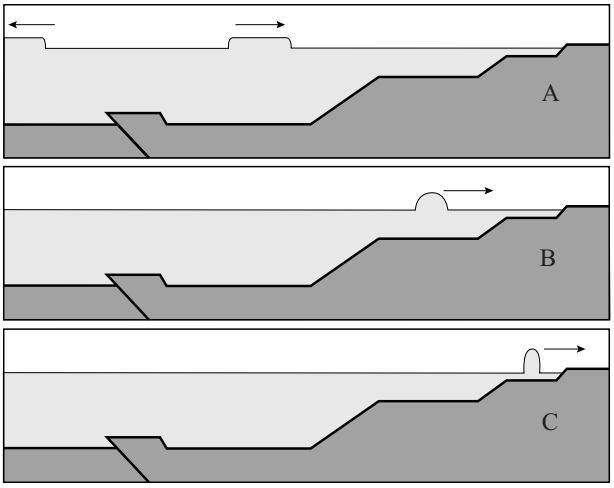
2p **2** Leg uit waarom de amplitude van een golf in figuur 3 **wel** sterk afneemt en in figuur 4 (bijna) **niet**.

Figuur 5A laat zien hoe de waterberg zich naar rechts (en naar links) verplaatst als een golfberg.
De snelheid v waarmee dat gebeurt, wordt gegeven door:

$$v = \sqrt{gd}$$

Hierin is:
- g de valversnelling;
- d de diepte van de zee.

figuur 5



In figuur 5B en 5C 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 **3** Geef voor beide effecten een natuurkundige verklaring.

natuurkundeuitgelegd.nl

De gevolgen van een tsunami kunnen aan de kust desastreus zijn. Men zoekt dan ook naar manieren om de bevolking van gebieden in de gevarenzone 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.

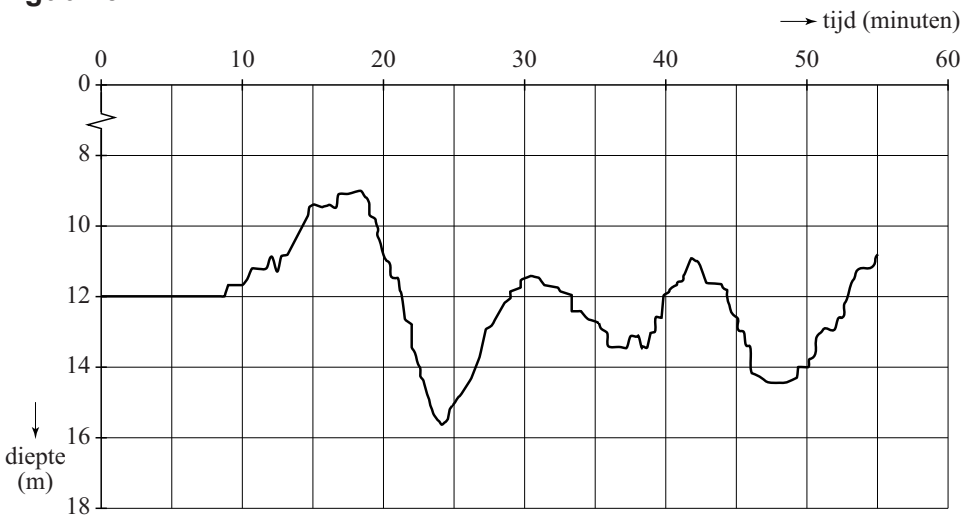
Stel dat een aardverschuiving plaatsvindt op $2500\ \text{km}$ van een meetpunt aan de kust en dat de zee een diepte heeft van $3{,}0\ \text{km}$.

4p **4** 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 6 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 6



2p **5** Leg uit met behulp van figuur 6 of bij Phuket eerst een golfdal of eerst een golfberg arriveerde.

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

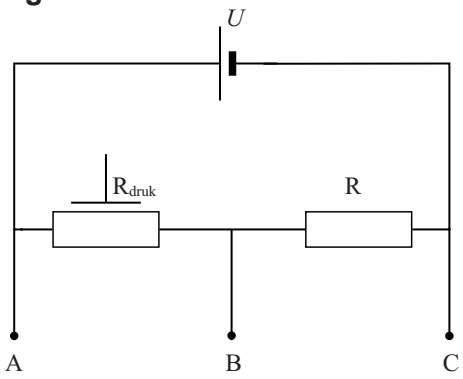
3p **6** Bepaal met behulp van figuur 6 de golflengte van de tsunami-golven vlak voor de kust van Phuket.

natuurkundeuitgelegd.nl

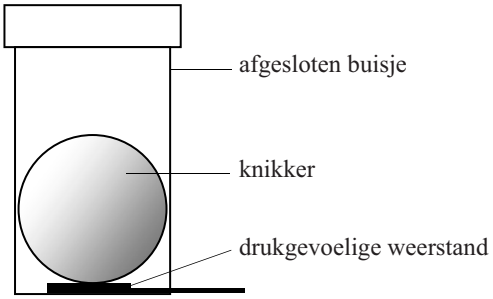
Opgave 2 (G-)Krachtmetingen in een attractiepark

Ingrid en Karel voeren een project uit waarbij zij in een attractiepark krachten gaan meten. Ze maken daarvoor zelf een eenvoudige krachtsensor. De elektrische schakeling van de krachtsensor staat weergegeven in figuur 1. De batterij levert een spanning van $9{,}0\ \mathrm{V}$.

figuur 1



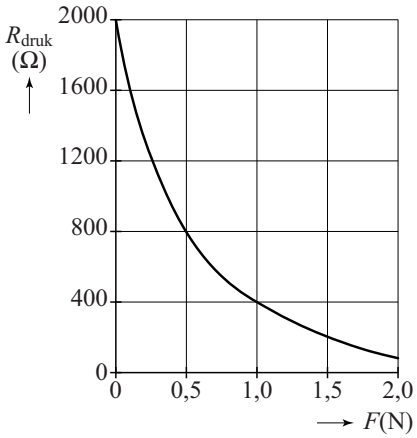
figuur 2



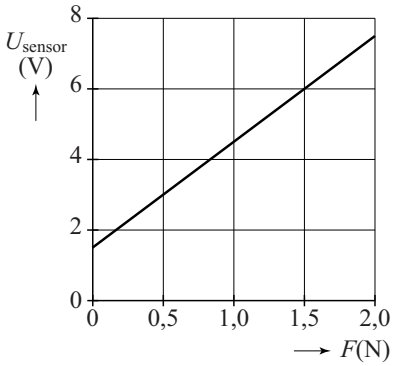
Op de drukgevoelige weerstand $\mathrm{R_{druk}}$ leggen ze een knikker met een massa van $50\ \mathrm{g}$. De knikker is in een buisje geplaatst om ervoor te zorgen dat de knikker midden op de drukweerstand blijft liggen. Zie figuur 2.

Figuur 3 geeft het verband tussen de waarde van de drukgevoelige weerstand en de kracht die erop wordt uitgeoefend. Figuur 4 geeft het verband tussen de uitgangsspanning van de sensor en de kracht.

figuur 3



figuur 4



De sensorspanning zoals weergegeven in figuur 4 wordt gemeten tussen de punten B en C in de schakeling.

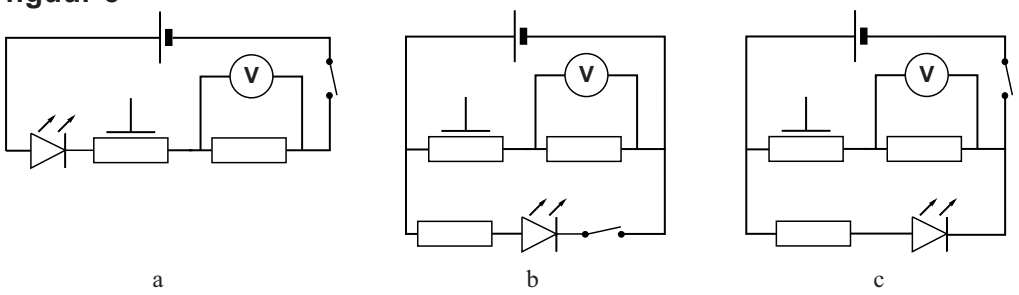
3p **7** Leg dit uit aan de hand van de figuren 3 en 4.

3p **8** Bepaal de waarde van de weerstand R in de schakeling.

natuurkundeuitgelegd.nl

Om de krachtsensor aan en uit te kunnen zetten, wordt een schakelaar in de schakeling opgenomen. Om te zien of de sensor in- of uitgeschakeld is, wordt ook een LED toegevoegd. De LED mag de sensorspanning niet beïnvloeden. In figuur 5 staan drie schakelingen weergegeven, waarvan er één juist is.

figuur 5



a b c

3p **9** Geef aan welke schakeling juist is. Verklaar daarvoor van de andere twee schakelingen waarom ze onjuist zijn.

Ingrid en Karel nemen de krachtsensor mee in de gondel van de attractie G-Force. Zie de figuren 6 en 7.

figuur 6

natuurkundeuitgelegd.nl

In de G-Force maken de passagiers tijdens een deel van de rit een cirkelbeweging in een verticaal vlak. Hierbij gaan ze een aantal keer ‘over de kop’. Zie figuur 7.

figuur 7

In deze cirkelbeweging van de G-Force ondervindt een passagier een constante zwaartekracht en een steeds wisselende normaalkracht.

Om de krachtbeleving van een passagier te beschrijven gebruikt men het begrip ‘G-kracht’.
De ‘G-kracht’ op een bepaald object wordt gedefinieerd als:

$$\text{‘G-kracht’} = \frac{F_{\text{n}}}{F_{\text{z}}}$$

Natuurkundig gezien zou ‘G-factor’ een betere naam zijn.

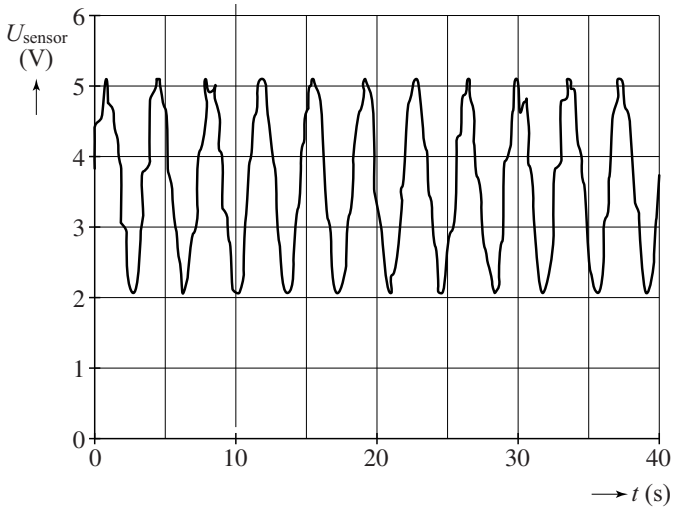
2p **10** Leg uit waarom.

natuurkundeuitgelegd.nl

Karel en Ingrid houden de krachtsensor voortdurend in dezelfde positie (de positie van figuur 2) ten opzichte van de gondel van de G-Force.

De metingen met de krachtsensor tijdens de cirkelbeweging in het verticale vlak zijn weergegeven in de grafiek van figuur 8.

figuur 8



Met behulp van figuur 8 kan de grootte van de ‘G-kracht’ op twee verschillende manieren bepaald worden:
manier 1 door gebruik te maken van de omlooptijd;
manier 2 door gebruik te maken van de sensorspanning en deze te vergelijken met figuur 4.

De cirkelbaan van de krachtsensor heeft een diameter van 9,4 m.
De massa van de knikker in de sensor bedraagt 50 g.

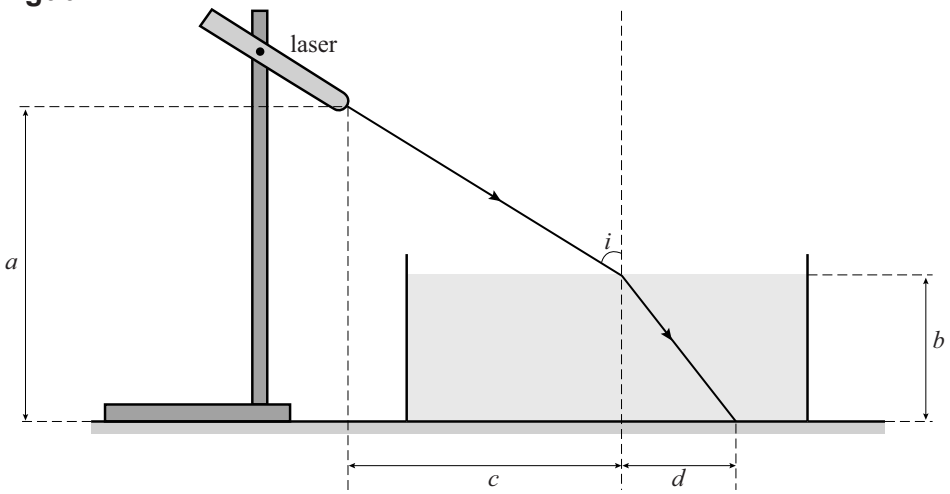
6p **11** Voer de volgende opdrachten uit:
- Bepaal op **manier 1** de grootte van de ‘G-kracht’ in het laagste punt van de cirkelbaan.
- Bepaal op **manier 2** de grootte van de ‘G-kracht’ in het laagste punt van de cirkelbaan.

natuurkundeuitgelegd.nl

Opgave 3 Bepaling van de brekingsindex

Birgit en Frank willen de brekingsindex van zout water voor laserlicht bepalen. Hiervoor gebruiken ze onder andere een laser. Ze bouwen de opstelling zoals schematisch is weergegeven in figuur 1. Deze figuur is niet op schaal.

figuur 1



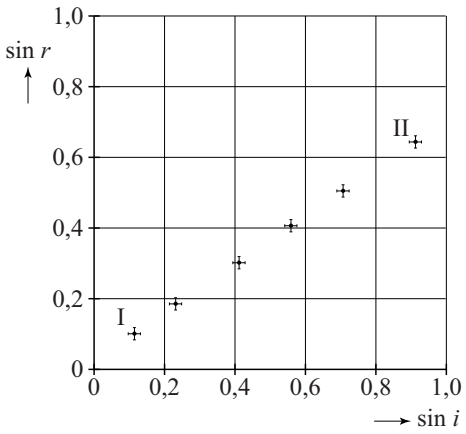
De laserbundel schijnt op het oppervlak van het zoute water.
De plaatsen waar de bundel het water in gaat en waar hij op de bodem van de waterbak komt, zijn goed zichtbaar.
Birgit en Frank meten: $a = 35{,}1$ cm, $b = 8{,}5$ cm, $c = 12{,}4$ cm, $d = 2{,}7$ cm.

2p **12** Bereken de hoek van inval i die volgt uit deze metingen.

Birgit en Frank veranderen invalshoek i. Voor zes waarden van invalshoek i wordt de brekingshoek r bepaald. Birgit en Frank maken een diagram waarin $\sin r$ staat uitgezet tegen $\sin i$. Zie figuur 2.
Figuur 2 staat vergroot weergegeven op de uitwerkbijlage.

De punten in figuur 2 zijn weergegeven met een foutmarge. Deze geeft aan hoeveel de waarden van $\sin i$ en van $\sin r$ groter of kleiner kunnen zijn dan berekend. De foutmarge ontstaat omdat in de metingen van de afstanden a, b, c en d een onnauwkeurigheid zit. De brekingsindex van zout water kan berekend worden met de gegevens in figuur 2. Vanwege de foutmarges in figuur 2 zal ook de waarde van de brekingsindex een foutmarge hebben.

figuur 2



natuurkundeuitgelegd.nl

Frank wil de brekingsindex berekenen door één meetpunt te gebruiken.
Hij twijfelt tussen punt I en punt II in figuur 2.
Hij wil een zo klein mogelijke foutmarge in de brekingsindex.

2p **13** Leg uit of hij dan punt I moet gebruiken, of punt II moet gebruiken, of dat het niet uitmaakt.

Birgit verricht de volgende vier handelingen om de brekingsindex te bepalen:
- ze trekt in het diagram een rechte lijn die binnen de foutmarges ligt en voldoet aan het theoretisch verband tussen $\sin i$ en $\sin r$;
- ze bepaalt de helling van de lijn;
- ze berekent de brekingsindex uit de waarde van de helling;
- ze noemt een reden waarom haar methode een kleinere foutmarge voor de brekingsindex geeft dan de methode van Frank.

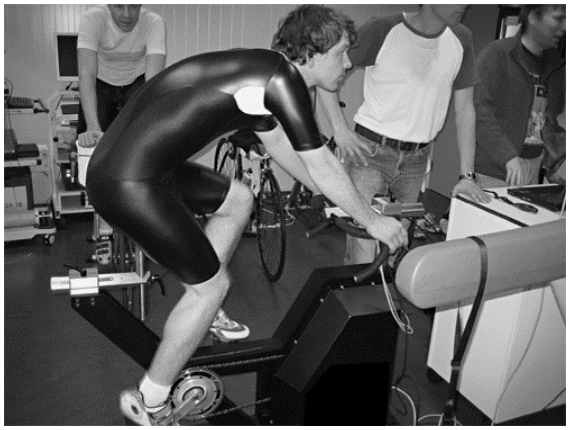
5p **14** Voer de vier handelingen van Birgit uit, gebruikmakend van de figuur op de uitwerkbijlage.

natuurkundeuitgelegd.nl

Opgave 4 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.



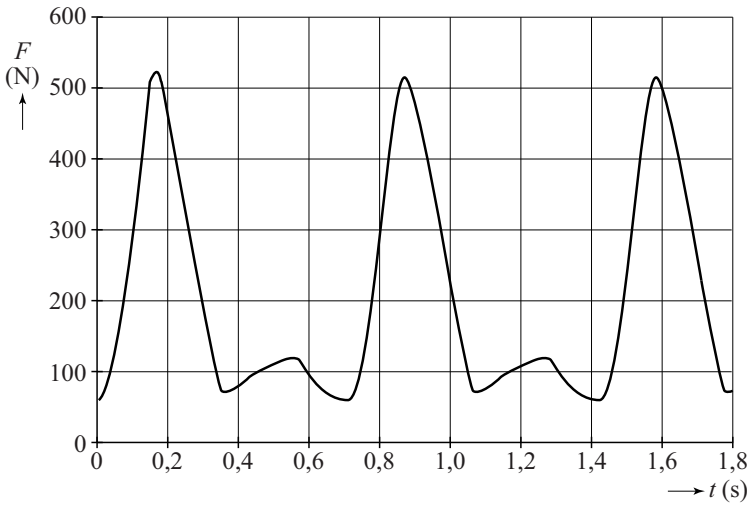
Wielrenner Alberto fietst op de hometrainer. Zijn schoenen zitten vastgeklikt aan de pedalen.
De afstand van het draaipunt van de crank tot de aanhechting van een pedaal bedraagt 17,5 cm. Zie figuur 1.

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.

natuurkundeuitgelegd.nl

figuur 2



Figuur 2 geldt voor **één** voet. Met zijn andere voet doet Alberto hetzelfde.

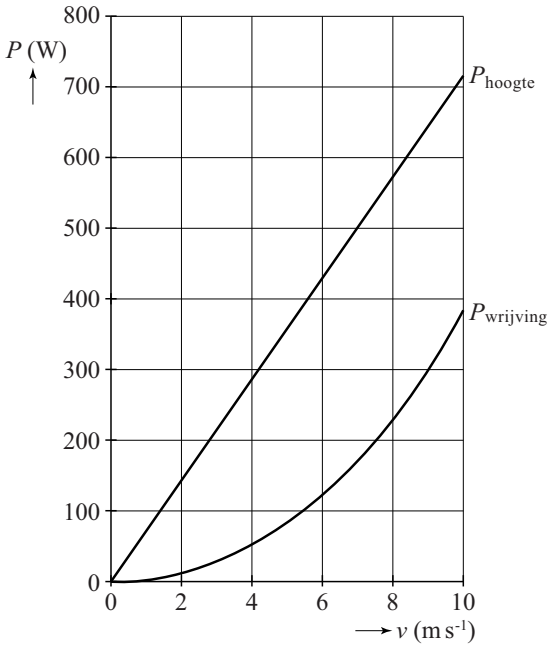
5p **15** Bepaal het vermogen dat Alberto levert.
Hint: Schat de gemiddelde kracht in één omwenteling van één voet.

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 $0{,}60\ \text{kW}$ gedurende $7{,}5\ \text{minuut}$ kan volhouden. Hiermee kan de ploegleider bepalen op welke afstand van de top van 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 weergeven om de wrijving te overwinnen en om hoger te komen op deze berg.

4p **16** Bepaal op welke afstand van de top van de berg Alberto op zijn topvermogen moet gaan rijden.

figuur 3



natuurkundeuitgelegd.nl

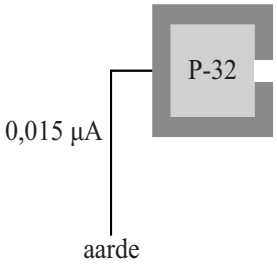
Opgave 5 Onderzoek aan β^--straling

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 **17** Bereken de tijd tussen het maken van de bron en het onderzoek van Harald.

De radioactieve bron heeft een metalen omhulsel. Dit omhulsel heeft een opening, waar β^--deeltjes door naar buiten kunnen bewegen. Zie figuur 1.

figuur 1



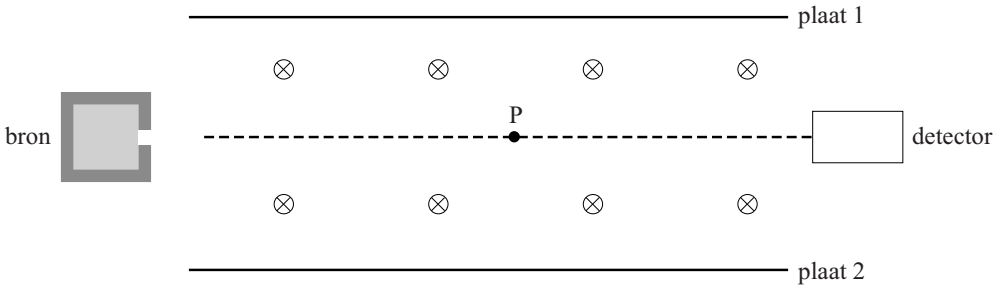
Een groot gedeelte van de geproduceerde β^--deeltjes wordt door het metalen omhulsel opgenomen. Een klein gedeelte verlaat de bron door de opening en wordt gebruikt in het onderzoek.
Om te voorkomen dat de bron geladen wordt, is hij met een koperen draad verbonden met de aarde. Door de draad loopt een stroom van $0{,}015$ µA.

3p **18** Bereken welk gedeelte van de geproduceerde β^--deeltjes de bron door de opening verlaat.

natuurkundeuitgelegd.nl

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 2.

figuur 2



De magnetische veldlijnen staan loodrecht op het vlak van tekening, het papier in gericht. De zwaartekracht op de deeltjes is te verwaarlozen ten opzicht 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 om de elektronen uit de bron langs een rechte lijn in de detector terecht te laten komen. Figuur 2 staat ook op de uitwerkbijlage.

4p **19** 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:

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

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:

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

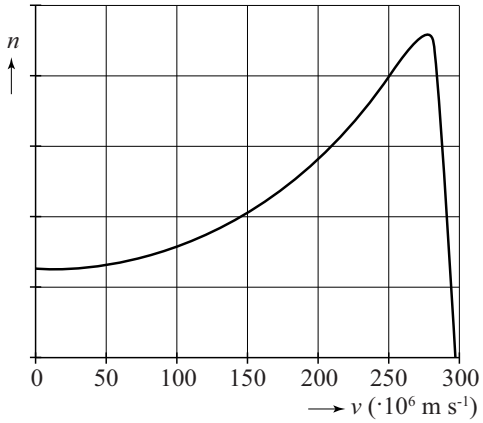
Hierin is: B de sterkte van het magneetveld.

3p **20** Leid formule (2) af uit formule (1) en uit formules in BINAS.

natuurkundeuitgelegd.nl

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 3.

figuur 3



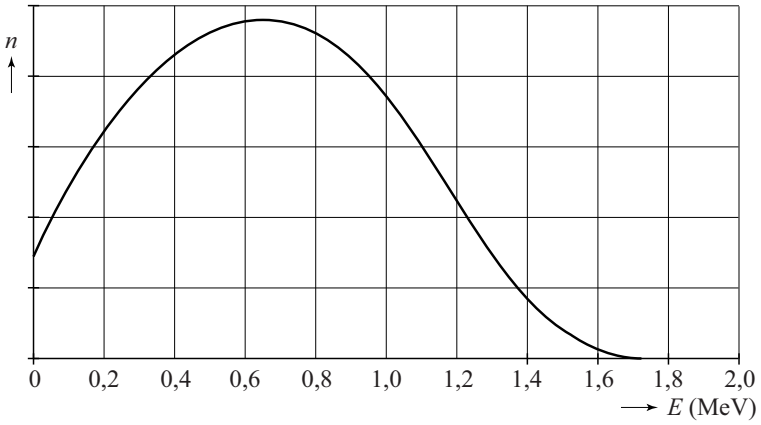
Harald ziet in BINAS tabel 25 de waarde van $1{,}72$ MeV die staat bij P-32 onder "*verval en energie van het deeltje*".

Hij denkt dat die energie de kinetische energie is die hoort bij de meest voorkomende snelheid uit figuur 3.

3p **21** Toon met een berekening aan dat dit **niet** zo is.

Harald realiseert zich dat bij deze snelheden van de elektronen de relativiteitstheorie gebruikt moet worden om de snelheidsverdeling van figuur 3 naar een energieverdeling om te rekenen.
Deze omrekening levert de energieverdeling van de elektronen die is weergegeven in figuur 4.

figuur 4

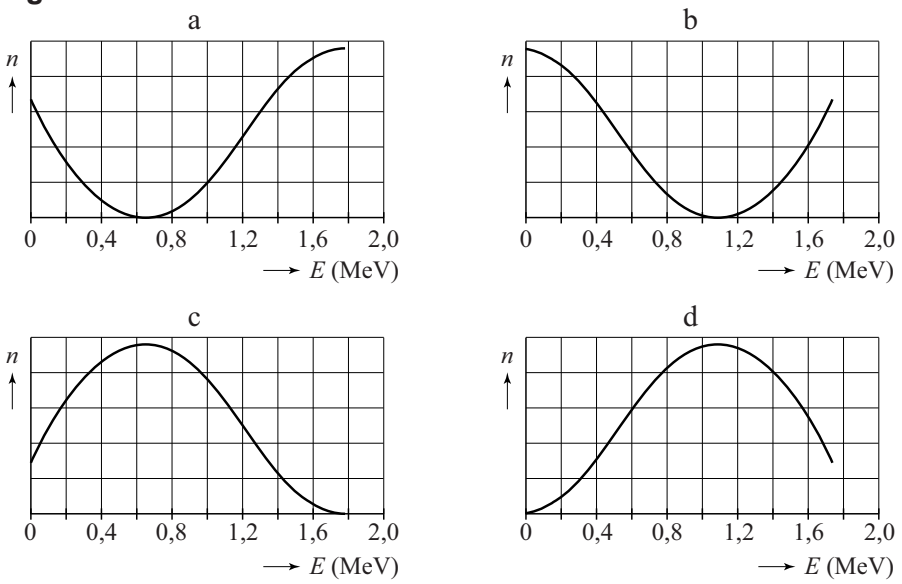


Omdat bij β^--verval elke keer dezelfde totale hoeveelheid energie vrijkomt (in dit geval $1{,}72$ MeV), toont het experiment van Harald aan dat bij β^--verval tegelijk met elk elektron nog een ander deeltje vrij moet komen dat de rest van de energie meedraagt. Dit deeltje heet antineutrino en is zeer moeilijk rechtstreeks aan te tonen.

natuurkundeuitgelegd.nl

Harald wil de energieverdeling van de vrijkomende antineutrino's vergelijken met de energieverdeling van de elektronen uit figuur 4. In figuur 5 staan vier grafieken met een energieverdeling van de vrijkomende antineutrino's.

figuur 5



2p **22** Leg uit welke grafiek de energieverdeling van de antineutrino's het beste weergeeft.

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