

## 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 Splejstof in een kerncentrale

---

Als splejstof in een kernreactor wordt uranium-235 gebruikt. De kern hiervan splejst als er een neutron wordt ingevangen. Hierbij ontstaan twee nieuwe kernen en een aantal nieuwe neutronen.

Bij een bepaalde splejting ontstaan twee nieuwe neutronen en is barium-147 een van de splejtingsproducten.

3p 1 Geef de reactievergelijking van deze splejting.

De totale massa van de splejtingsproducten is kleiner dan de totale massa vóór de splejting. Gemiddeld bedraagt dit massaverschil 0,21 u per reactie. Het gemiddelde vermogen van de kernenergie in een kerncentrale bedraagt 1,8 GW.

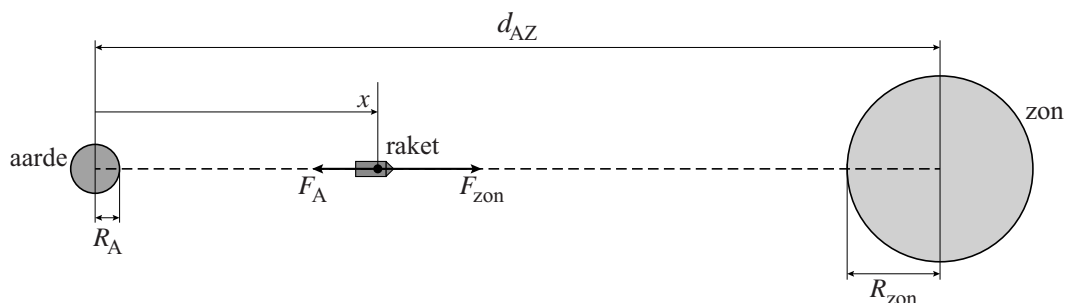
5p 2 Bereken hoeveel kilogram uranium-235 hierbij per jaar wordt verbruikt.

## Opgave 2 Reis naar de zon

De straling van de zon is vanaf de aarde te onderzoeken. Vanaf de oudheid hebben onderzoekers dat ook gedaan met het blote oog of met behulp van optische telescopen. Maar om meer te weten te komen over energiestromen en elektromagnetische velden in de corona, lanceren wetenschappers onderzoeksraketten die zo dicht mogelijk bij de zon komen.

Rond 1950 gingen de eerste onderzoeksraketten (ongeveer) in een rechte lijn naar de zon zoals weergegeven in figuur 1.

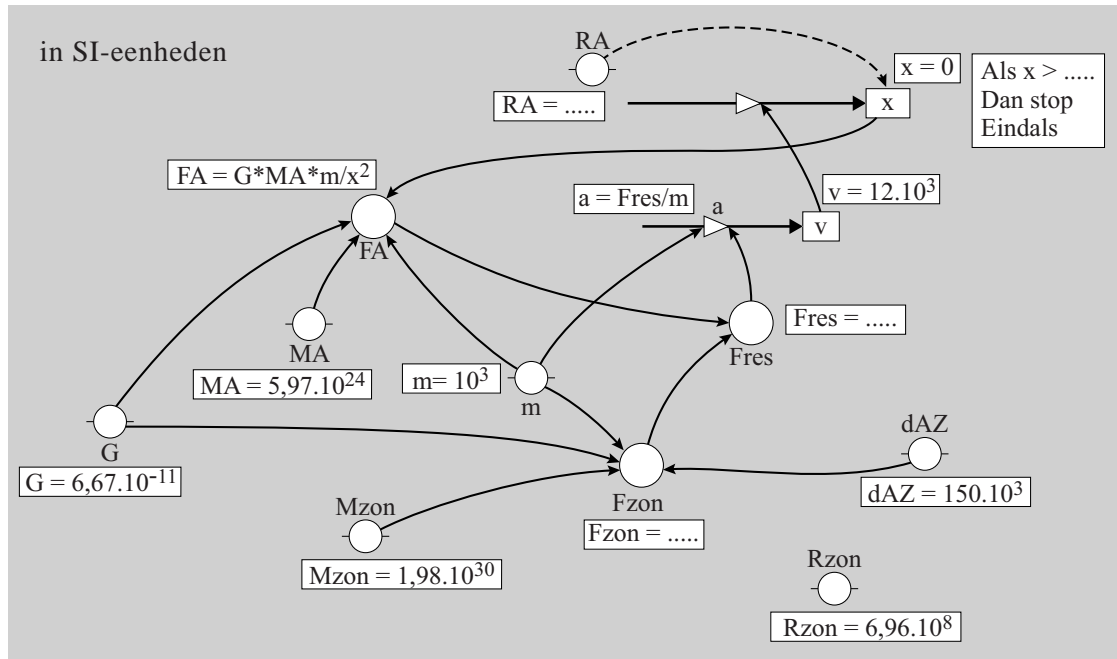
figuur 1



Met een rekenkundig model kan men uitzoeken hoe lang zo'n rechtstreekse reis duurt. Met het model kan men ook kijken hoeveel tijd er is om bepaalde metingen te doen, voordat de raket de zon bereikt. In figuur 2 staat zo'n rekenkundig model, zowel in de tekstvariant als de grafische variant. (Je mag kiezen welke variant je gebruikt.)

figuur 2

model	startwaarden eenheden in SI
$F_A = G \cdot M_A \cdot m / x^2$	$G = 6,67E-11$
$F_{zon} = \dots\dots\dots$	$R_A = \dots\dots\dots$
$F_{res} = \dots\dots\dots$	$R_{zon} = 6,96E8$
$a = F_{res} / m$	$d_{AZ} = 150E9$
$x = x + v \cdot dt$	$M_A = 5,97E24$
$v = v + a \cdot dt$	$M_{zon} = 1,989E30$
$t = t + dt$	$t = 0$
$t_{dag} = t / (3600 \cdot 24)$	$dt = 10$
Als $x > \dots\dots\dots$	$v = 12E3$
Dan stop	$x = R_A$
Eindals	$m = 1E3$



2p **3** De startwaarde van de snelheid  $v$  in dit model is niet gelijk aan nul. Leg uit waarom deze startwaarde in deze situatie niet gelijk aan nul kan zijn.

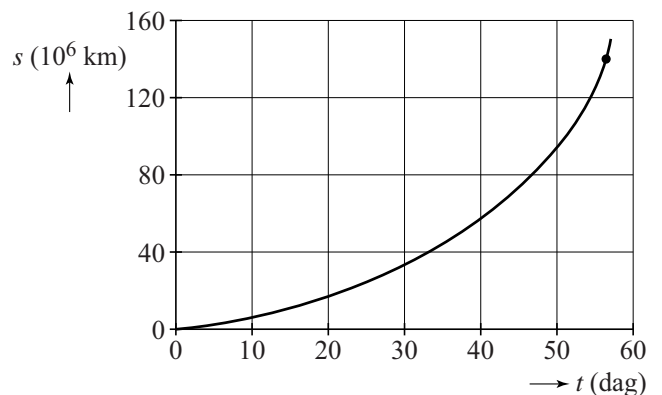
4p **4** In het model is in een aantal regels een gedeelte weggelaten. Voer de volgende opdrachten uit:

- Geef de waarde van  $R_A$ .
- Vul de modelregels voor  $F_{zon}$  en  $F_{res}$  aan.
- Vul de stopvoorwaarde ('Als  $x > \dots$  Dan stop') aan.

De resultaten van het model staan in figuur 3.

In de grafiek is een punt aangegeven waarbij de raket zich op ongeveer 10 miljoen km van de zon bevindt. Vanaf dit punt is het interessant om metingen te doen aan de corona. Figuur 3 staat vergroot op de uitwerkbijlage. Ook de vergrote grafiek is niet nauwkeurig genoeg om direct de tijd af te lezen die de raket nodig heeft om 1 miljoen km af te leggen.

**figuur 3**



3p **5** Bepaal de snelheid van de raket op het aangegeven punt en bereken daarmee de tijd die de raket nodig heeft om vanuit het aangegeven punt een afstand van 1 miljoen km af te leggen.

Een rechtstreekse reis naar de zon, zoals die in figuur 1 is geschetst, vindt tegenwoordig niet meer plaats. In 2015 wordt de 'Solar Probe Plus' gelanceerd. Zie figuur 4. 'Solar Probe Plus' is een sonde die in een veel ingewikkelder traject naar de zon beweegt en uiteindelijk een cirkelvormige baan rond de zon gaat maken. De afstand tot de zon bedraagt dan 7,3 miljoen km.

De onderkant van de sonde is een vlak hitteschild dat steeds naar de zon toe is gericht. De temperatuur van het hitteschild zal tijdens de cirkelbeweging constant zijn: er is evenwicht tussen het ingestraalde en het uitgestraalde vermogen.

Neem aan dat het hitteschild een 'Planckse straler' is en verwaarloos het warmtetransport door geleiding.

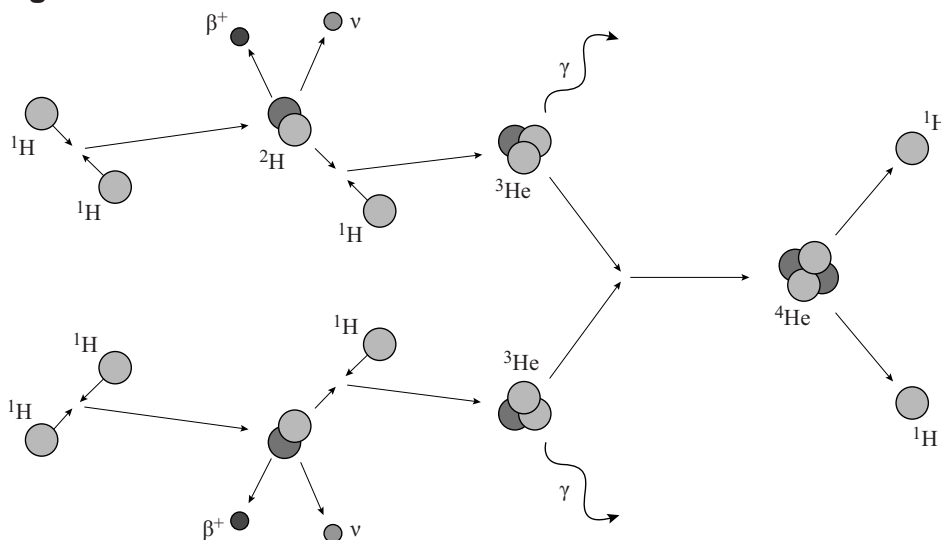
figuur 4



- 4p 6 Bereken de temperatuur van het hitteschild in deze situatie.

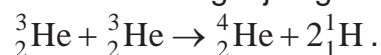
De kernfusies die in de zon plaatsvinden, staan bekend onder de naam 'proton-proton-chain'. De 'proton-proton-chain' is weergegeven in figuur 5.

figuur 5



Hierin komen drie verschillende reacties voor.

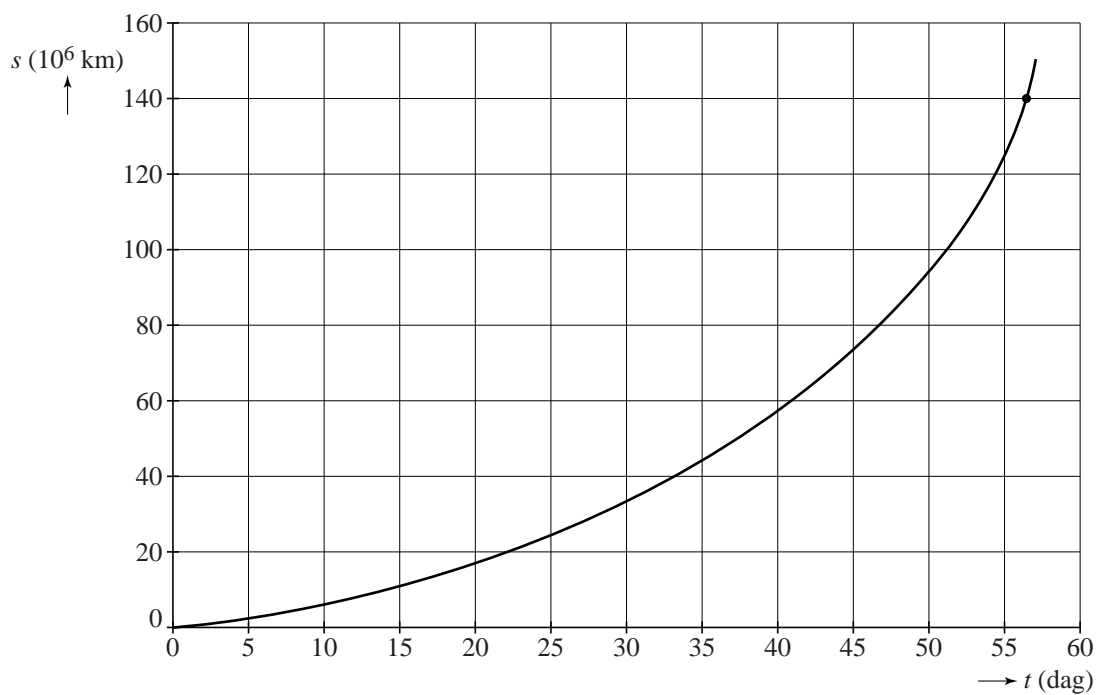
De reactievergelijking van de laatste afgebeelde reacties is:



- 3p 7 Bereken de hoeveelheid energie die deze reactie oplevert.
- 3p 8 Schrijf de twee andere reacties afzonderlijk in een reactievergelijking. Gebruik dezelfde notatie als in de reactievergelijking hierboven.

uitwerkbijlage

5



### Opgave 3 Parallele draden

Isa wil een elektrische schakeling maken met snoeren, waarvan er een is weergegeven in figuur 1. De snoeren hebben een lengte van 50 cm en bestaan uit rond koperdraad met een plastic omhulling. Met een gevoelige weerstandsmeter meet Isa dat de weerstand van een snoer  $0,023 \Omega$  bedraagt.

figuur 1

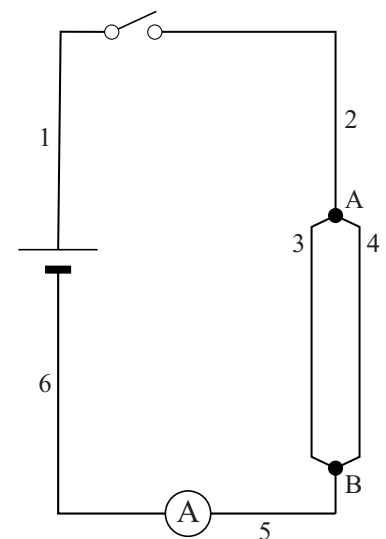


- 4p 9 Bereken de diameter van het koperdraad in het snoer.

Isa bouwt de schakeling zoals weergegeven in figuur 2. In deze schakeling worden zes van de snoeren gebruikt (zoals weergegeven in figuur 1).

Isa wil dat de maximale stroomsterkte door de schakeling 20 A is.

figuur 2



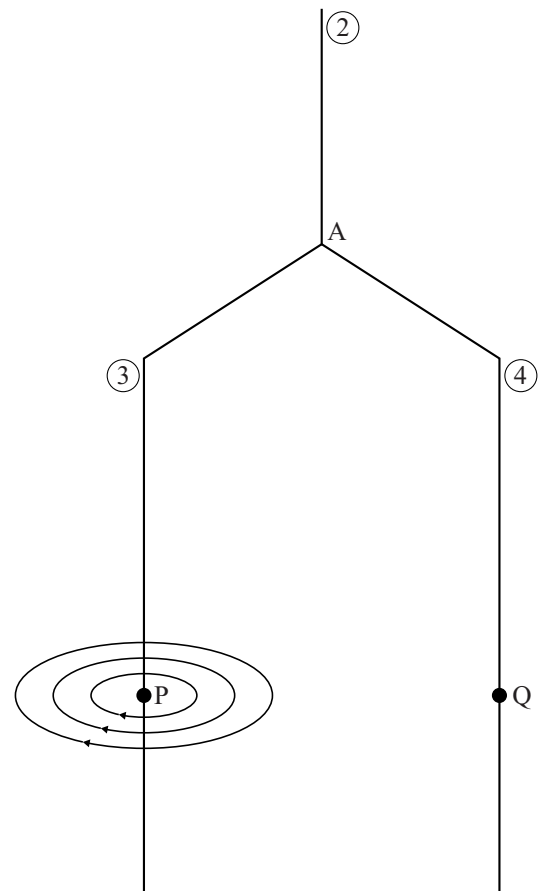
- 4p 10 Bereken de spanning die de voeding dan moet leveren.

Door de grote stroomsterkte loopt de temperatuur snel op. Daarom mag de schakelaar maar kort gesloten worden.

- 3p 11 Bereken hoeveel warmte gedurende 5 seconde in snoer 1 ontwikkeld wordt.

In figuur 3 is een deel van figuur 2 vergroot weergegeven. Op de draden 3 en 4 zijn de punten P en Q aangegeven. Rondom beide stroomdraden afzonderlijk ontstaat een magnetisch veld. Dit veld is gedeeltelijk getekend rondom draad 3. Figuur 3 staat ook weergegeven op de uitwerkbijlage.

figuur 3



4p 12 Voer de volgende opdrachten uit:

- Teken de richting van de stroomsterkte in punt Q.
- Teken de richting van het magnetisch veld in punt Q.
- Teken de richting van de lorentzkracht in punt Q.
- Teken de richting van de lorentzkracht in punt P.

Voor de sterkte van het magnetisch veld rondom een stroomvoerende draad geldt de formule:

$$B = \mu_0 \frac{I}{2\pi r}$$

Hierin is:

- $B$  de sterkte van het magnetisch veld (in T),
- $\mu_0$  de magnetische permeabiliteit (in  $\text{T m A}^{-1} = \text{H m}^{-1}$ ),
- $I$  de stroomsterkte (in A),
- $r$  de afstand tot de draad (in m).

De draden 3 en 4 staan verticaal opgesteld op een afstand van 4,0 cm van elkaar over een lengte van 50 cm.

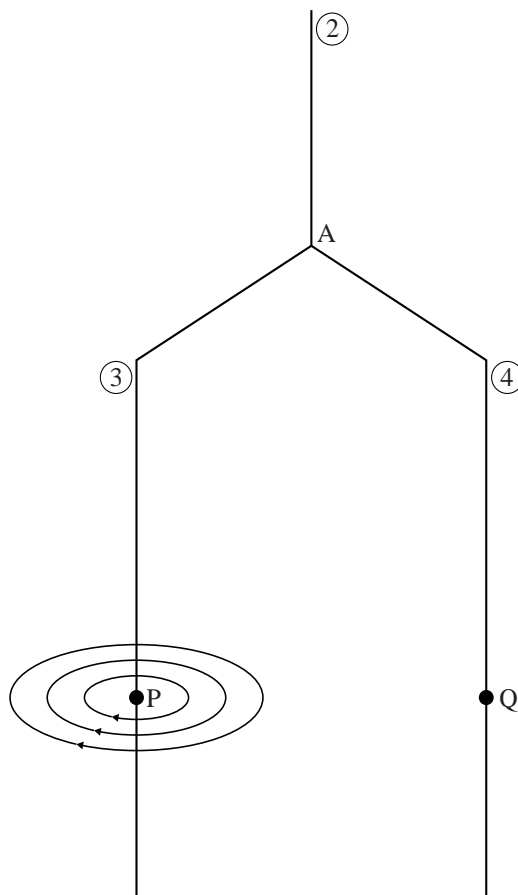
De ampèremeter in de schakeling van figuur 2 geeft 25 A aan.

5p 13 Bereken de grootte van de lorentzkracht op draad 4.



uitwerkbijlage

12



Geef indien van toepassing duidelijk aan of de richting 'het papier in' of 'het papier uit' is.

## Opgave 4 Trekkertrek

Bij trekkertrek (ook wel **tractor pulling** genoemd) moet een tractor een sleepwagen voorttrekken die opzettelijk een grote wrijvingskracht ondervindt: de voorkant van de wagen heeft geen wielen, maar sleept over de grond. Tijdens het rijden schuift een zwaar ballastblok op de sleepwagen naar voren. Zo neemt de wrijvingskracht toe, waardoor de tractor met sleepwagen afgeremd wordt en tot stilstand komt. Het doel van trekkertrek is om een zo groot mogelijke afstand af te leggen. Als deze afstand 100 meter of meer is, is er sprake van een 'full pull'.

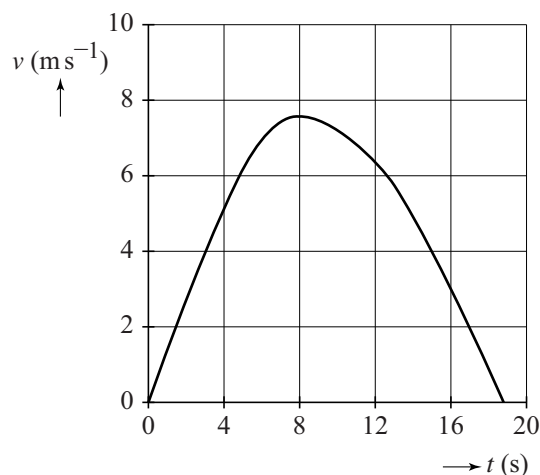
figuur 1



Figuur 2 toont het  $(v, t)$ -diagram van een deelnemer.

Figuur 2 staat vergroot op de uitwerkbijlage.

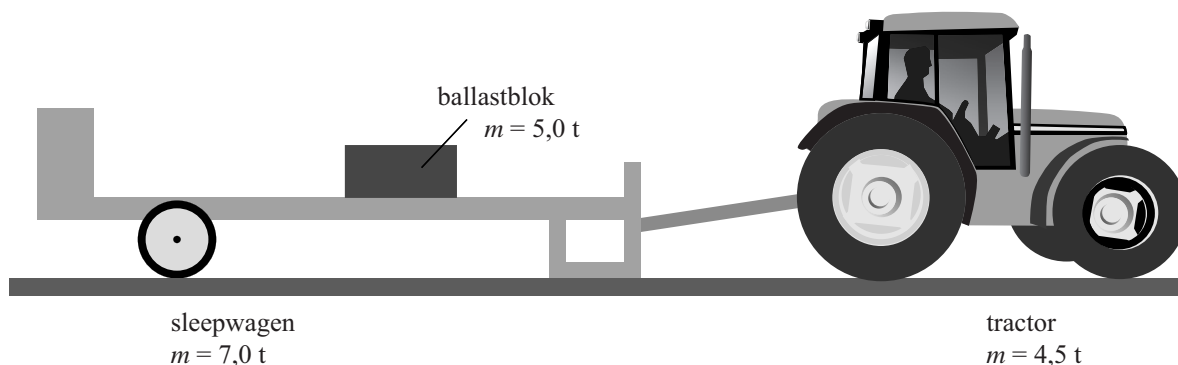
figuur 2



- 3p 14 Ga na met behulp van de figuur op de uitwerkbijlage of deze poging een 'full pull' opleverde.

De tractor en de sleepwagen zijn schematisch getekend in figuur 3. Daarbij zijn de massa's van de tractor, de sleepwagen en het ballastblok vermeld. De massa is uitgedrukt in ton.

figuur 3



In figuur 4 is in een diagram het verloop van de wrijvingskracht op de sleepwagen weergegeven als de wagen de volledige afstand van 100 m zou afleggen ('full pull').

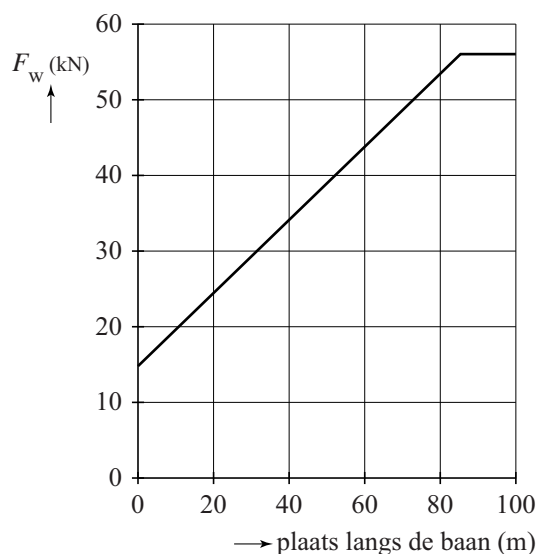
Figuur 4 staat vergroot op de uitwerkbijlage.

De bestuurder moet erop letten dat de achterwielen van de tractor niet gaan 'spinnen'. Daarbij draaien de wielen snel rond en vliegt veel zand weg. Dat gebeurt als de motor té veel kracht op de wielen uitoefent.

Een vuistregel voor de optimale trekkraft die de tractor zou moeten leveren is:

**'De trekkraft is gelijk aan het eigen gewicht (in Newton) van de tractor.'**

figuur 4



- 6p 15 Ga na of de trekkraft van de tractor tijdens de eerste paar seconden aan de vuistregel voldoet. Bepaal hiertoe de trekkraft bij de start.

Jelle en Tjerk discussiëren over het spinnen.

Jelle zegt dat bij spinnen de wielen geen grip hebben op de grond, waardoor de bodem minder kracht op de wielen uitoefent.

Tjerk zegt, dat (daardoor) bij spinnen de derde Wet van Newton niet geldt.

- 3p 16 Leg voor beide uitspraken uit of ze juist zijn.

De wedstrijden worden ingedeeld in gewichtsklassen. **tabel 1**

In het technisch reglement van een trekkertrekvereniging staat tabel 1.

Een tractor die lichter is dan de gewichtsgrens, mag door ballast zwaarder gemaakt worden tot het maximale gewicht.

klasse	maximaal gewicht	maximaal vermogen	
	(kg)	(kW)	(pk)
1	2800	48	65
2	3500	63	80
3	4500	81	105
4	5500	103	130
5	7000	132	160

- 2p 17 Geef één voordeel en één nadeel van het zwaarder maken van de tractor.

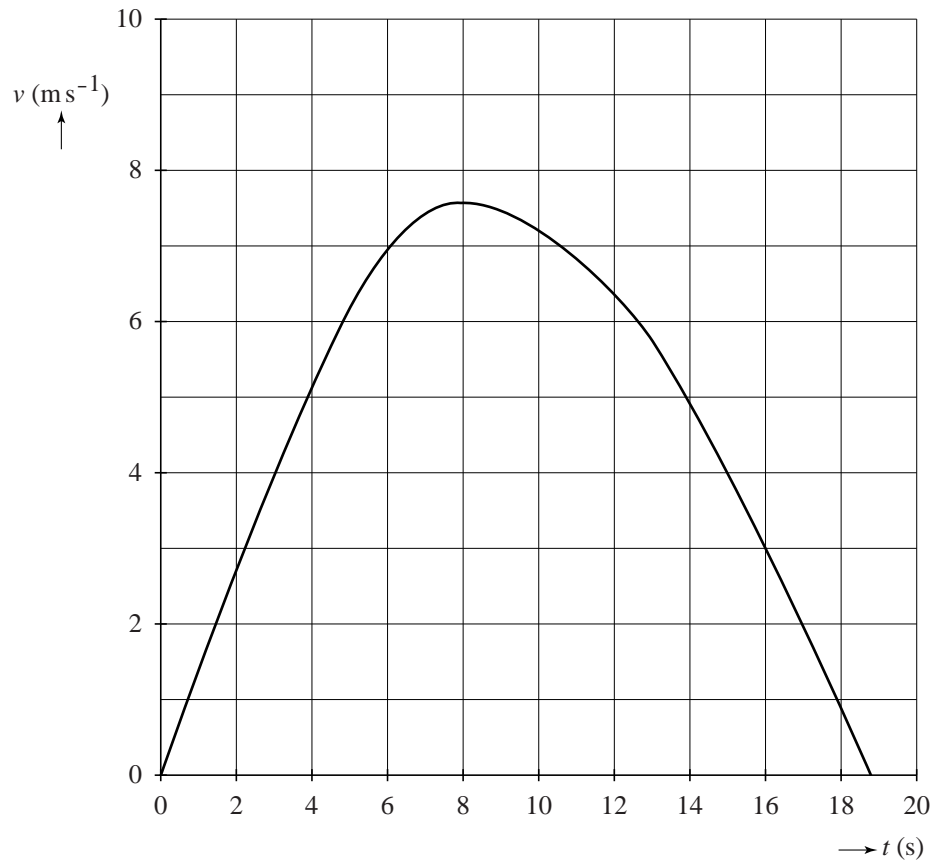
- 3p 18 Geef aan of uit de tabel blijkt dat er een recht evenredig verband bestaat tussen het maximale gewicht en het maximale vermogen van de trekkers.

Tjerk zegt dat de oppervlakte onder de grafiek van figuur 4 altijd gelijk is aan de arbeid die de tractor verricht als hij een 'full pull' haalt.

- 2p 19 Leg uit of Tjerk gelijk heeft.

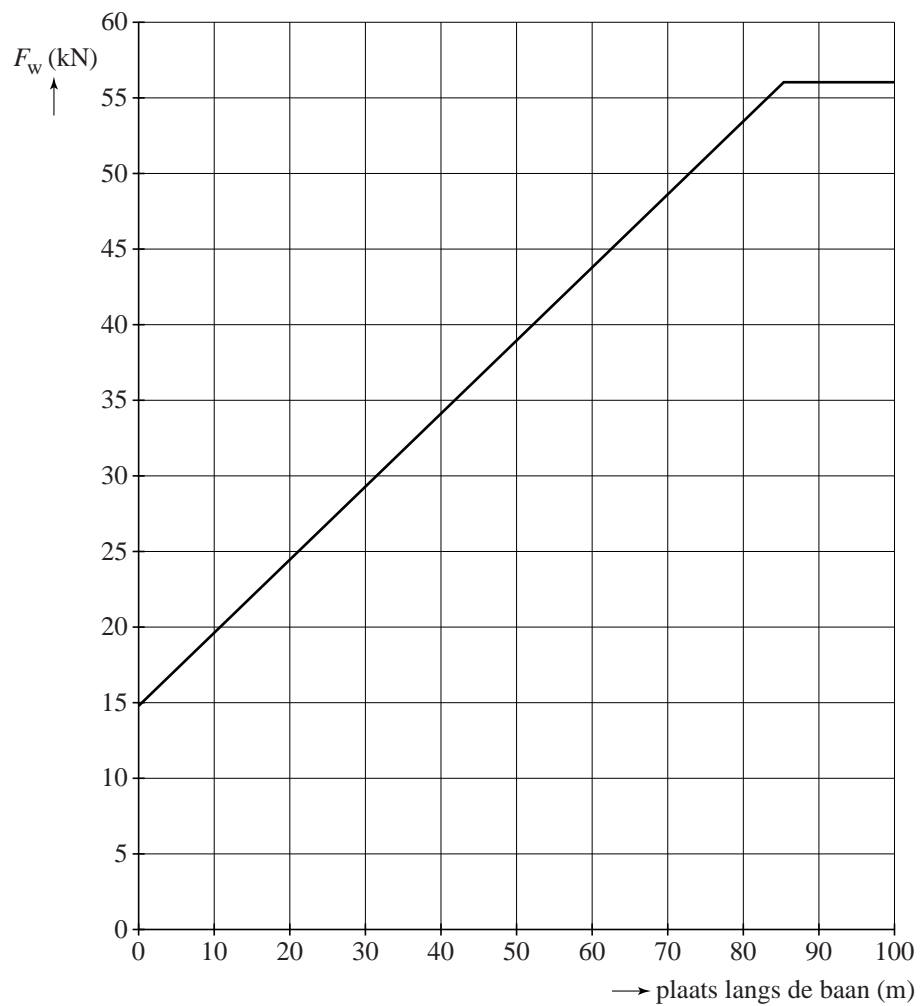
uitwerkbijlage

14



uitwerkbijlage

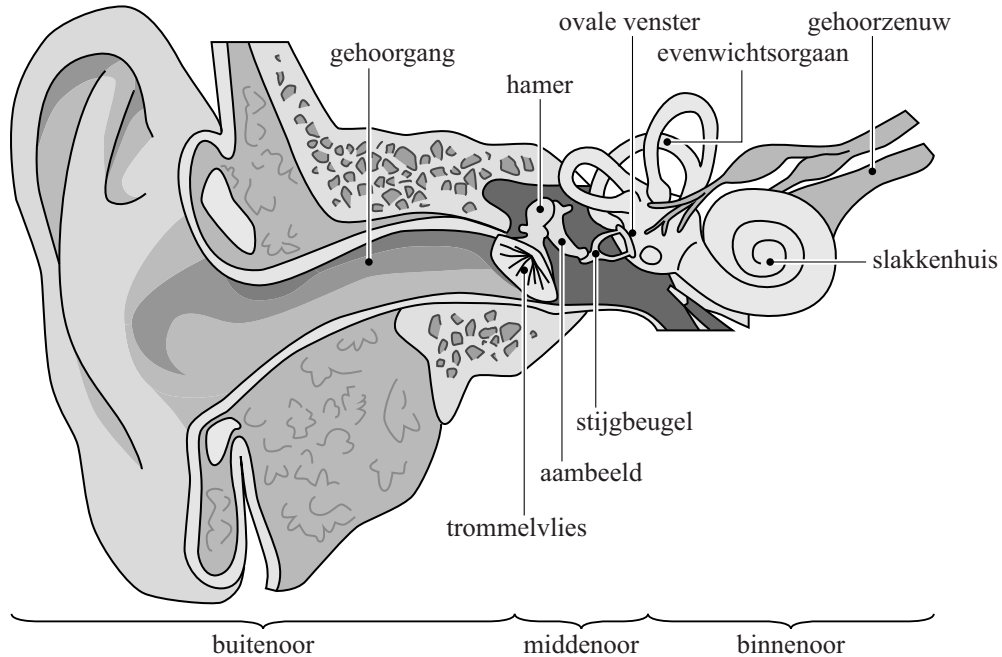
15



## Opgave 5 Oor

Het oor bestaat uit drie gedeeltes. Zie figuur 1.

figuur 1



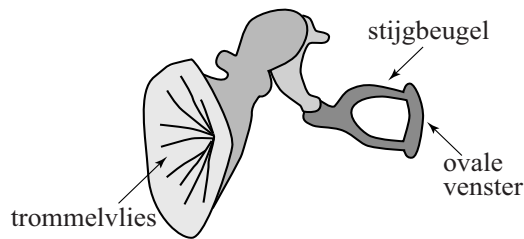
- Het **buitenoor** dat aan één kant wordt afgesloten door het trommelvlies doet dienst als resonantieholte.
- Het **middenoor** brengt geluidstrillingen over van het trommelvlies naar het ovale venster.
- Het **binnenoor** zet trillingen in het slakkenhuis om in zenuwpulsen die naar de hersenen worden gestuurd.

Het **buitenoor** is op te vatten als een buis die aan één kant gesloten is door het trommelvlies. De gehoorgang is bij een volwassen persoon 28 mm lang. Door resonantie wordt geluid met een frequentie van 3 kHz in het buitenoor versterkt.

- 3p **20** Toon dat aan met behulp van een berekening.
- 2p **21** Leg uit of de frequentie waarbij versterking optreedt bij een baby groter of kleiner is dan bij een volwassen persoon.

In het **middenoor** zitten gehoorbeentjes. Zie figuur 2.

**figuur 2**



Door de hefboomwerking van de gehoorbeentjes wordt de kracht waarmee de stijgbeugel het ovale venster in beweging brengt met een factor 1,3 versterkt.

De oppervlakte van het ovale venster is  $\frac{1}{19}$  van de oppervlakte van het trommelvlies.

Voor de druk geldt:  $p = \frac{F}{A}$ .

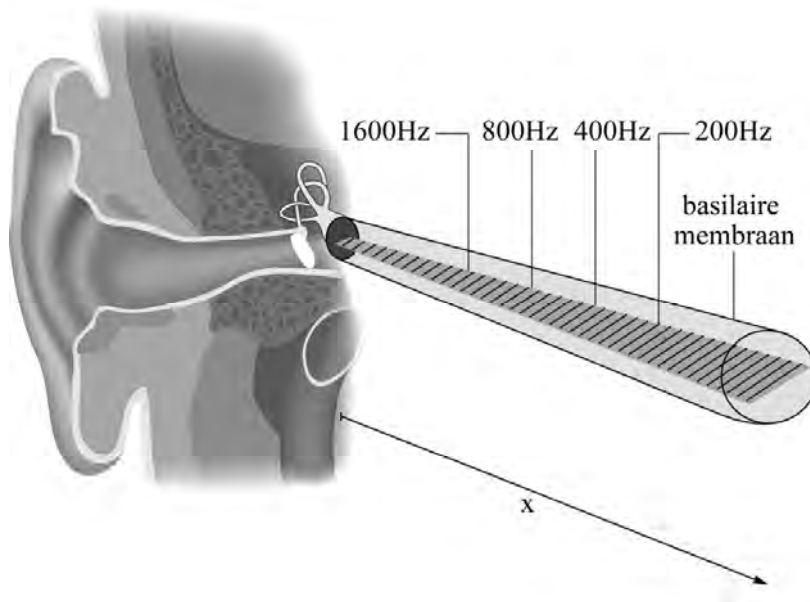
Hierin is:

- $p$  de druk in  $\text{N m}^{-2}$ ,
- $F$  de kracht in N,
- $A$  het oppervlak in  $\text{m}^2$ .

- 2p **22** Bereken hoeveel maal groter de druk op het ovale venster is vergeleken met de druk op het trommelvlies.

In het **binnenoor** zit het slakkenhuis. In figuur 3 is een tekening gemaakt van het slakkenhuis in uitgerolde toestand. Het is te beschouwen als een met vloeistof gevulde buis met het basilaire (basale) membraan als scheidingswand. Op het basilaire membraan zitten kleine massa's, die allemaal een andere eigenfrequentie hebben.

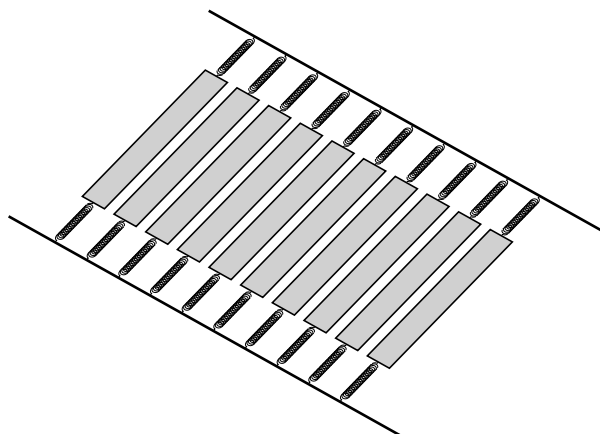
**figuur 3**



Als het ovale venster in trilling gebracht wordt, ontstaat in de vloeistof rondom het basilaire membraan een druktrilling. Als de eigenfrequentie van een kleine massa gelijk is aan de frequentie van de druktrilling, gaat die kleine massa meetrillen. In figuur 3 zijn de eigenfrequenties op verschillende plaatsen van het basilaire membraan aangegeven.

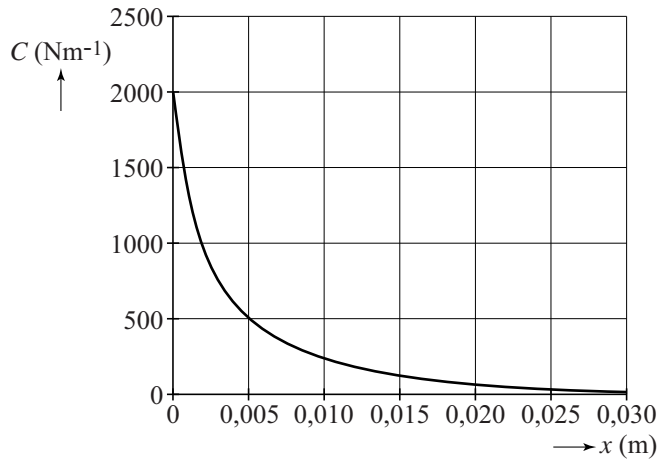
De werking van het basilaire membraan is te beschrijven met behulp van een model. In dit model bestaat het basilaire membraan uit een groot aantal kleine massa's aan veertjes. In figuur 4 is dit schematisch weergegeven.

**figuur 4**





De stijfheid van het basilaire membraan is vergelijkbaar met de veerconstante  $C$  van een massa-veersysteem. De stijfheid van het basilaire membraan verandert met de afstand  $x$  tot het ovale venster. Zie figuur 5.

**figuur 5**

Op een afstand van 5,0 mm van het ovale venster bedraagt de eigenfrequentie 3,0 kHz.

- 3p **23** Bepaal de massa in het gebruikte model op die plaats van het basilaire membraan.
- 2p **24** Laat met behulp een schatting zien of in dit model de massa's toenemen of afnemen als de afstand  $x$  groter wordt.