

## Opgave 1 Radontherapie

Lees eerst onderstaand artikel.

### Radontherapie

In de “Radon Health Mine” in de Amerikaanse staat Montana kunnen mensen een radontherapie ondergaan. Tien dagen lang verblijven ze enkele uren per dag in een ondergrondse mijntunnel waar de lucht een hoge concentratie aan radioactief radon heeft. Het gas komt vrij uit de gesteenten van de mijn. De straling waaraan de mensen worden blootgesteld heeft een heilzame werking, zo wordt beweerd.



Het radon in de mijn is de isotoop radon-222 ( $Rn-222$ ).

Op de uitwerkbijlage is het verval van  $Rn-222$  in een  $(A,Z)$ -diagram weergegeven met een pijl.

- 2p 1 Leg uit hoe uit de figuur op de uitwerkbijlage blijkt dat bij het verval van  $Rn-222$  een  $\alpha$ -deeltje vrijkomt.

De kern die bij dit verval ontstaat, is ook instabiel en vervalt korte tijd later; dit proces herhaalt zich een aantal malen.

Bij een mogelijke vervalreeks van deze kern komen zo achtereenvolgens een  $\alpha$ -deeltje, een  $\beta^-$ -deeltje, een  $\beta^-$ -deeltje en een  $\alpha$ -deeltje vrij.

- 3p 2 Welke isotoop ontstaat door deze vervalreeks? Geef daartoe in de figuur op de uitwerkbijlage de vervalreeks weer met pijlen.

De activiteit van het  $Rn-222$  in de Amerikaanse mijn bedraagt 65 Bq per liter lucht. De  $\alpha$ -straling wordt vooral door het longweefsel geabsorbeerd. In de longen van een bepaalde persoon bevindt zich (gemiddeld) 6,0 liter lucht.

Als gevolg van het verval van één  $Rn-222$ -kern absorbeert het longweefsel  $3,1 \cdot 10^{-12}$  J stralingsenergie. Per uur absorbeert het longweefsel hierdoor  $4,4 \cdot 10^{-6}$  J stralingsenergie.

- 3p 3 Toon met een berekening aan dat het longweefsel per uur de genoemde hoeveelheid stralingsenergie absorbeert.

Voor de equivalente dosis (het dosisequivalent)  $H$  geldt:

$$H = Q \frac{E}{m}$$

Hierin is:

- $H$  de equivalente dosis (in Sv);
- $Q$  de zogenaamde stralingsweegfactor (kwaliteitsfactor);  
 $Q = 20$  voor  $\alpha$ -deeltjes;
- $E$  de geabsorbeerde energie (in J);
- $m$  de massa (in kg).

Iemand verblijft tijdens zijn therapie 32 uur in de mijn. De massa van zijn longen is  $9,5 \cdot 10^2$  g.

- 3p **4** Bereken de equivalente dosis die zijn longen hierdoor ontvangen.

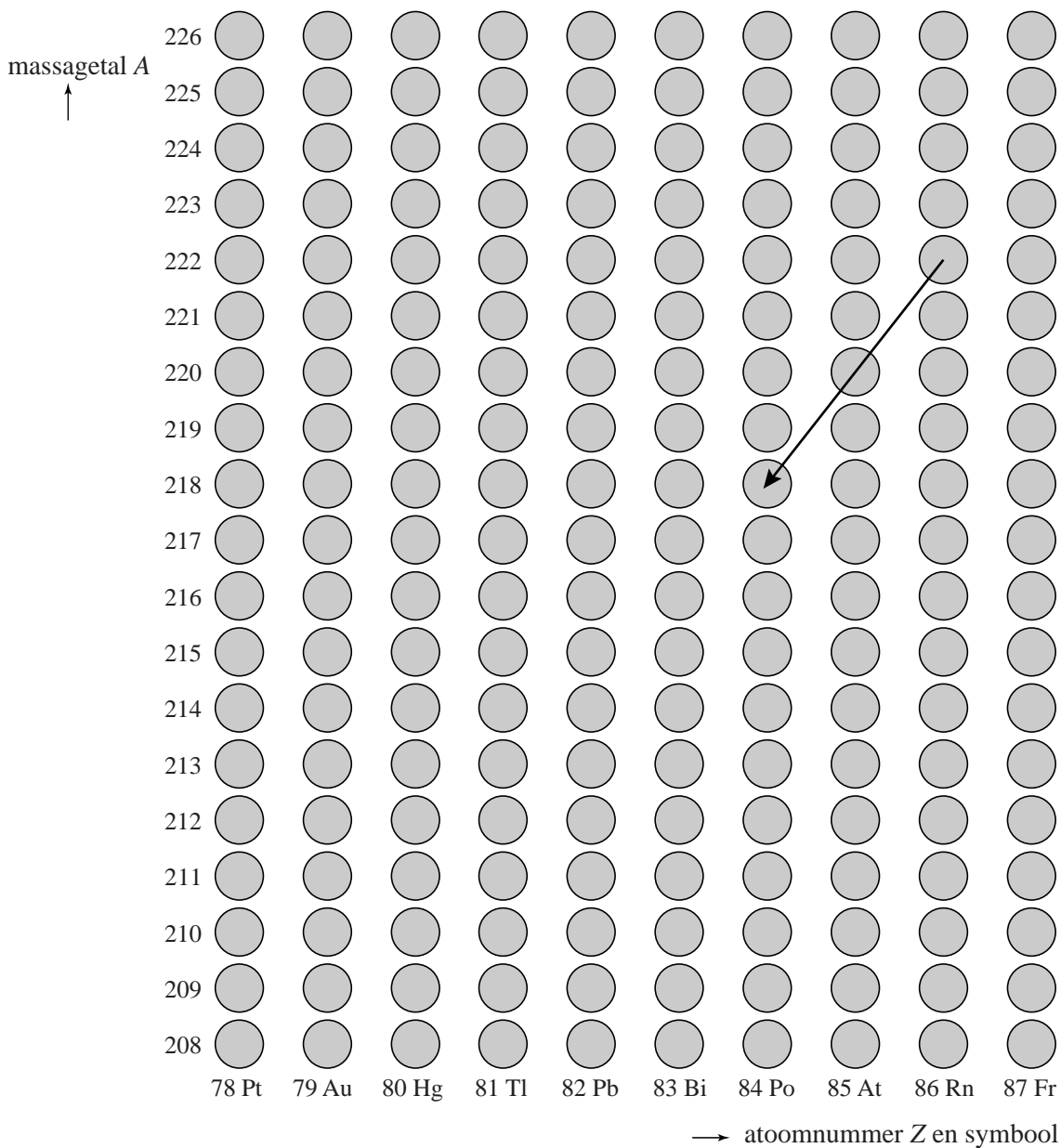
Om historische redenen worden de risico's van radon niet beoordeeld op grond van de equivalente dosis. Speciaal voor mijnwerkers heeft men al vijftig jaar geleden voor het stralingsniveau ten gevolge van radon en zijn vervalproducten de eenheid WL (working level) ingevoerd.

Een stralingsniveau van 1,0 WL wordt acceptabel geacht voor mijnwerkers; 1,0 WL komt overeen met een radonactiviteit van  $2,0 \cdot 10^{-9}$  curie per  $\text{m}^3$  lucht. De curie is een verouderde eenheid van activiteit. Zie tabel 5 van Binas.

- 3p **5** Bereken het stralingsniveau in WL van de Radon Health Mine.

uitwerkbijlage

1 en 2



**Opgave 2 Skydiven**

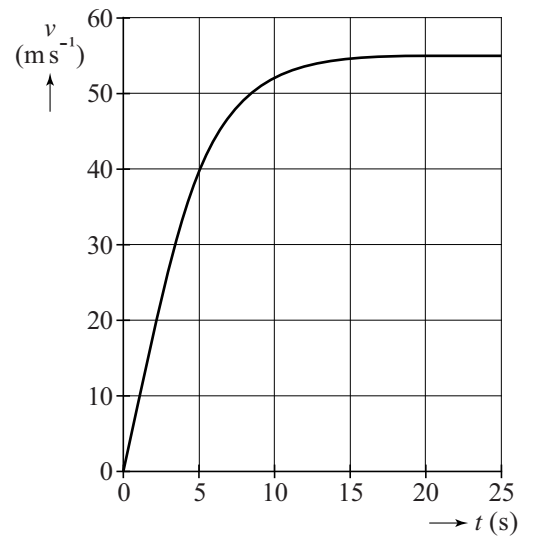
Skydiven is een sport waarbij men uit een vliegtuig springt en een groot deel van de tijd naar de aarde valt zonder de parachute te openen.

Na enige tijd is de snelheid van de skydiver constant. Figuur 1 is het  $(v,t)$ -diagram van het begin van zo'n sprong. Het  $(v,t)$ -diagram staat vergroot op de uitwerkbijlage.

In de eerste twee seconden is de luchtweerstand vrijwel te verwaarlozen.

- 3p **6** Toon dat aan. Bepaal daartoe eerst in de figuur op de uitwerkbijlage zo nauwkeurig mogelijk, de versnelling in die periode.

**figuur 1**



Tussen  $t = 0$  s en  $t = 20$  s valt de skydiver over een afstand van 0,9 km.

- 3p **7** Toon dit aan met behulp van de figuur op de uitwerkbijlage aan.

De skydiver sprong op een hoogte van 3,0 km uit het vliegtuig. Op een hoogte van 0,8 km opent hij zijn parachute.

- 3p **8** Bepaal de tijd tussen het verlaten van het vliegtuig en het openen van de parachute.

Op de website van Indoor Skydive te Roosendaal staat de volgende tekst:

**Mensen hebben altijd al op eigen kracht willen vliegen. Bij Indoor Skydive in Roosendaal kan dat! Hier beleef je het unieke gevoel van vrijheid van de skydiver die uit een vliegtuig is gesprongen.**

In een grote schacht met glazen wanden wordt lucht met hoge snelheid omhoog geblazen. Als je in deze windtunnel horizontaal op de luchtstroom gaat 'liggen' (zie figuur 2), kun je blijven zweven. In de windtunnel wordt de lucht met een snelheid van  $55 \text{ m s}^{-1}$  omhoog geblazen. De windtunnel heeft een cirkelvormige doorsnede met een oppervlakte van  $14,5 \text{ m}^2$ .

- 2p **9** Bereken hoeveel  $\text{m}^3$  lucht er per seconde door de windtunnel wordt geblazen.

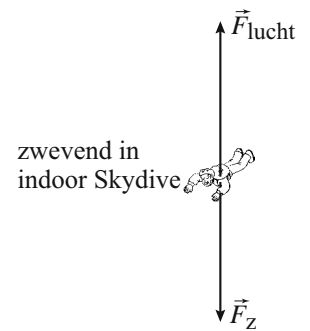
**figuur 2**



bron: Indoor Skydive, te Roosendaal

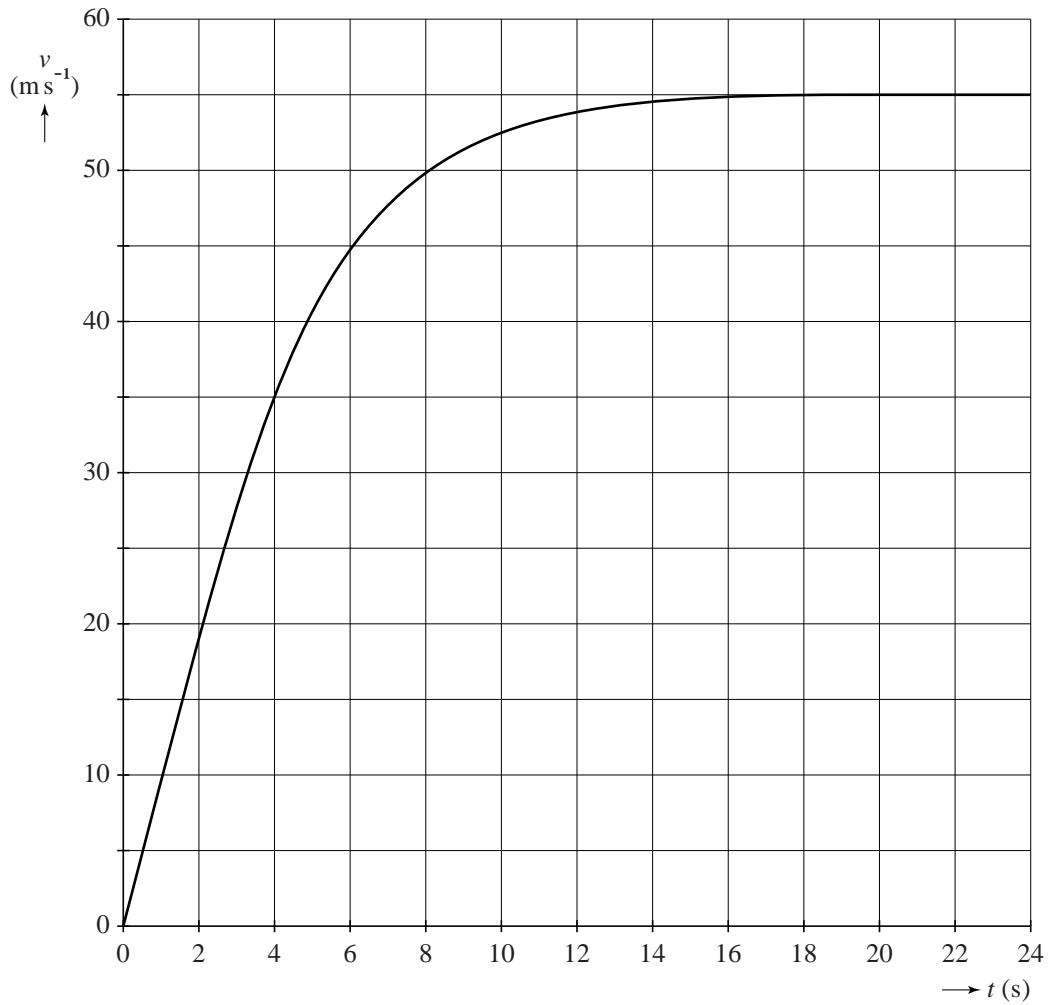
- Bij zweven heffen de kracht van de omhoog stromende lucht en de zwaartekracht elkaar op (zie figuur 3). Op de uitwerkbijlage is ook een andere skydiver getekend die uit een vliegtuig is gesprongen en met constante snelheid verticaal naar beneden valt.
- 2p **10** Teken op de uitwerkbijlage de vector van de luchtweerstand voor deze situatie. Let daarbij op de richting en de lengte van de vector. Licht je tekening toe.

**figuur 3**



- Karel zweeft in de windtunnel van Indoor Skydive. De kracht die de luchtstroom op hem uitoefent, is recht evenredig met zijn frontale oppervlakte. Zijn massa, inclusief windpak en helm, is 82 kg. In zwevende positie strekt Karel zijn armen en benen uit, waardoor zijn frontale oppervlakte met 10% toeneemt. Hij schiet op dat moment omhoog omdat er dan wel een resulterende kracht op hem werkt.
- 3p **11** Bereken de grootte van deze resulterende kracht.

6 en 7



ruimte voor het beantwoorden van vraag 6: .....

.....

.....

.....

.....

.....

ruimte voor het beantwoorden van vraag 7: .....

.....

.....

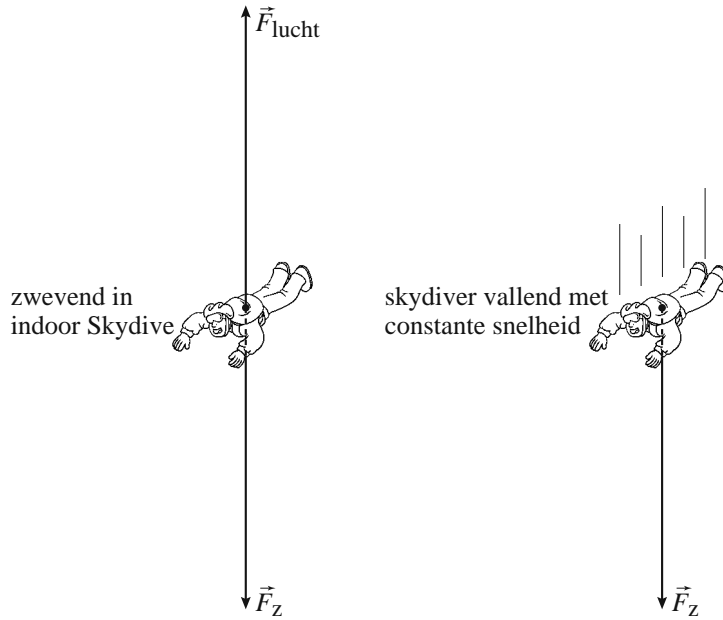
.....

.....

.....

uitwerkbijlage

10



ruimte voor een toelichting: .....

.....

.....

.....

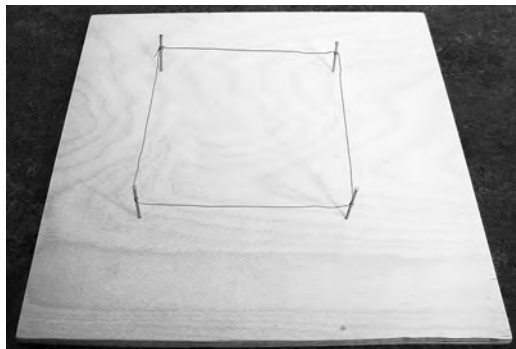
.....

### Opgave 3 Elektriciteit op een plankje

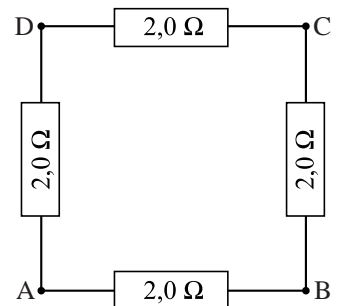
Op een plankje vormen vier ijzeren spijkers de hoekpunten van een vierkant. Om de spijkers wordt een metalen draad gespannen. Zie de foto in figuur 1. Een zijde van het vierkant is 13,8 cm lang en heeft een weerstand van  $2,0 \Omega$ .

In figuur 2 is de situatie schematisch weergegeven. De spijkers zijn met de letters A, B, C en D aangeduid.

figuur 1



figuur 2

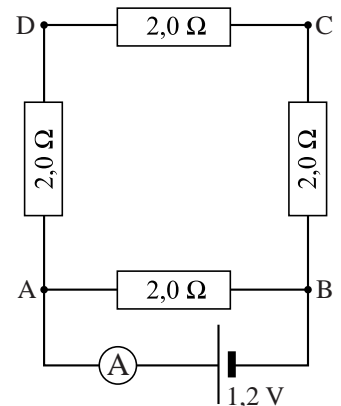


- 4p 12 De oppervlakte van de doorsnede van de draad is  $3,1 \cdot 10^{-2} \text{ mm}^2$ .  
Toon met een berekening aan dat de draad van constantaan is.

Paul sluit op de spijkers A en B een batterij aan met een spanning van 1,2 V en een stroommeter. De schakeling die dan ontstaat, is in figuur 3 schematisch weergegeven.

- 4p 13 Bereken de stroomsterkte die de stroommeter aanwijst.

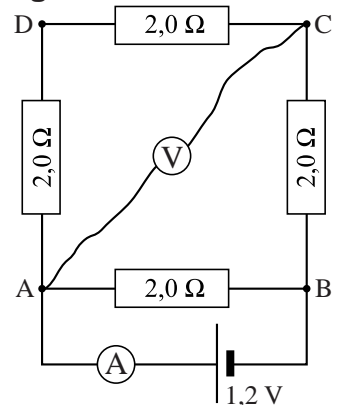
figuur 3



Paul sluit een spanningsmeter aan tussen de punten A en C. Zie figuur 4.

- 3p 14 Bereken de spanning die de spanningsmeter aanwijst.

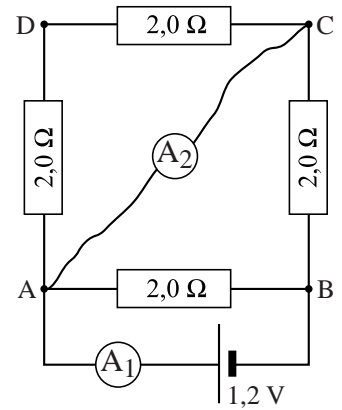
figuur 4





- 3p **15** Paul vervangt de spanningsmeter tussen A en C door een stroommeter. Zie figuur 5. Een gedeelte van de schakeling is daardoor kortgesloten omdat de stroommeter geen weerstand heeft.
- Bereken de stroomsterktes die de stroommeters  $A_1$  en  $A_2$  aanwijzen.

**figuur 5**



**Opgave 4 Voyager-2**

Op 20 augustus 1977 werd door de NASA, vanaf Cape Canaveral in Florida, een raket gelanceerd waarmee de ruimtesonde Voyager-2 in een baan langs de buitenplaneten werd gebracht. Het doel van deze missie was om deze planeten van dichtbij te bestuderen.



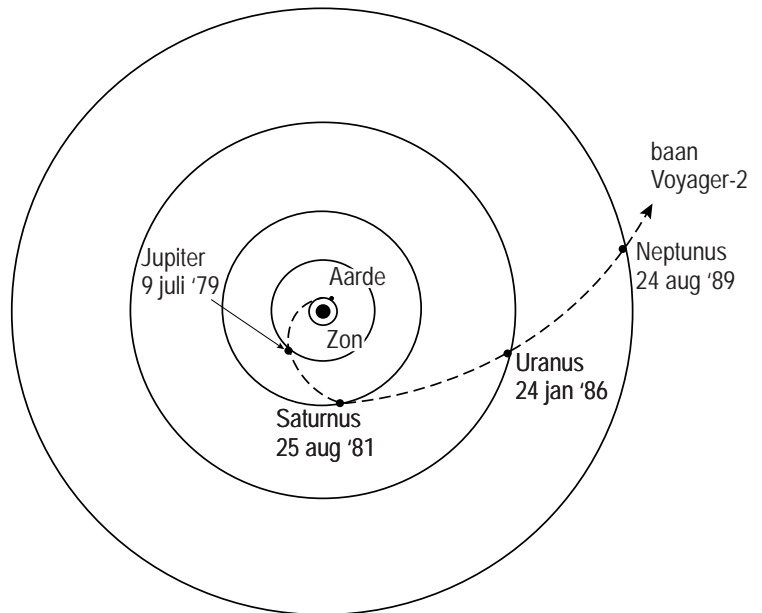
De totale massa van de raket met ruimtesonde was bij de start  $6,3 \cdot 10^5$  kg. De stuwkracht van de raket was bij de start  $11,7 \cdot 10^6$  N.

- 3p 16 Bereken de versnelling van de raket op het moment dat hij net los kwam van de grond.

In figuur 1 is met een stippelijlijn de baan aangegeven die de Voyager-2 inmiddels heeft afgelegd.

**figuur 1**

De Voyager-2 werd door elke planeet die hij passeerde, zodanig van richting veranderd dat hij koers zette naar de volgende planeet.



Op 9 juli 1979 passeerde Voyager-2 de planeet Jupiter op een afstand van  $5,7 \cdot 10^5$  km.

De massa van de Voyager-2 is 722 kg.

- 3p 17 Bereken de grootte van de gravitatiekracht van Jupiter op de Voyager-2 op die afstand.

In de figuur op de uitwerkbijlage is de baan van de Voyager-2 om Jupiter schematisch getekend. Op de baan zijn drie letters A, B en C aangegeven.

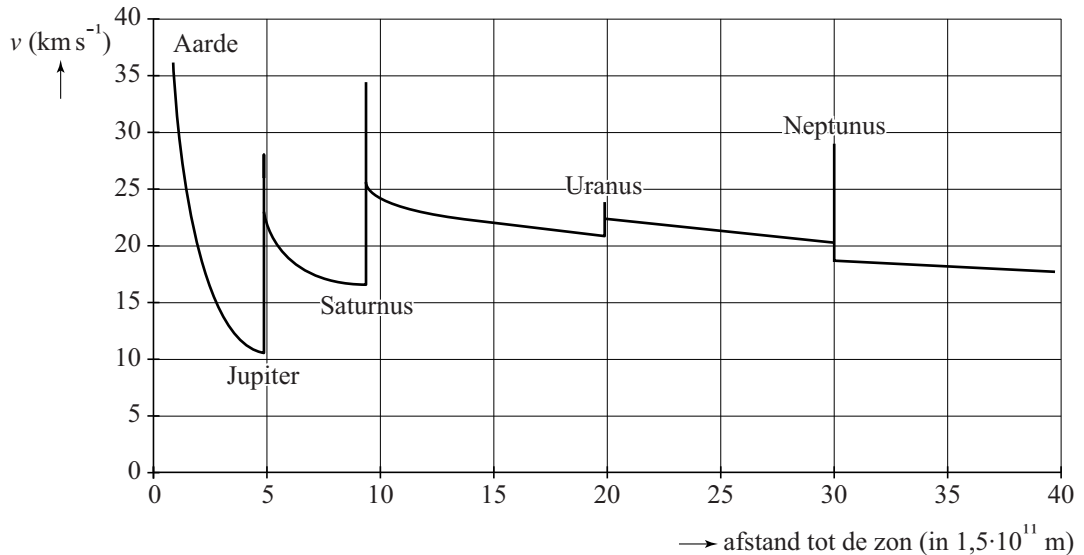
- 2p 18 Geef in de figuur op de uitwerkbijlage met een pijltje de richting van de gravitatiekracht van Jupiter op de Voyager-2 aan in de punten A, B en C.

De reis van de Voyager-2 was alleen mogelijk omdat de buitenplaneten bij de lancering op een geschikte plaats stonden. In de figuur op de uitwerkbijlage is de positie van Uranus bij de lancering op 20 augustus 1977 al gegeven. Alle planeten draaien om de zon tegen de richting van de klok in.

- 4p 19 Bereken waar Neptunus in augustus 1977 stond en geef die positie aan in de figuur op de uitwerkbijlage. Gebruik tabel 31 van Binas.

In figuur 2 is te zien hoe, volgens de NASA, de snelheid van de Voyager-2 verandert als functie van de afstand tot de zon. Met “de snelheid van de Voyager-2” wordt in deze opgave de snelheid bedoeld waarmee de Voyager-2 zich van de zon verwijdert.

**figuur 2**



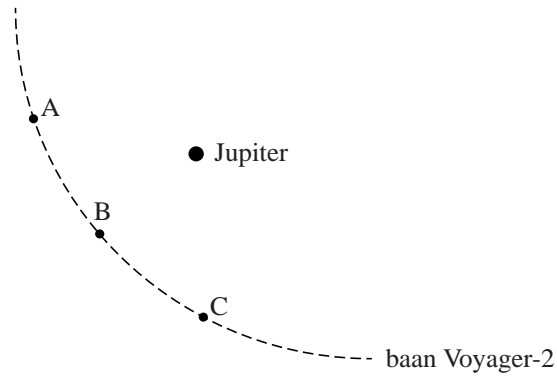
- 2p **20** Leg uit waarom de snelheid van de Voyager-2 tussen de aarde en Jupiter eerst afneemt.
- 2p **21** Geef van elk van onderstaande uitspraken over figuur 2 aan of ze waar of niet waar zijn.
- De helling van een raaklijn aan de grafiek stelt de versnelling van de Voyager-2 voor.
  - De oppervlakte onder de grafiek stelt de afgelegde afstand van de Voyager-2 voor.
  - De snelheid van de Voyager-2 neemt na het passeren van Neptunus toe.

De Voyager-2 koerst momenteel in de richting van de ster Sirius A. Veronderstel dat de Voyager-2 met constante snelheid beweegt en veronderstel dat Sirius A stilstaat.

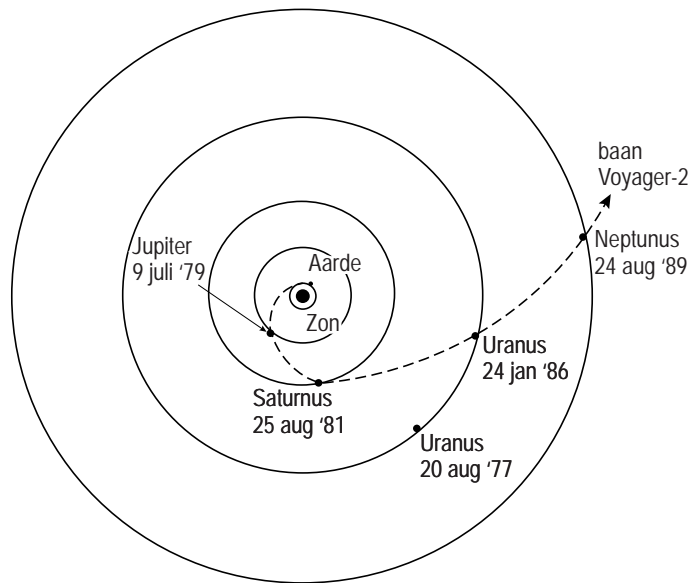
- 3p **22** Geef een beredeneerde schatting van de tijd in jaren die Voyager-2 er over zou doen om deze ster te bereiken. Gebruik tabel 32B van Binas en figuur 2.

uitwerkbijlage

18



19

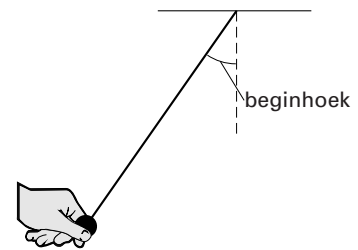


### Opgave 5 Slinger van Huygens

Lees eerst onderstaande tekst.

Al in de zeventiende eeuw hebben de natuurkundigen Galileo Galilei en Christiaan Huygens de slingerbeweging bestudeerd. Galilei schreef: *“Elke slinger heeft zijn eigen, door de natuur gegeven slingertijd. Deze hangt niet af van het gewicht dat er aan hangt of van de beginhoek. De slingertijd hangt alleen af van de lengte van de slinger.”*

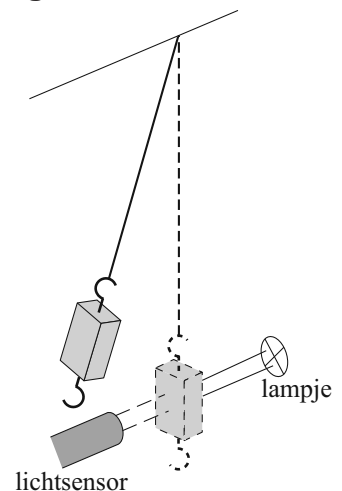
Huygens was het er mee eens dat de slingertijd afhangt van de lengte van de slinger en niet van het gewicht dat er aan hangt. Maar volgens hem kan de beginhoek van de slinger wel degelijk van invloed zijn op de slingertijd, met name bij grote beginhoeken. Zie de figuur hiernaast.



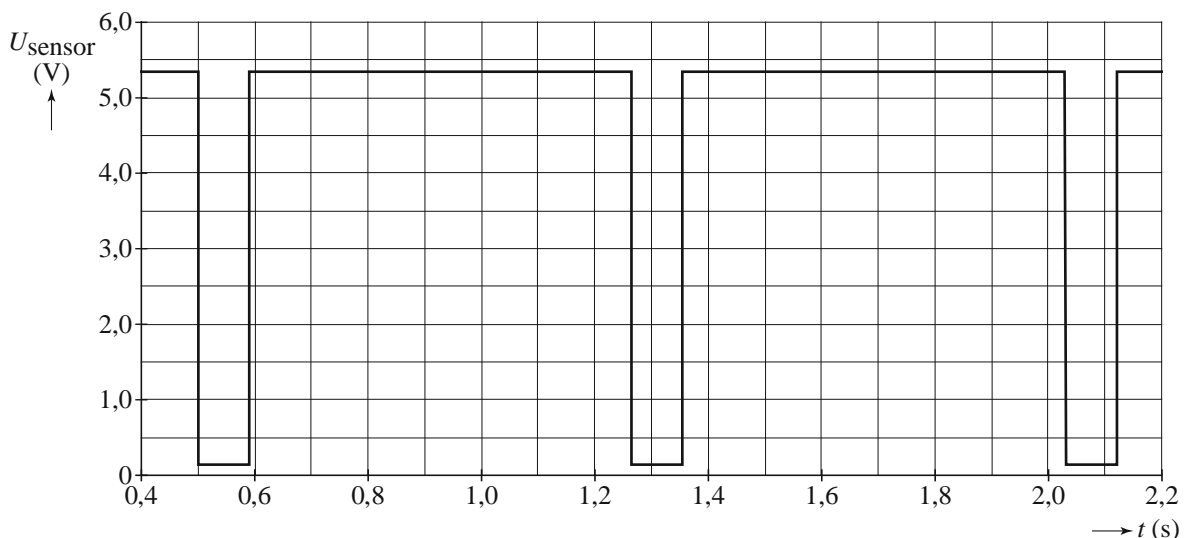
Hiske wil de beweringen van Galilei en Huygens controleren. Ze gebruikt de opstelling die in figuur 1 schematisch is weergegeven.

Steeds als het blokje de evenwichtsstand passeert, wordt de smalle lichtbundel die op de sensor valt even onderbroken. De lichtsensor is aangesloten op een computer die de sensorspanning meet als functie van de tijd. In figuur 2 staat de eerste meting van Hiske. Daarin heeft ze de slinger met een kleine beginhoek losgelaten.

figuur 1



figuur 2



3p 23 Bepaal de lengte van de slinger met behulp van figuur 2.

Om te controleren of de massa die aan de slinger hangt inderdaad geen invloed heeft op de slingertijd, hangt Hiske een tweede blokje aan het koord. Zij kan dat blokje onder of naast het eerste blokje hangen.

2p **24** Welke manier is het beste? Licht je antwoord toe.

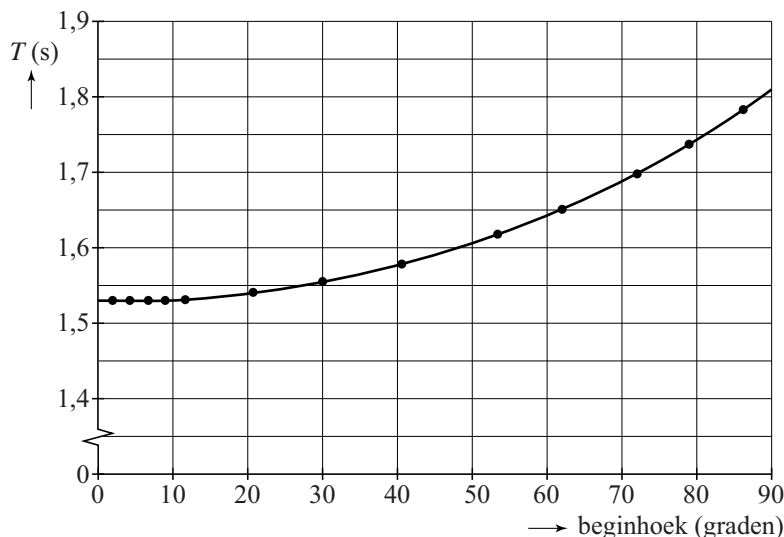
Om te onderzoeken of de beginhoek van invloed is op de slingertijd  $T$  laat Hiske de slinger bij een steeds grotere beginhoek los. Bij elke beginhoek wil ze met de computer zo nauwkeurig mogelijk de slingertijd bepalen. Ze overweegt de volgende twee methodes.

- a Bij elke beginhoek alleen de tijd meten van de eerste slingering, dit vijf keer herhalen en het gemiddelde van die metingen berekenen.
- b Bij elke beginhoek de tijd meten van de eerste vijf slingeringen en deze tijd delen door vijf.

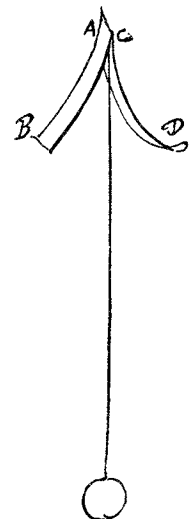
2p **25** Welke methode is voor dit onderzoek het beste? Licht je antwoord toe.

Haar metingen zijn verwerkt in de grafiek van figuur 3.

**figuur 3**



**figuur 4**



*Slinger met cycloïdale boogjes, tekening door Huygens (uit: UBL, brief van Huygens aan P. Petit 1 november 1658)*

2p **26** Leg uit tot welke beginhoek de uitspraak van Galilei klopt.

Uit figuur 3 blijkt dat de slingertijd toeneemt als de beginhoek groter wordt. Huygens bedacht een methode om dit effect te compenseren. Bij het ophangpunt bracht hij twee speciaal gevormde boogjes aan. Zie figuur 4. Bij een grote hoek maakt de slinger contact met de boogjes. Daardoor verandert de slingerlengte.

2p **27** Leg uit hoe de invloed van de beginhoek op de slingertijd op deze manier wordt gecompenseerd.