

TENTAMEN NATUURKUNDE

datum	: dinsdag 25 november 2025
tijd	: 13.30 tot 16.30 uur
aantal opgaven	: 5
aantal antwoordbladen	: 2 (bij opgave 1 en 3)

Iedere opgave dient op een afzonderlijk vel te worden gemaakt (want voor iedere opgave is er een afzonderlijke corrector).

Vermeld op ieder in te leveren vel uw naam.

Niet met potlood schrijven en geen tipp-ex of iets dergelijks gebruiken.

Antwoorden zonder motivering worden niet gehonoreerd.

Aanvullende gegevens zijn te vinden in Binas (5^e of 6^e druk).

De norm bij de beoordeling is:

opgave 1	: 14 punten
opgave 2	: 18 punten
opgave 3	: 10 punten
opgave 4	: 13 punten
opgave 5	: 25 punten

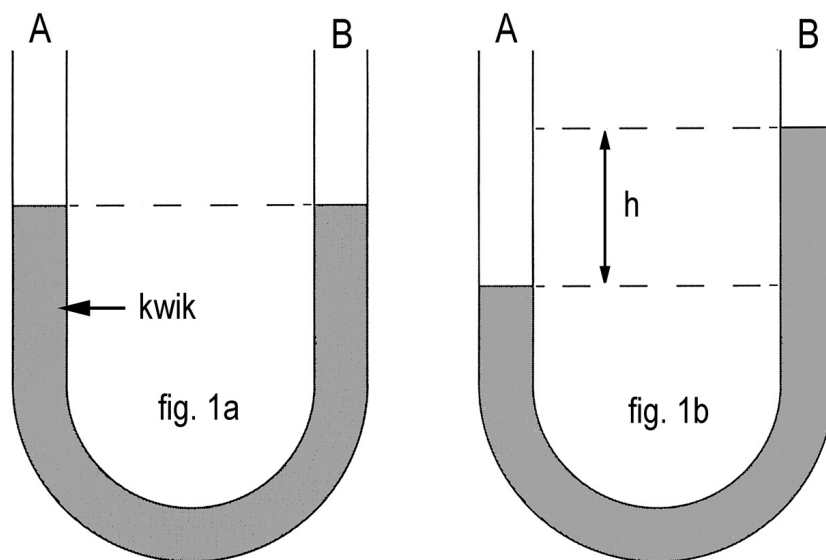
Het cijfer = aantal behaalde punten / 80 * 9 + 1

Informatie over de voortgang en het verloop van de correctie op www.ccvx.nl

OPGAVE 1 - trilling in een kwikkolom

Een U-vormige buis staat vertikaal opgesteld en is gedeeltelijk gevuld met kwik. Zie figuur 1a. De uiteinden A en B staan in open verbinding met de buitenlucht. De totale hoeveelheid kwik in deze U-vormige buis, zou in een rechte buis met dezelfde doorsnede een lengte ℓ hebben.

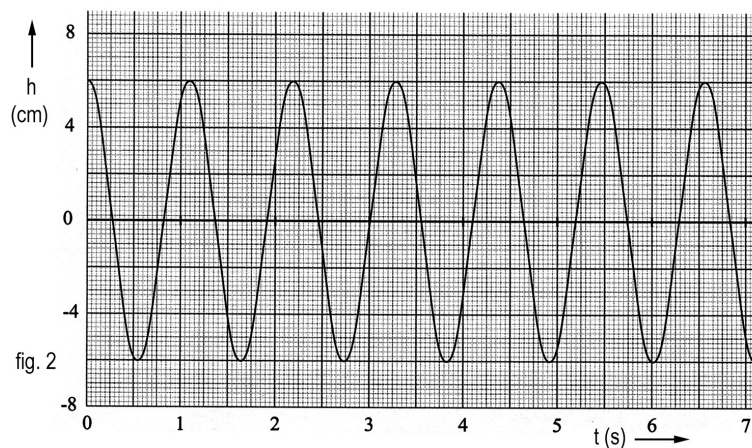
De druk boven het kwik wordt bij A verhoogd, zodat het hoogteverschil h tussen de kwikniveau's 4,0 cm wordt. Zie figuur 1b. Figuur 1a en figuur 1b zijn NIET op schaal!



- 4p a. Bereken de grootte van deze drukverhoging. Geef het antwoord in Pascal.

Lees verder op de volgende bladzijde 

Als deze drukverhoging ineens wegvalt ontstaat er een harmonische trilling. Zie figuur 2.



De algemene formule voor een harmonische trilling is:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{M}{K}} \quad (\text{formule 1})$$

Hierin is: T de trillingstijd (s)
M de totale massa die harmonisch trilt (kg)
K een evenredigheidsconstante

- 3p b. Leid met behulp van formule (1) de eenheid van de evenredigheidsconstante af in (grond)eenheden van het SI, zoals ze staan in Binas-tabel 3A.

Voor de trillende kwikkeloom geldt voor de evenredigheidsconstante:

$$K = 2 \rho A g \quad (\text{formule 2})$$

Hierin is: ρ de dichtheid van kwik (kg/m^3)
A de doorsnede van de buis (m^2)
g de valversnelling (m/s^2)

De formule van de trillingstijd wordt:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{\ell}{2g}} \quad (\text{formule 3})$$

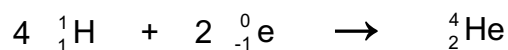
- 3p c. Leid de formule voor T (formule 3) af. Maar daarbij gebruik van onder andere formule (1) en (2). Schrijf iedere stap in deze afleiding duidelijk op.

Figuur 2 staat vergroot op het antwoordblad.

- 4p d. Bepaal met behulp van figuur 2 op het antwoordblad de lengte ℓ zo nauwkeurig mogelijk.

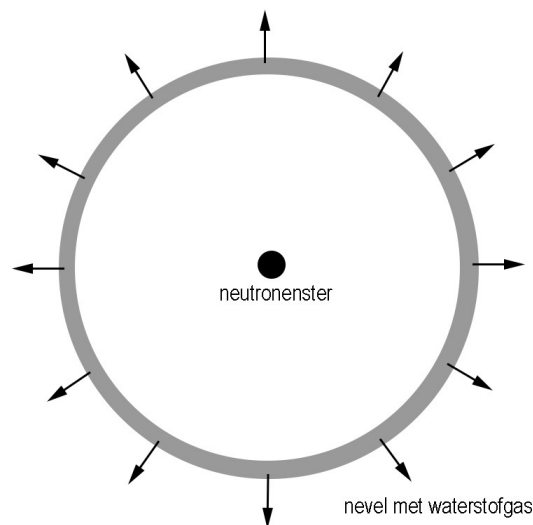
OPGAVE 2 - sterrenkunde

Sterren ontleen gedurende een groot deel van hun bestaan hun energie aan de fusie van waterstof tot helium volgens de onderstaande netto kernreactievergelijking:



- 4p a. Bereken de energie die vrijkomt bij de vorming van één heliumkern.

Als een groot deel van de waterstof in de kern van de ster is verbruikt gaat de kern van de ster zich samentrekken. In de laatste fase van de samentrekking van de kern van zeer zware sterren ontstaan daar neutronen uit elektronen en protonen. De kern van de ster wordt daarbij een zeer compacte massa die vrijwel uitsluitend uit neutronen bestaat en die neutronenster wordt genoemd. Tegelijk worden de buitenste lagen van de ster door een explosie uitgestoten. Deze lagen zijn later zichtbaar als een nevel rondom de neutronenster. Dit is schematisch weergegeven in de figuur.



Het atomaire waterstofgas in de nevel zendt licht uit met de golflengte die behoort bij de overgang van energieniveau $n = 3$ naar energieniveau $n = 2$. Een waarnemer op Aarde bestudeert deze straling uit een deel van de nevel. De waargenomen golflengte van de straling die hoort bij de genoemde overgang is 654 nm.

- 3p b. Leg uit aan de hand van de waargenomen straling of dit deel van de nevel van de Aarde af dan wel naar de aarde toe beweegt.

Midden in de nevel staat de overgebleven neutronenster. De diameter deze neutronenster is 15 km en de oppervlakte temperatuur is $1,6 \cdot 10^6$ K.

- 3p c. Leg aan de hand van beide gegevens uit dat deze neutronenster niet in het Hertzsprung-Russell diagram van Binas-tabel 33 te plaatsen is.

De neutronenster zendt pulsen fotonen uit met een energie van 1,5 TeV.

- 3p d. Bereken de golflengte van de straling die bij deze energie hoort.
- 2p e. Bereken de golflengte waarbij de neutronenster de meeste fotonen uitzendt.

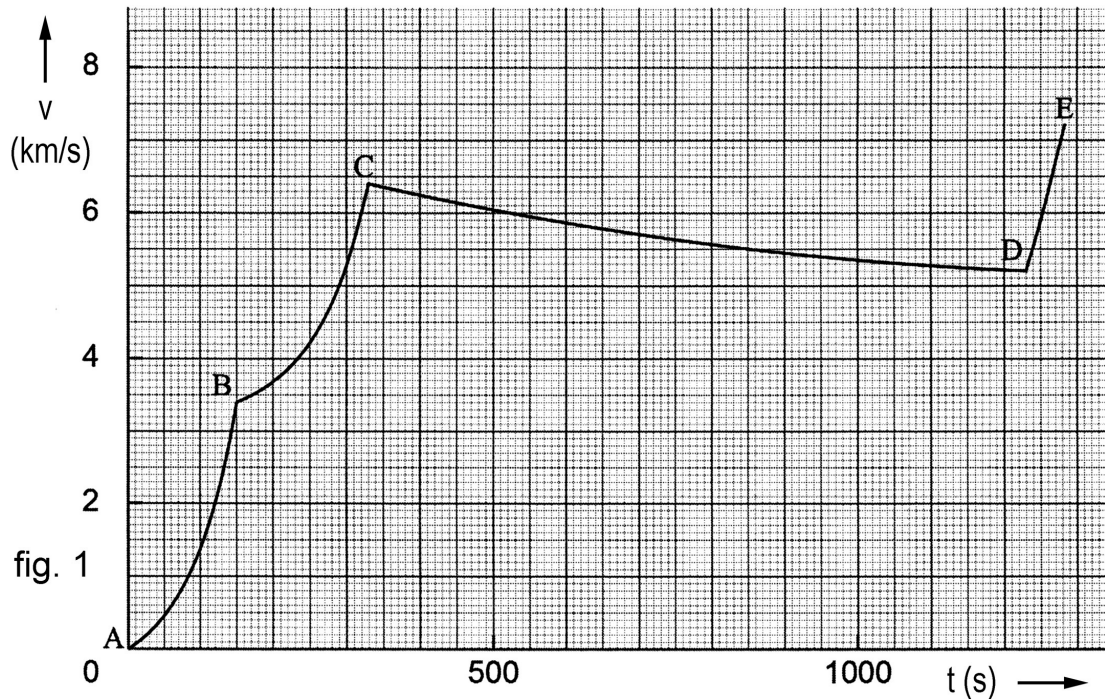
De zon straalt een vermogen van $3,85 \cdot 10^{26}$ W uit.

- 3p f. Bereken of de neutronenster meer of minder energie per seconde uitstraalt dan de zon.

OPGAVE 3 - lancering van een raket

Een satelliet wordt gelanceerd met behulp van een drietrapsraket. De eerste twee trappen dienen in hoofdzaak om de satelliet op de gewenste hoogte te brengen. De derde trap geeft de satelliet vervolgens voldoende snelheid om op die hoogte een cirkelvormige baan om de aarde te gaan beschrijven. De massa van de satelliet alleen bedraagt 200 kg.

In de figuur is voor deze lancering het verband tussen de grootte van de snelheid ten opzichte van het startpunt (dat als stilstaand wordt beschouwd) en de tijd weergegeven.



Van A naar B brandt de eerste trap van de raket. Deze wordt in B afgestoten.

Van B naar C brandt de tweede trap. Deze wordt in C afgestoten.

Van C naar D werkt alleen de zwaartekracht. Dit stuk noemen we de gravitatievlucht.

Van D naar E brandt de derde trap.

De satelliet gaat op een hoogte van 1400 km boven het aardoppervlak een eenparige cirkelbeweging doorlopen.

4p a. Bereken de baansnelheid van de satelliet op 1400 km hoogte.

Op het antwoordblad is het eerste gedeelte van de bovenstaande figuur vergroot weergegeven.

3p b. Bepaal met de figuur op het antwoordblad zo nauwkeurig mogelijk de afgelegde weg van de raket gedurende de eerste 200 s van de vlucht.

De tweede trap van de raket levert gedurende zijn gehele brandtijd een constante stuwkracht. Het lijnstuk BC in het snelheid-tijd diagram dat bij dit tijdsinterval behoort is echter niet recht, maar heeft een gekromde vorm zoals in de figuur is te zien.

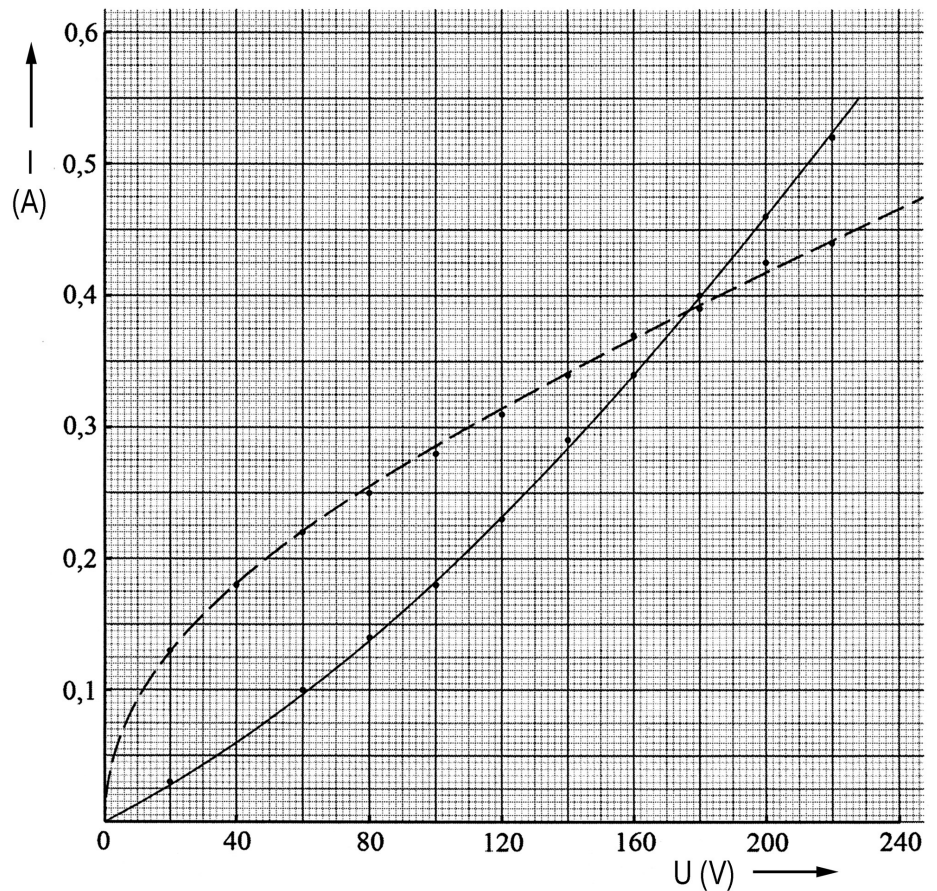
1p c. Noem naast de verandering in wrijving nog een oorzaak voor het niet recht zijn van het lijnstuk BC.

2p d. Leg uit met behulp van een formule uit dat de (versnelling van de) zwaartekracht die tijdens het traject CD op de raket werkt niet constant is.

OPGAVE 4 - gloeilamp

Een gloeilamp, waarvan de gloeidraad van wolfram is, wordt aangesloten op een spanningsbron met een regelbare spanning waarna het verband tussen de spanning en de stroomsterkte wordt bepaald. Vervolgens doet men hetzelfde met een gloeilamp, waarvan de gloeidraad van koolstof is.

De meetresultaten zijn weergegeven in de figuur. De onderbroken lijn geeft het verband van de wolframdraad weer en de doorgetrokken lijn het verband van de koolstofdraad.



- 3p a. Bepaal met behulp van de figuur de weerstand van de wolframdraad bij een spanning van 230 V.

Men sluit vervolgens de twee lampen parallel aan op de spanningsbron. De spanningsbron wordt ingesteld op 90 V.

- 3p b. Bepaal de stroomsterkte die de spanningsbron moet leveren.

Hierna worden beide lampen in serie op de spanningsbron aangesloten. De spanningsbron wordt nu op 160 V ingesteld.

- 4p c. Bepaal de stroomsterkte die door de stroomkring loopt. Leg duidelijk uit hoe je aan je antwoord komt.

De weerstand van de gloeidraad van de lampen is afhankelijk van de temperatuur. Het verband tussen de weerstand en de temperatuur wordt vastgelegd met behulp van weerstandstemperatuur-coëfficiënt α . Deze kan worden gedefinieerd als hoeveel de waarde van de weerstand verandert als de temperatuur verandert. In formule:

$$\alpha = \frac{1}{R} \frac{dR}{dT}$$

Hierin is: R de weerstand (in Ω)
T de temperatuur (in $^{\circ}\text{C}$)

- 3p d. Leg uit voor welke draad, die van wolfram of die van koolstof, α negatief is.

OPGAVE 5 - isotopen

Een "vallende ster" is een meteor, die tijdens het binnendringen in de dampkring verbrandt en hierdoor een lichtend spoor trekt.

Soms is een meteor zo zwaar dat deze niet geheel verbrandt en het aardoppervlak bereikt. Bij een erg zware meteor kan dan een krater met een diameter van wel honderd kilometer ontstaan. Lang geleden is zo'n enorme meteor op het aardoppervlak ingeslagen.



De bolvormige meteor had bij de inslag een snelheid van $31 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1}$, een diameter van $1,1 \text{ km}$ en een dichtheid van $3,4 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$. Van de energie die bij de inslag vrijkwam, werd 55% gebruikt om gesteente te laten smelten.

Om $1,0 \text{ kg}$ gesteente te laten smelten, was een hoeveelheid energie van $1,4 \cdot 10^6 \text{ J}$ nodig.

- 5p a. Bereken de massa van het gesteente dat maximaal door de inslag van de meteor kan zijn gesmolten.

Tijdens de inslag werden stukjes glas gevormd, de zogenaamde tektieten. Deze tektieten bevatten onder andere de isotopen ^{26}Al , ^{39}K en ^{40}K .

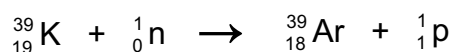
- 3p b. Geef de vervalreactie van ^{26}Al .

De kern van ^{39}K is stabiel.

De isotoop ^{40}K is instabiel en vervalt naar ^{40}Ar .

Het zo ontstane gas ^{40}Ar blijft in de tektieten opgesloten. Deze tektieten kan men gebruiken om te bepalen hoe lang geleden de meteor is ingeslagen.

Dit gebeurt met de argon-argon-dateringsmethode. Bij deze methode worden om meettechnische redenen de stabiele ^{39}K -kernen eerst omgevormd tot ^{39}Ar -kernen. Men bestraalt daartoe een tektiet met neutronen, waardoor de volgende kernreactie plaatsvindt:



Na de neutronenbestraling is de hoeveelheid ^{39}Ar gelijk aan de constante hoeveelheid ^{39}K die vanaf het ontstaan van de tektiet hierin aanwezig is geweest.

Men smelt de tektiet, zodat al het ^{39}Ar en ^{40}Ar vrijkomt.

In een massaspectrometer bepaalt men de verhouding van het aantal kernen van deze twee isotopen.

Lees verder op de volgende bladzijde 

In de figuur is de massaspectrometer schematisch getekend.

In een ionisator wordt het argon éénmaal geïoniseerd. Met een te verwaarlozen snelheid komen de Ar-ionen vervolgens in een versneller. Hier worden ze versneld door een spanning van 12 kV.

- 4p c. Bereken de snelheid waarmee de ^{39}Ar ionen de versneller verlaten.

Vervolgens komen de de Ar-ionen in een ruimte waar ze door een homogeen magnetisch veld worden afgebogen naar een detector.

- 3p d. Leg met behulp van een tekening duidelijk uit hoe het magnetische veld gericht is.

Voor de cirkelvormige banen die beide isotopen beschrijven is de volgende formule af te leiden:

$$R = m v / B q \quad \text{hierin is: } \begin{array}{ll} R & \text{de straal van de baan in m} \\ m & \text{de massa van de ionen in kg} \\ v & \text{de snelheid van de ionen in m/s} \\ q & \text{de lading van de ionen in Q} \end{array}$$

- 3p e. Leid deze formule af met behulp van formules die in Binas staan.

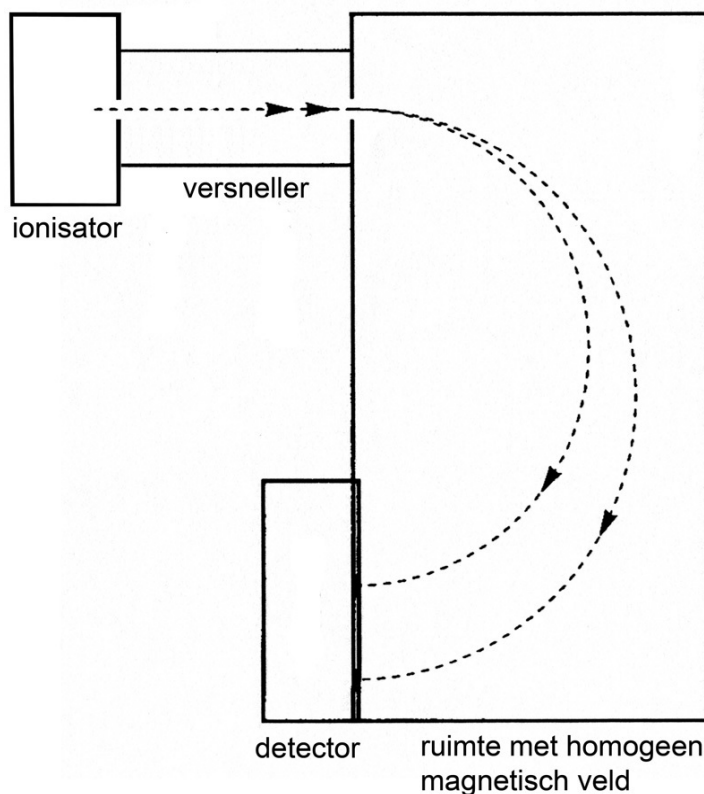
Voor de snelheid van de Ar-ionen geldt: $v = \text{constante} \cdot \frac{1}{\sqrt{m}}$

- 3p f. Leg uit welke van de twee isotopen de baan met de kleinste straal zal beschrijven.

Bij het ontstaan van de tektiet was de verhouding tussen de hoeveelheden ^{40}K en ^{39}K gelijk aan $1,30 \cdot 10^{-4}$.

Met de massaspectrometer vindt men dat de verhouding tussen de hoeveelheid ^{40}K die nog niet vervallen is en de constante hoeveelheid ^{39}K gelijk aan $1,26 \cdot 10^{-4}$.

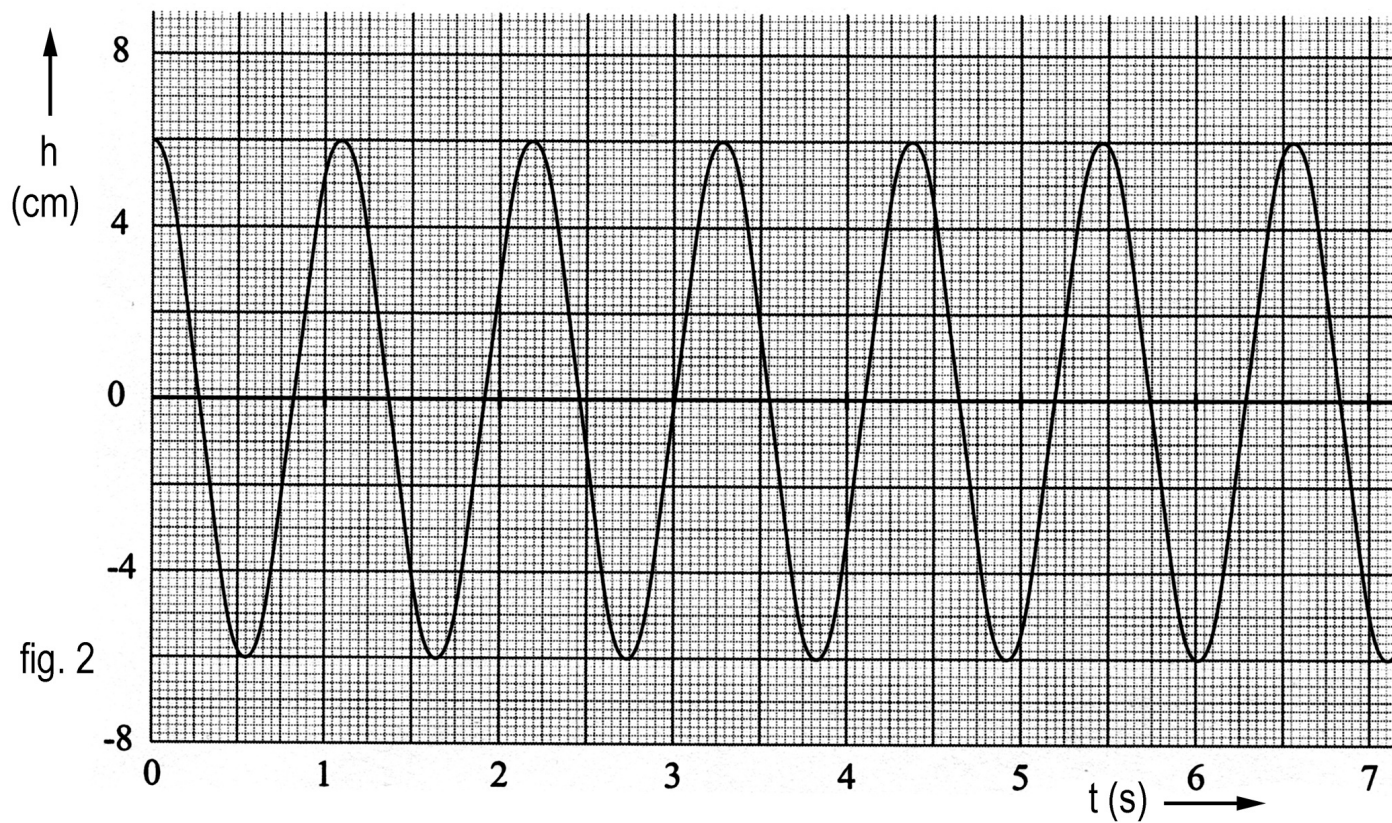
- 4p g. Bereken hoeveel jaar geleden de meteoriet is ingeslagen.



EINDE

ANTWOORDBLAD BIJ OPGAVE 1

Naam :



ANTWOORDBLAD BIJ OPGAVE 3

Naam :

