CENTRALE COMMISSIE VOORTENTAMEN NATUURKUNDE

TENTAMEN NATUURKUNDE

datum	: vrijdag 25 november 2022
tijd	: 13.30 tot 16.30 uur
aantal opgaven	: 5
aantal antwoordbladen	: 2 (bij opgave 2 en 5)

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 (5e of 6e druk).

De norm bij de beoordeling is:

opgave 1	: 24 punten
opgave 2	: 12 punten
opgave 3	: 17 punten
opgave 4	: 13 punten
opgave 5	: 12 punten

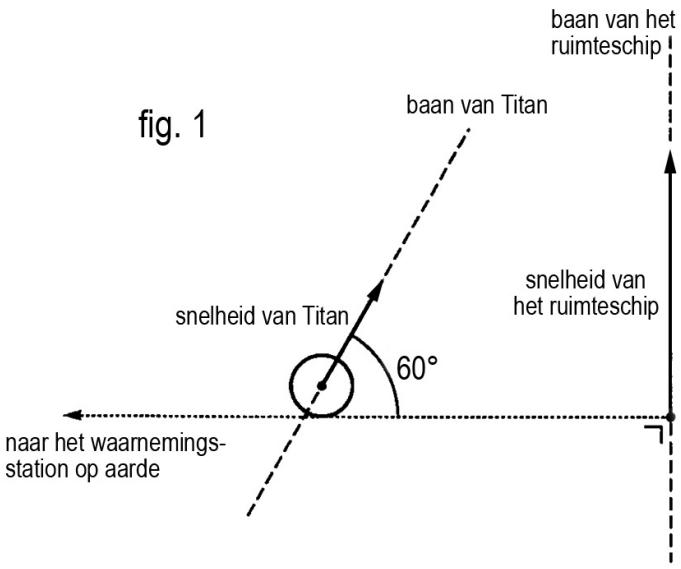
Het cijfer = aantal behaalde punten / 78 * 9 + 1

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

OPGAVE 1 - Titan

Titan is één van de manen van de planeet Saturnus. Titan heeft een massa van $1{,}35 \cdot 10^{23}$ kg en kan als bolvormig worden beschouwd. De straal van Titan bedraagt 2575 km. De gemiddelde dichtheid van deze maan geeft een indruk van de samenstelling van het maangesteente.

fig. 1



3p a. Bereken de gemiddelde dichtheid van Titan.

3p b. Bereken de versnelling ten gevolge van de zwaartekracht aan het oppervlak van Titan.

Titan beweegt zich in een cirkelvormige baan om Saturnus.
De straal van deze baan bedraagt $1{,}23 \cdot 10^9$ m.

4p c. Bereken de omlooptijd van Titan om Saturnus met behulp van de straal van deze baan en de massa van Saturnus.

Titan heeft een atmosfeer. Om deze atmosfeer te onderzoeken, voert men een zachte landing uit op Titan. Eerst wordt een ruimteschip in een baan om Saturnus gebracht.
De banen van het ruimteschip en van Titan liggen in één vlak. Een waarnemingsstation op aarde bevindt zich ook in dit vlak. De richtingen van de snelheid van het ruimteschip en van Titan ten opzichte van de aarde zijn in figuur 1 aangegeven.
De grootte van de snelheid van het ruimteschip bedraagt 12,9 km/s en die van Titan is 5,6 km/s.

Vanuit het ruimteschip worden voortdurend radiogolven naar de aarde gezonden. Gedurende de tijd dat het ruimteschip zich vanaf de aarde gezien achter Titan bevindt, kunnen radiogolven die vanuit het ruimteschip worden uitgezonden, de aarde niet bereiken.

4p d. Bereken de tijdsduur waarin deze radiogolven het waarnemingsstation niet bereiken. Neem aan dat de hoek waaronder men op aarde het ruimteschip ziet nauwelijks verandert.

Op een zeker moment verlaat een ruimtesonde het ruimteschip. Na enkele dagen dringt deze sonde met grote snelheid de atmosfeer van Titan binnen. Door de wrijving met de atmosfeer ontstaat daarbij veel warmte. Deze warmte wordt geheel opgenomen door een hitteschild met een oppervlakte van 8,7 m^2 . Op een bepaald moment bedraagt de snelheid van de sonde 0,74 km/s. De wrijvingskracht bedraagt dan 6,0 kN.

4p e. Bereken hoeveel warmte op dat moment per seconde op 1,0 m^2 van het hitteschild wordt ontwikkeld.

Copyright © 2022 CCVX

Als de snelheid van de sonde voldoende is afgenomen, wordt het hitteschild afgeworpen. Even later opent zich een parachute, waardoor de snelheid verder afneemt. De sonde daalt nu loodrecht naar beneden. In figuur 2 staat de hoogte boven het oppervlak van Titan uitgezet tegen de tijd vanaf het moment dat de parachute is geopend.

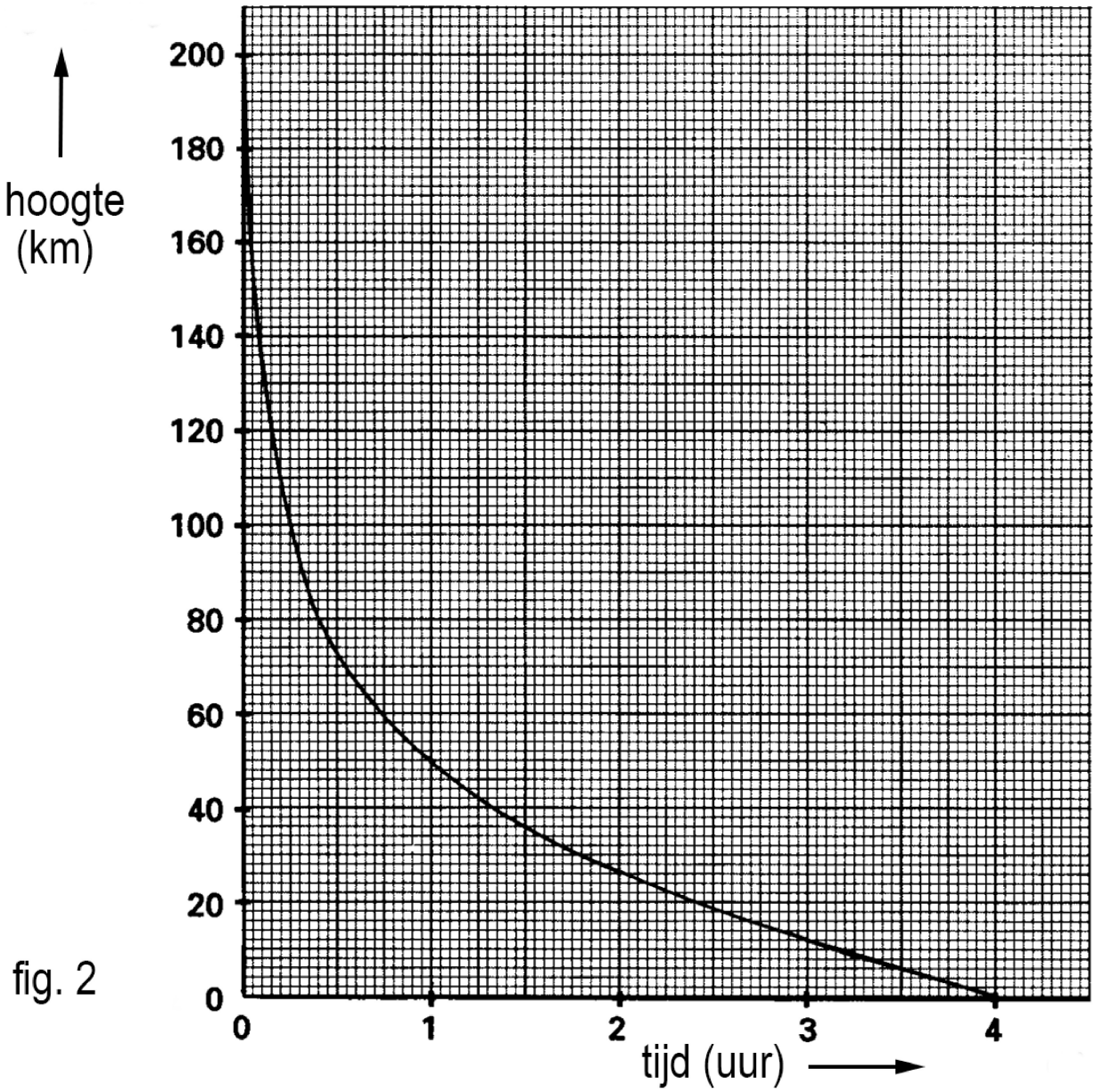


fig. 2

Op de hoogte waarop de parachute zich opent, bedraagt de versnelling ten gevolge van de zwaartekracht 1,18 m/s^2. Op die hoogte is de vertraging van de sonde 0,89 m/s^2.
De sonde met parachute heeft een massa van 192,3 kg.

3p f. Bereken de grootte van de wrijvingskracht op het geheel van sonde en parachute op de hoogte waarop de parachute zich juist heeft geopend.

3p g. Bepaal de snelheid waarmee de sonde uiteindelijk op Titan landt.

Copyright © 2022 CCVX

OPGAVE 2 - draai-slinger

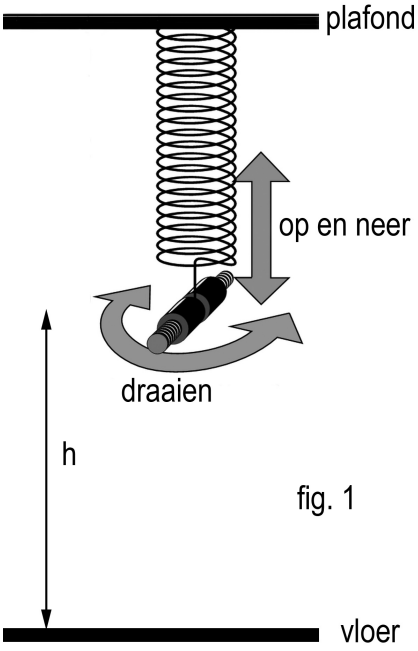


fig. 1

Een draai-slinger bestaat uit een veer waar een cilindervormige massa aan hangt. De massa met veer is opgehangen aan het plafond. Het geheel is schematisch weergegeven in figuur 1.
Als de massa verticaal omlaag getrokken wordt en dan wordt losgelaten, ontstaat er een bijzondere beweging. Eerst beweegt de massa verticaal op en neer en draait nauwelijks. Het draaien neemt toe en het op en neer bewegen neemt af. Na een tijdje draait de massa alleen nog maar en is de verticale trilling verdwenen.
Vervolgens komt de verticale beweging weer langzaam op gang en neemt het draaien af totdat de massa alleen nog maar op en neer beweegt en niet meer draait.
Dit herhaalt zich net zo lang totdat de massa door demping tot stilstand komt.
De massa van de cilindervormige massa is 2,8 kg.
De veerconstante van de veer is gelijk aan 49 Nm^{-1}.
Om de beweging te demonstreren, wordt de massa aan de veer voorzichtig 8,0 cm omlaag getrokken, maar nog niet losgelaten.

3p a. Bereken de kracht van de veer die dan op de massa werkt. Geef het antwoord met de juiste significantie.

Men trekt de massa nog wat verder omlaag. Als de massa wordt losgelaten, gaat de veer op en neer trillen met een frequentie van 0,67 Hz.

3p b. Toon dit aan met behulp van een berekening.

De afstand h van het midden van de massa tot de vloer is als functie van de tijd op het antwoordblad weergegeven in figuur 2 op het antwoordblad.

1p c. Bepaal met behulp van figuur 2 op het antwoordblad de afstand van het midden van de massa tot de vloer, als de massa tot stilstand is gekomen.

2p d. Geef in figuur 2 op het antwoordblad met de letter V alle tijdstippen aan waarop de massa alléén verticaal op-en-neer beweegt en niet draait.

Vervolgens wordt de hoek α waarover de massa draait als functie van de tijd gemeten. Het resultaat van deze meting is in figuur 3 op het antwoordblad weergegeven.

3p e. Bepaal met behulp van figuur 3 op de het antwoordblad zo nauwkeurig mogelijk de draaifrequentie van de slinger. Licht je antwoord toe. Geef het antwoord met de juiste significantie.

Copyright © 2022 CCVX

OPGAVE 3 - lange draad

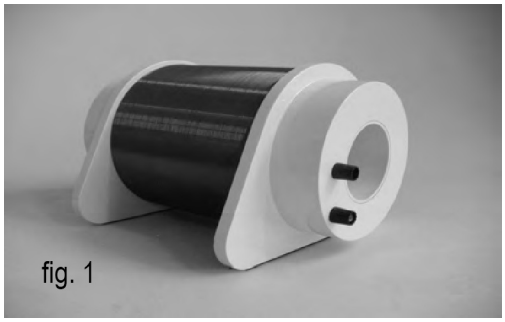


fig. 1

Men wikkelt een lange draad van geïsoleerd koperdraad tot een spoel.
Later wil men de lengte ℓ van de draad bepalen.
De spoel mag niet afgewikkeld worden. De spoel heeft twee aansluitpunten. Zie figuur 1.

Methode 1
Men kan de weerstand van de draad bepalen en met behulp daarvan de lengte van de draad uitrekenen.
Men heeft een gelijkspanningsbron, een stroommeter en een spanningsmeter.
Hiermee kun je een schakeling maken waarmee de weerstand wordt bepaald.

2p a. Teken deze schakeling met de juiste symbolen.

De spanningsmeter wijst 0,56 V aan en de stroommeter wijst 0,23 A aan.
De diameter van de koperdraad is 1,5 mm.

4p b. Bereken de lengte ℓ van de koperdraad.

Methode 2
Men kan ook de magnetische veldsterkte van de spoel meten en met behulp daarvan de draadlengte berekenen. Men gebruikt dan schakeling van methode 1 en schuift een magneetveldsensor midden in de spoel.
Men meet acht maal de magnetische veldsterkte B als functie van de stroomsterkte I.
De meetpunten staan in de grafiek van figuur 2.

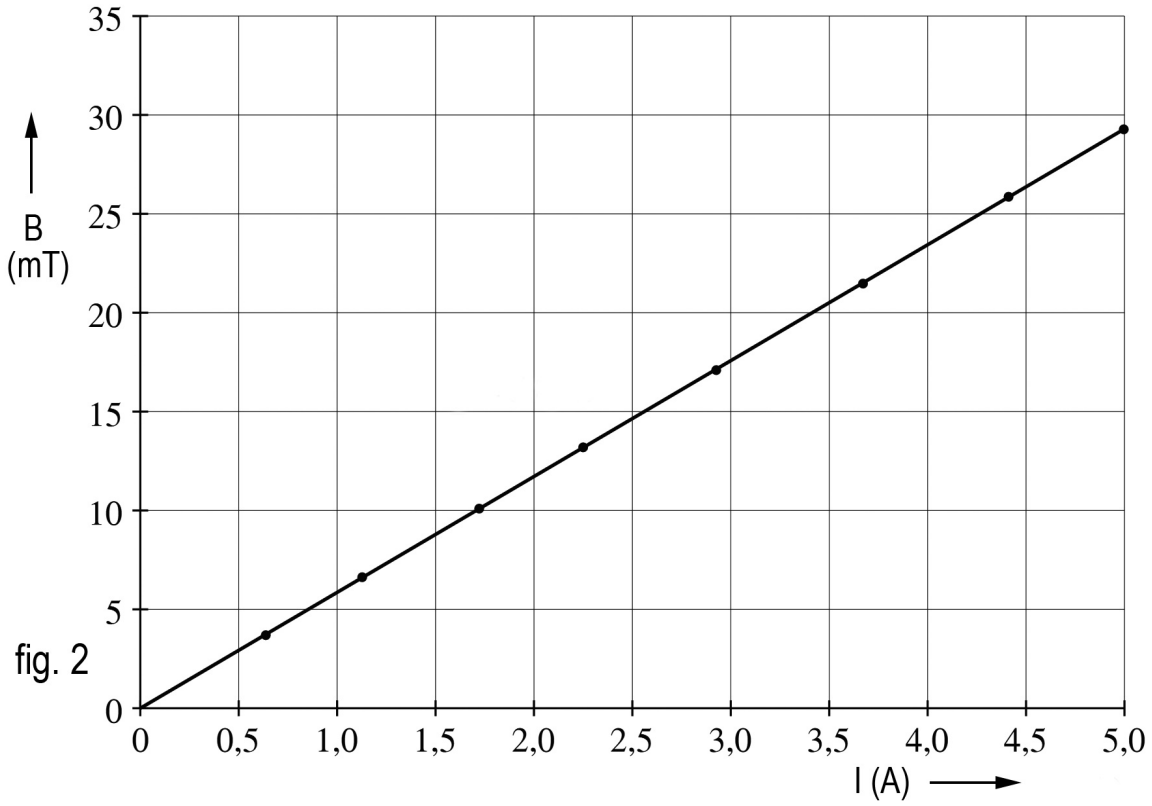


fig. 2

Copyright © 2022 CCVX

In Binas staat een formule voor de grootte van het magneetveld in een spoel:

$$B = \mu_0 \frac{N\,I}{L}$$

Hierin is: B de grootte van het magneetveld (in Tesla);
μ_0 een constante gelijk aan $1{,}25664 \cdot 10^{-6}$ Hm^{-1} ;
N het aantal windingen;
I de stroomsterkte door de spoel (in Ampère);
L de lengte van de spoel (in meter)

Op grond van deze formule en de meetresultaten is een rechte lijn door de oorsprong getrokken met een steilheid van 5,81 mT/A.

1p c1. Leg uit waarom men een rechte lijn getrokken heeft.
1p c2. Leg uit waarom men deze lijn door de oorsprong heeft getrokken.
1p c3. Leg uit waarom de steilheid 5,81 mT/A bedraagt.

Om de lengte ℓ van de draad te berekenen is het nodig om de afmetingen van de spoel te weten. Deze staan weergegeven in figuur 3.

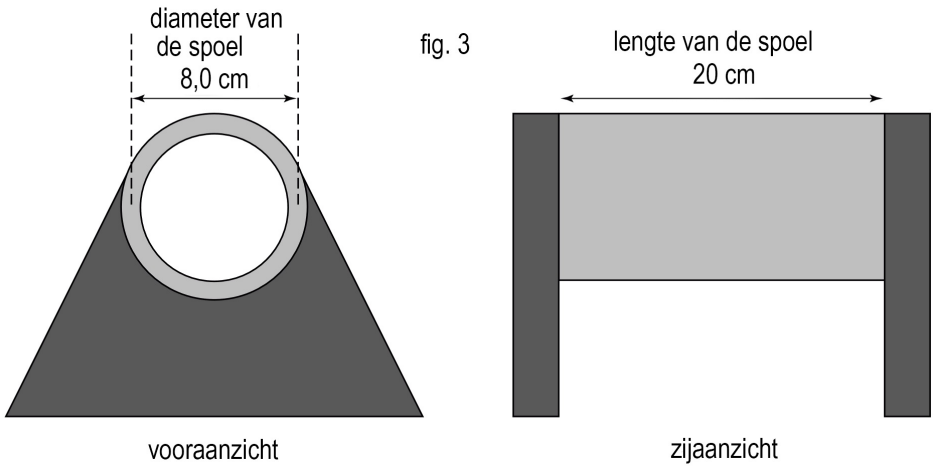


fig. 3

Er bestaat een uitgebreidere formule voor de magnetische veldsterkte in het midden van een spoel:

$$B = \mu_0 \frac{N\,I}{\sqrt{L^2 + d^2}}$$

hierin is d de diameter van de spoel (in meter).

Iemand beweert dat de formule uit Binas uit de uitgebreidere formule volgt door aan te nemen dat diameter veel kleiner is dan de lengte van de spoel.

2p d. Leg dat uit.

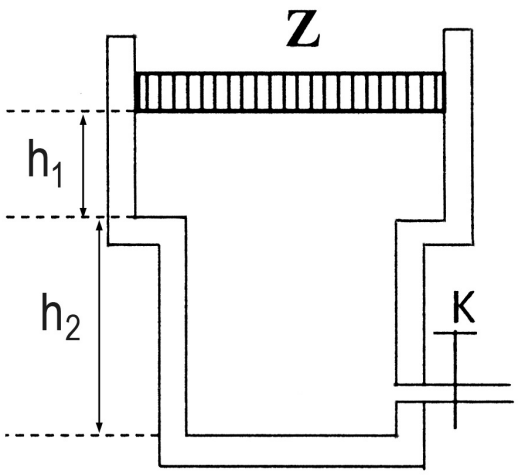
4p e. Bereken de draadlengte ℓ wanneer je de uitgebreidere formule gebruikt.

2p f. Leg uit of bij deze spoel de formule uit Binas tot een grotere of een kleinere draadlengte zal leiden in vergelijking met de uitgebreidere formule.

Copyright © 2022 CCVX

OPGAVE 4 - gas

In een vat bevindt zich een gas. Het geheel is schematisch weergegeven in de figuur.



Het vat bestaat uit twee cilindervormige gedeelten:
- Het bovenste gedeelte heeft een volume V_1 van 0,010 m^3, een doorsnede van 0,100 m^2 en een hoogte h_1.
- Het onderste gedeelte heeft een volume V_2 van 0,015 m^3, een doorsnede van 0,075 m^2 en een hoogte h_2.

Het vat is afgesloten met een zuiger Z die zonder wrijving kan bewegen.
Via een kraan K kan men gas in of uit het vat laten stromen. De kraan is gesloten.
Het volume van het stukje pijp tussen V_2 en de kraan mag worden verwaarloosd.

1p a. Bereken de hoogte h_2.

Met de zuiger Z in de bovenste positie, als in de figuur, is de druk P_A in het vat $1{,}0050 \cdot 10^5$ Pa en de temperatuur T_A is 327 °C.
De druk van de buitenlucht bedraagt $1{,}0000 \cdot 10^5$ Pa.

3p b. Bereken de massa van de zuiger.

Het gas wordt nu gekoeld tot een temperatuur T_B = 360 K.

3p c. Toon aan dat de zuiger de bovenrand van de onderste cilinder dan net geraakt.

Daarna wordt het gas verder afgekoeld tot T_C = 27 °C.

3p d. Bereken de druk van het gas.

Via de kraan K brengt men gas van 27 °C in het vat totdat de zuiger weer in de bovenste positie terecht komt (zie de figuur).

3p e. Bereken hoeveel mol gas van 27 °C men via kraan K in de cilinder heeft laten stromen.

Copyright © 2022 CCVX

OPGAVE 5 - kerncentrale

In de reactor binnen in het reactorgebouw van een kerncentrale komt warmte vrij door kernsplijtingen. Die warmte wordt afgevoerd door het water in het primaire koelcircuit. De warmte wordt via een warmtewisselaar afgegeven aan het secundaire koelcircuit, waarin ook de turbine zit die de generator aandrijft. Zie figuur 1.
Figuur 1 staat ook vergroot op het antwoordblad.

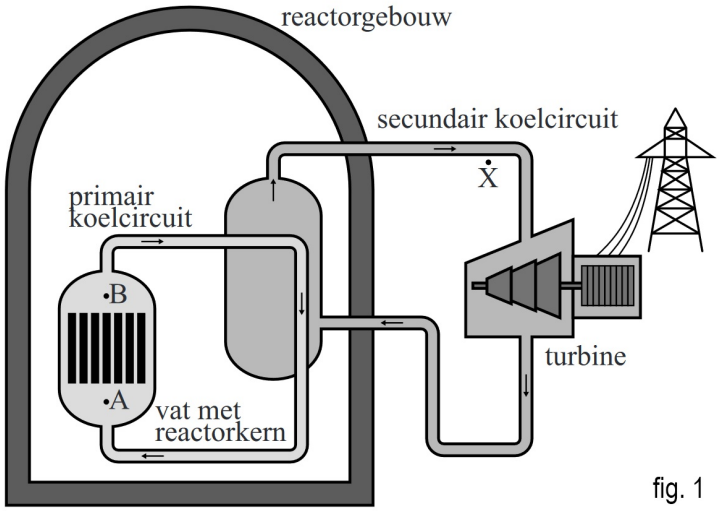


fig. 1

Bij kernsplijting komen ook neutronen vrij. Hierdoor wordt het water in het primaire koelcircuit dat door de reactor stroomt bestraald. Als een neutron de zuurstofkern in een watermolecuul treft, ontstaat een stikstof-16-kern (N-16). Bij deze reactie komt nog een deeltje vrij. Hieronder staat hiervan de reactievergelijking waar op 6 plaatsen nog iets moet worden ingevuld.

$$^{16}_{8}\mathrm{O} + {}^{\cdots}_{\cdots}\mathrm{n} \rightarrow {}^{16}_{\cdots}\mathrm{N} + {}^{\cdots}_{\cdots}\cdots$$

2p a. Schrijf de reactievergelijking over en maak deze compleet.

Het N-16 wordt meegevoerd in het primaire koelcircuit. In gedachten volgen we een liter water bij het doorlopen van het primaire koelcircuit.
Het aantal kernen N-16 in deze liter water varieert tijdens het rondgaan.
In figuur 2 is dit weergegeven.

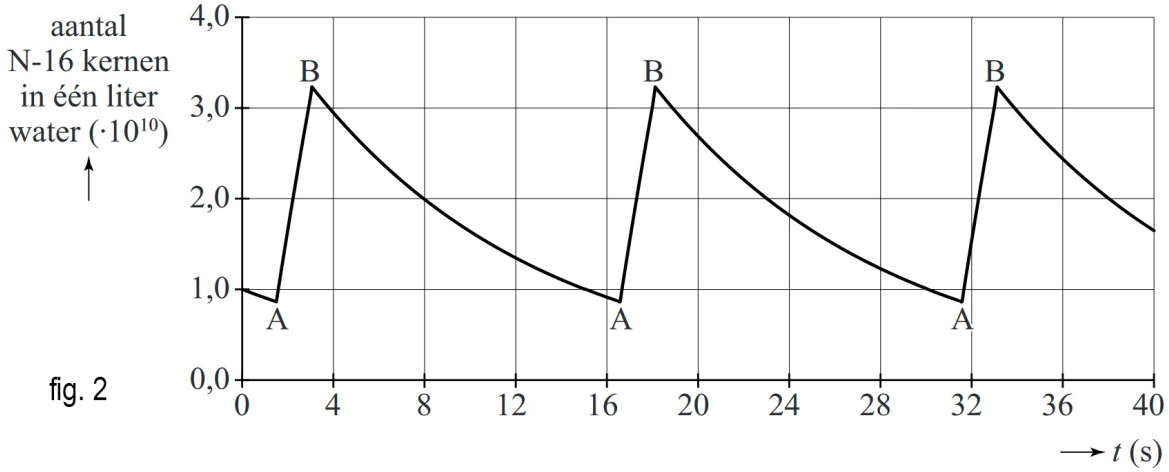


fig. 2

Bij A komt het water elke keer in de reactorkern, bij B gaat het eruit. De punten A en B zijn ook in figuur 2 aangegeven. We nemen aan dat de kerncentrale een jaar lang continu in bedrijf is.
Een liter water bevat $3{,}45 \cdot 10^{25}$ watermoleculen. Een klein percentage van de oorspronkelijk aanwezige watermoleculen in één liter water wordt in dat ene jaar geraakt.

4p b. Bepaal dat percentage.

lees verder op de volgende bladzijde

Copyright © 2022 CCVX

N-16 is instabiel en vervalt onder uitzending van β^-- en γ-straling. Het uitgezonden gammafoton heeft een zeer hoge energie, namelijk 6,1 MeV. Er bestaan speciale detectoren die alleen deze hoog-energetische gammafotonen meten. Daarmee kan dus de aanwezigheid van N-16 vastgesteld worden.
We bespreken twee toepassingen van N-16.

Een **eerste toepassing** is het meten van de stroomsnelheid van het koelwater in het primaire circuit. Zie nogmaals figuur 1.
Op twee plekken langs de pijp waar het water doorheen stroomt wordt een detector geplaatst. De detectoren meten op identieke wijze hoog-energetische gammafotonen.

In figuur 3 staat het meetresultaat van beide detectoren.
De afstand tussen de detectoren is 15 m.

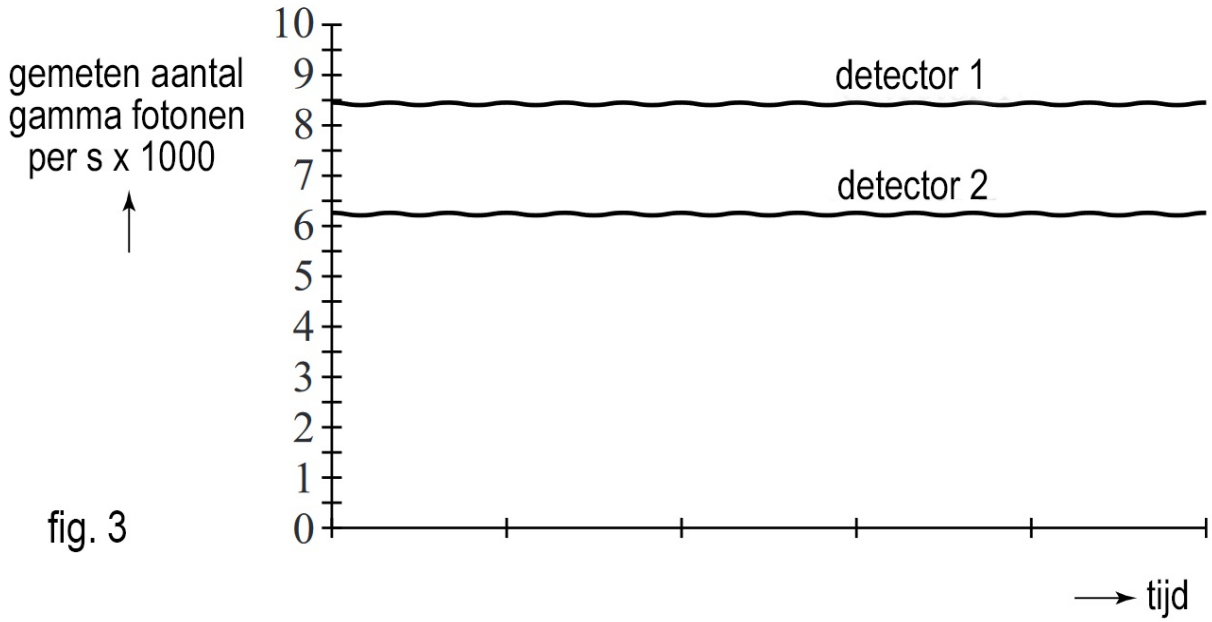


fig. 3

4p c. Bepaal de stroomsnelheid van het water in de pijp.

Een **tweede toepassing** is lekdetectie.
In figuur 1 is met de letter X een plek aangegeven vlak bij het secundaire koelcircuit buiten het reactorgebouw. Hier staat een detector. Bij normaal functioneren meet deze detector geen hoog-energetische gammafotonen.
Als detector X toch hoog-energetische gammafotonen registreert, is meteen duidelijk dat er ergens een lek is.

2p d. Leg uit waar het lek zich dan bevindt en geef dit aan in de figuur op het antwoordblad.

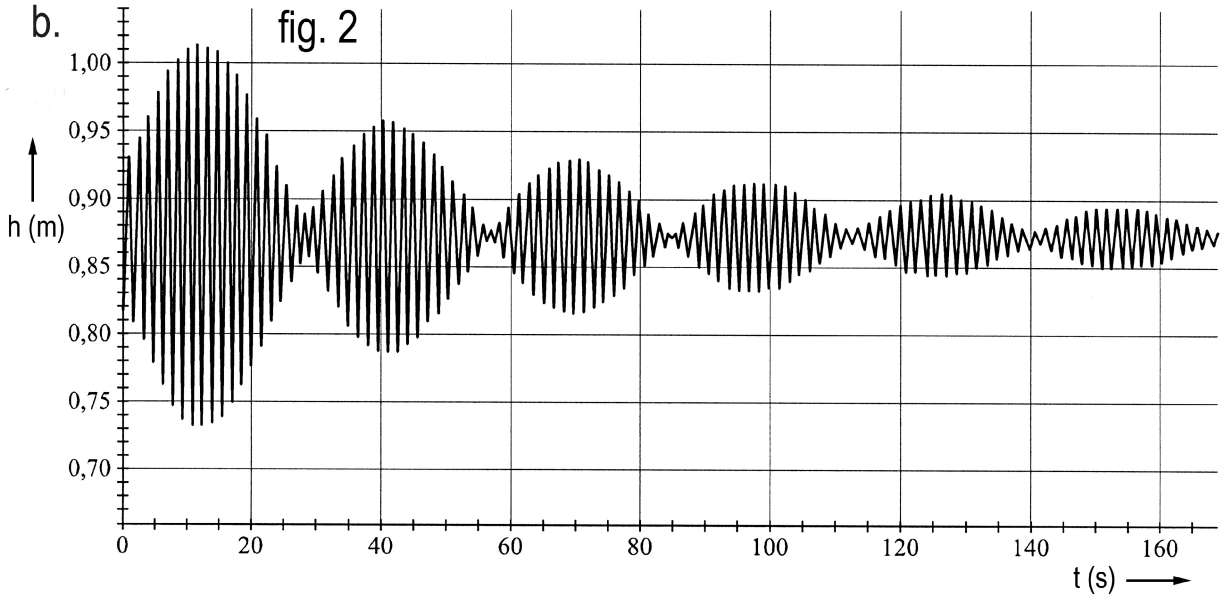
EINDE

Copyright © 2022 CCVX

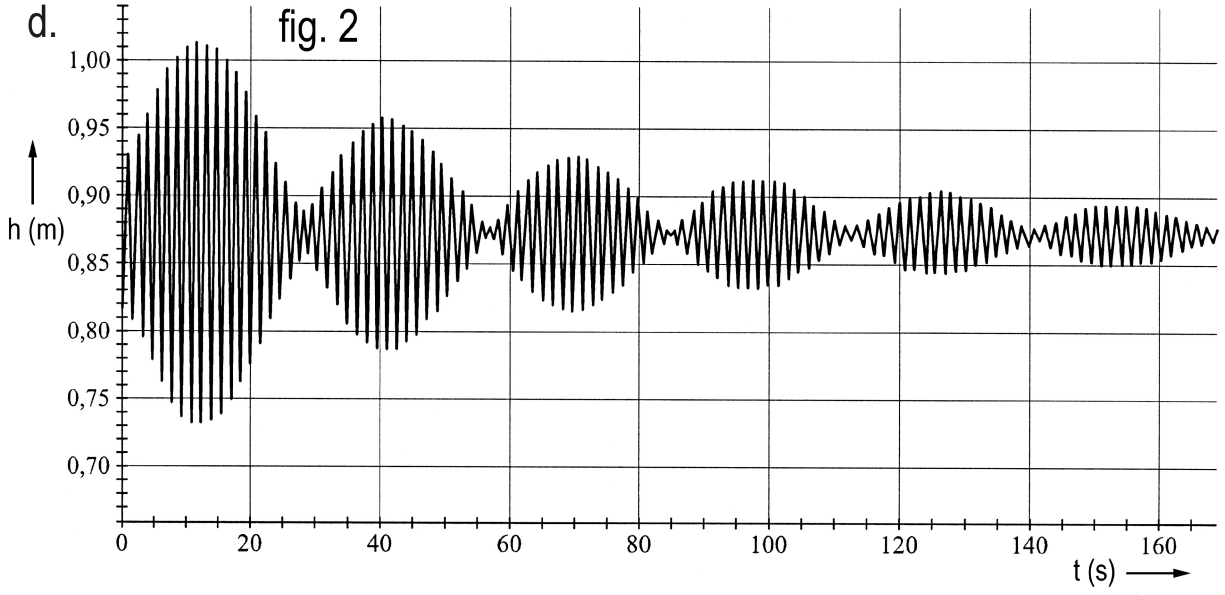
ANTWOORDBLAD BIJ OPGAVE 2

Naam: .....

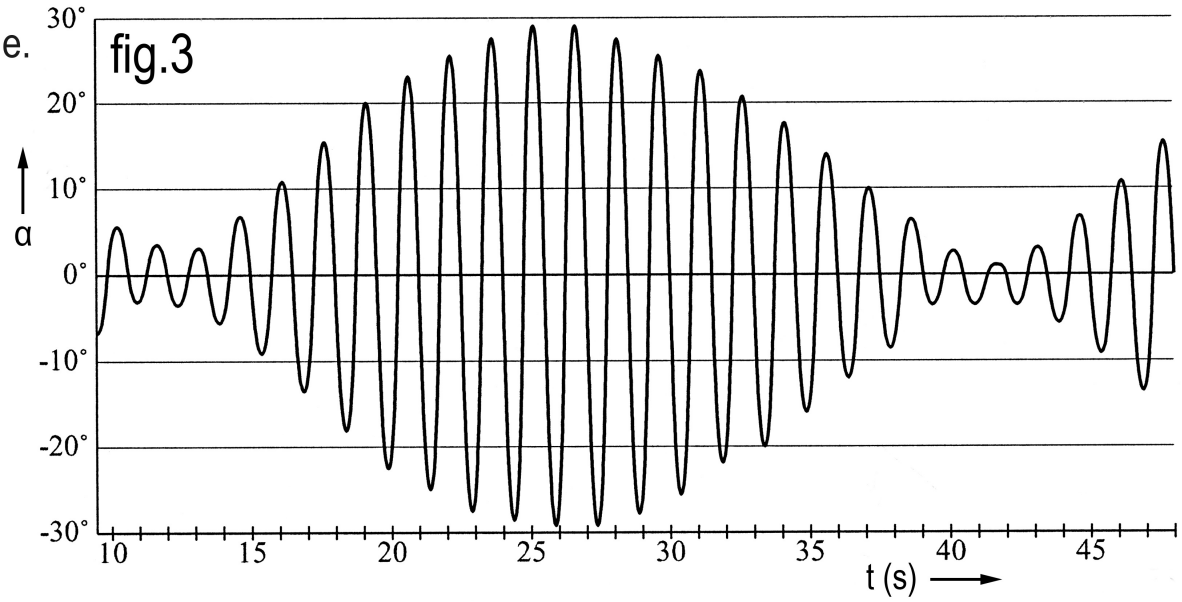
b. fig. 2



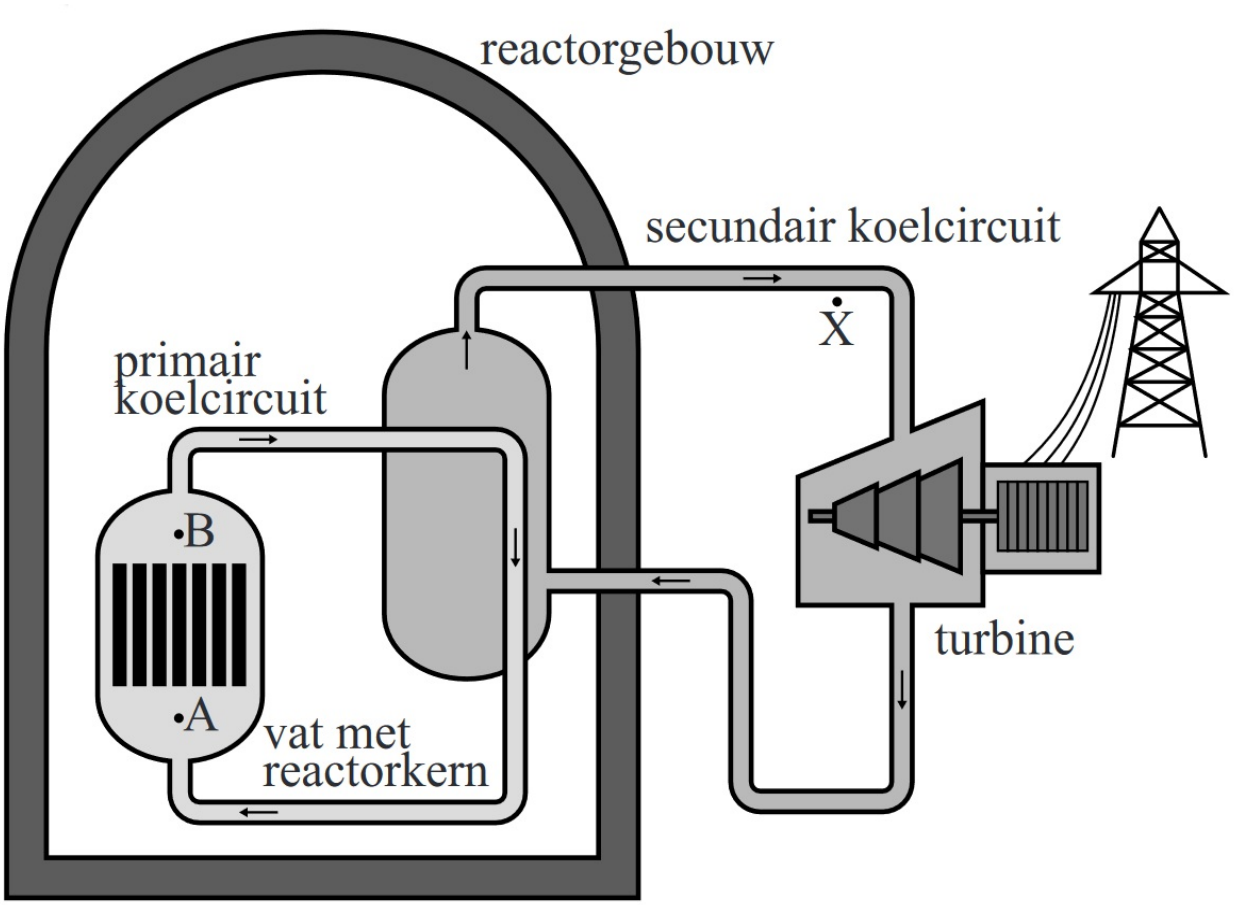
d. fig. 2



e. fig.3



ANTWOORDBLAD BIJ OPGAVE 5



ruimte voor uitleg: