CENTRALE COMMISSIE VOORTENTAMEN NATUURKUNDE

TENTAMEN NATUURKUNDE

datum	: dinsdag 20 juli 2021
tijd	: 15.15 tot 17.35 uur
aantal opgaven	: 5
aantal antwoordbladen	: 1 (bij opgave 2)

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	: 9 punten
opgave 2	: 5 punten
opgave 3	: 9 punten
opgave 4	: 13 punten
opgave 5	: 22 punten

Het cijfer = aantal behaalde punten / 58 * 9 + 1

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

OPGAVE 1 - warmte

Een sauna is een ruimte waarin de lucht heet gemaakt wordt. Veel mensen maken gebruik van zo'n 'heteluchtbad'.

Een bepaalde sauna wordt op een temperatuur van 90 ºC gehouden. Omdat de hete lucht droog is en de mensen in de sauna flink zweten, kunnen zij deze hoge temperatuur verdragen.

3p a. Leg uit dat zweten in deze situatie ervoor zorgt dat de huid niet te warm wordt.

De sauna heeft een inhoud van 42 m^3.
De luchtdruk in de sauna is $1{,}00 \cdot 10^5$ Pa.
De druk van de waterdamp bedraagt 3,5% hiervan.
Eén mol water heeft een massa van 18 gram.

3p b. Bereken de massa van de waterdamp in de sauna.

Het verwarmingselement heeft een nuttig vermogen van 35 kW.
Het verwarmingselement verwarmt behalve de lucht ook de wanden, de banken en andere voorwerpen in de sauna.
Als er nog geen warmteverlies naar buiten is, zorgt het element ervoor dat de temperatuur van het geheel per seconde 0,18 °C stijgt.
Om de lucht (met de waterdamp) 1,0 ºC in temperatuur te laten stijgen is 58 kJ energie nodig.

3p c. Bereken de warmtecapaciteit van de wanden, de banken en andere voorwerpen in de sauna.

Copyright © 2021 CCVX

OPGAVE 2 - halo

fig. 1

Soms is om de maan een kring zichtbaar, zoals op de foto van figuur 1 te zien is.

Deze kring ontstaat als het licht van de maan gebroken wordt door ijs-kristalletjes, die zich op grote hoogte in de aardatmosfeer bevinden.
Dit is schematisch weergegeven in figuur 2. Deze figuur is niet op schaal.

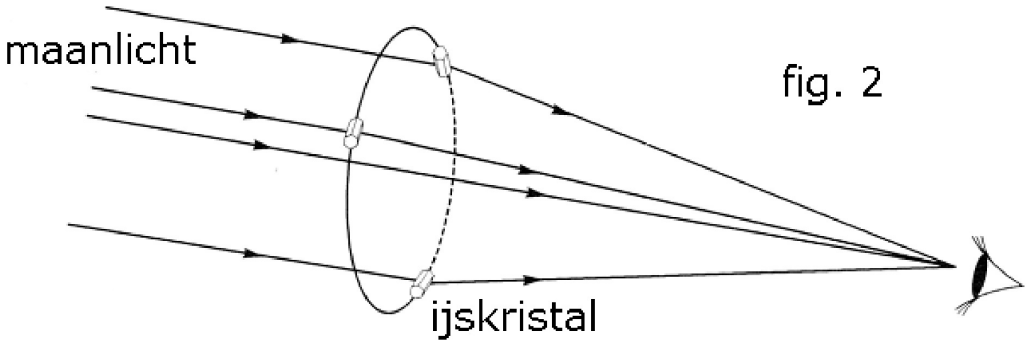


fig. 2

In figuur 3 is zo'n ijskristal in dwarsdoorsnede getekend.
Deze figuur staat ook vergroot op het antwoordblad.

De lichtstraal RS loopt in het ijskristal evenwijdig aan PQ, en breekt in S zoals in figuur 3 is getekend.

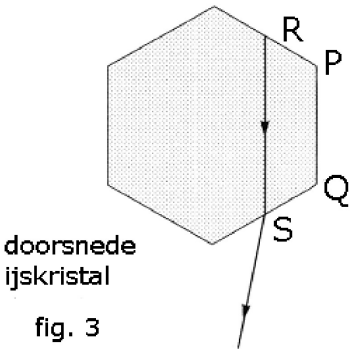


fig. 3

2p a. Construeer op het antwoordblad de invallende lichtstraal die hoort bij straal RS.

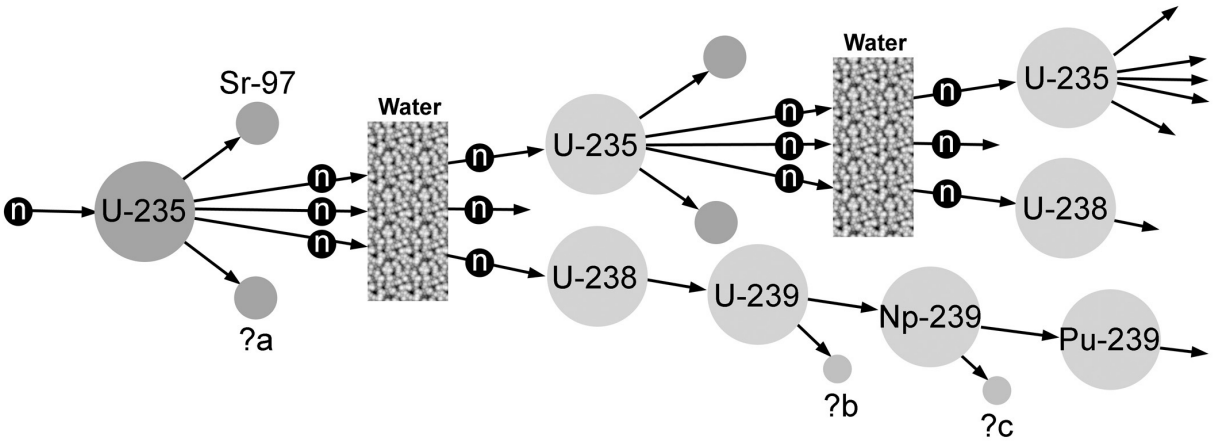
3p b. Bepaal met behulp van de figuur op het antwoordblad de brekingsindex van het ijs.

Copyright © 2021 CCVX

OPGAVE 3 - kerncentrale

In een kerncentrale wordt met behulp van U-235 energie opgewekt. De brandstofstaven die het U-235 bevatten, bevinden zich in een bad met water. Dat water remt de neutronen die bij de kernreactie ontstaan af en koelt tevens de brandstofstaven.

In de figuur is schematisch het proces van kernsplijting weergegeven dat zich in een kerncentrale afspeelt. Daarin zijn de neutronen met kleine zwartebolletjes weergegeven. In het schema staan op drie plaatsen vraagtekens.



3p a. Geef de naam van de kern met zijn massagetal of de naam van het betreffende deeltje. Formuleer het antwoord als volgt::

?a = ...
?b = ...
?c = ...

Per splijting van een uranium-235-kern komt gemiddeld een hoeveelheid energie vrij van 190 MeV. Deze energie wordt met een rendement van 37% omgezet in elektrische energie.
In één jaar vinden $7{,}14 \cdot 10^{27}$ splijtingen in de kerncentrale plaats.

3p b. Bereken het gemiddeld elektrisch vermogen in gigawatt dat de kerncentrale levert in dat jaar.

De nieuwe neutronen die bij splijting ontstaan, worden eerst door het water afgeremd voordat ze een volgende splijting veroorzaken.

In het schema van de figuur lijkt het dat in het water geen neutronen verdwijnen. Maar in werkelijkheid gebeurt dat wel, maar in geringe mate. Er kunnen namelijk verschillende reacties optreden waarbij een neutron wordt geabsorbeerd: het kan een reactie zijn met het water zelf of een reactie met één van de stoffen die aan het water zijn toegevoegd. Door boorzuur toe te voegen aan het water kan een neutron worden ingevangen door een kern van boor-10. De volgende reactie treedt op:

$$ {}^{10}_{5}\mathrm{B} + {}^{1}_{0}\mathrm{n} \rightarrow {}^{3}_{1}\mathrm{H} + 2\,{}^{4}_{2}\mathrm{He} $$

Copyright © 2021 CCVX

Ongeveer 1 op de 10^6 van de neutronen die vrijkomen bij de $7{,}14 \cdot 10^{27}$ splijtingen in één jaar, worden geabsorbeerd volgens bovenstaande reactie, waarbij tritium (${}^{3}_{1}H$) ontstaat.

Stel dat de kerncentrale na het opstarten één jaar continu draait.
Hieronder staan vier ordes van grootte van de activiteit na dat jaar.

A 10^{23} Bq
B 10^{18} Bq
C 10^{13} Bq
D 10^{8} Bq

3p c. In welke orde van grootte ligt de activiteit? Motiveer je keuze met een berekening. Kijk daarbij ook goed naar de figuur.

Copyright © 2021 CCVX

OPGAVE 4 - koeling

Vloeibaar natrium wordt bij sommige kerncentrales gebruikt als koelvloeistof. Deze vloeistof wordt rondgepompt met behulp van een speciale pomp. De pompwerking van de pomp berust op de lorentzkracht.
In figuur 1 is de pomp schematisch weergegeven.

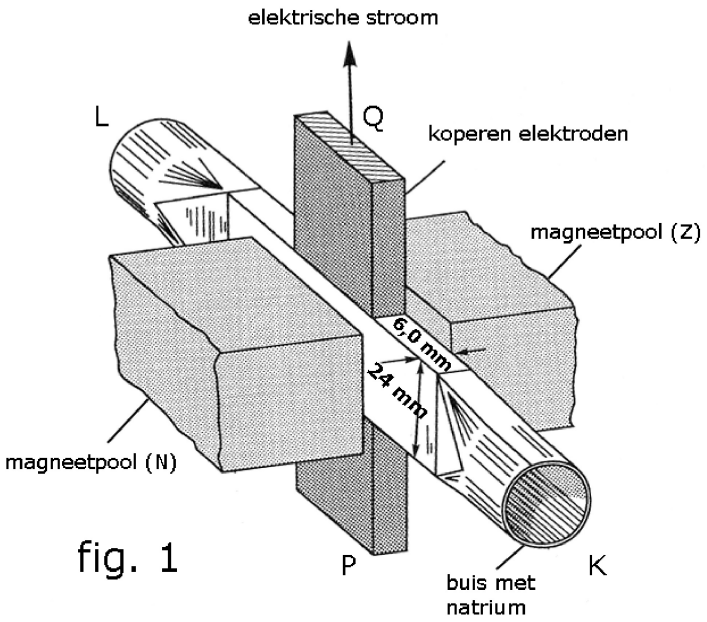


fig. 1

In de buis bevindt zich vloeibaar natrium.
De binnendoorsnede van de buis tussen de magneetpolen is 24 mm hoog en 6,0 mm breed.
De twee magneetpolen veroorzaken een horizontaal gericht homogeen magnetisch veld met een sterkte van 0,69 T.
Door de koperen elektroden (P en Q) kan een elektrische stroom worden toegevoerd, die verticaal van onder (P) naar boven (Q) loopt.

Op een zeker moment wordt de elektrische stroom aangezet. De stroomsterkte door het vloeibare natrium bedraagt 80 A. Het magnetisch veld en de elektrische stroomrichting staan loodrecht op elkaar, waardoor een lorentzkracht ontstaat die het natrium laat stromen.

3p a. Teken in een eenvoudige schets de richtingen van de drie betrokken grootheden en beredeneer in welke richting het natrium stroomt, van K naar L of van L naar K.

3p b. Bereken de grootte van de lorentzkracht.

Als er geen vloeibaar natrium in de buis zit, gaat de elektrische stroom door de linkerzijde en de rechterzijde van de metalen buis. Dit is schematisch weergegeven in figuur 2.

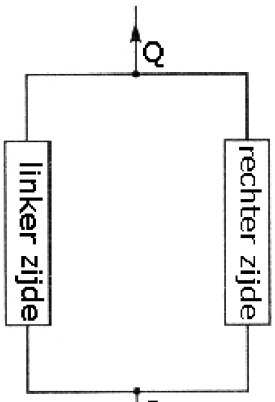


fig. 2

Als er wél natrium in de buis zit, gaat de elektrische stroom óók door het natrium. Zie figuur 3.
In figuur 3 bedraagt de totale elektrische weerstand tussen P en Q 92,5 μΩ. De elektrische weerstand van uitsluitend het vloeibaar natrium bedraagt 120 μΩ.

3p c. Bereken de elektrische weerstand van de lege buis tussen P en Q. Zoals in figuur 2 is weergegeven.

4p d. Bereken hoeveel procent van de elektrische stroom door het vloeibare natrium loopt, als de pomp in werking is.

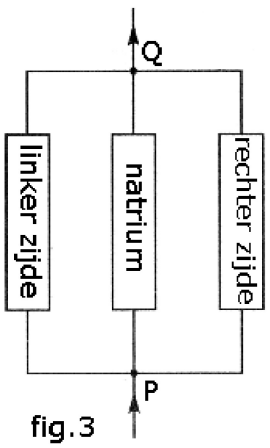


fig.3

Copyright © 2021 CCVX

OPGAVE 5 - injectiespuit

Rob is fysicus. Als hij zijn AstraZenica vaccinatie krijgt valt hem op hoe dun het naaldje van de injectiespuit is. Van de dokter krijgt hij een spuitje met naald. Thuis vult hij de spuit met een volume V = 1,0 mL water, dit komt overeen met de dosis vaccin die hij kreeg toegediend. Daarna meet hij de afmetingen van de spuit en naald.

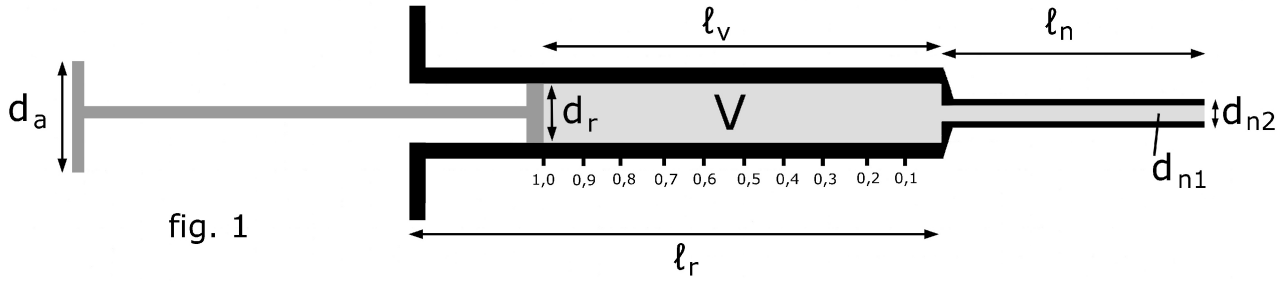


fig. 1

De resultaten staan in figuur 1. Figuur 1 is **niet** op schaal. In de werkelijkheid mag het volume van de naald worden verwaarloosd ten opzichte van het volume V van het reservoir.

- d_a de diameter van het oppervlak waarop de dokter drukt : 9,0 mm
- d_r de inwendige diameter van het reservoir : 4,7 mm
- d_{n1} de inwendige diameter van de naald : kon Rob niet meten
- d_{n2} de uitwendige diameter van de naald : 0,65 mm
- ℓ_r de lengte van het reservoir : 7,5 cm
- ℓ_n de lengte van de naald = 3,0 cm
- ℓ_v de lengte van de schaalverdeling, dit is tevens de lengte van de kolom water in de spuit.

In de in figuur 1 getekende situatie bevat het reservoir V 1,0 mL water.
Het volume water in de naald mag worden verwaarloosd.

3p a. Bereken de lengte van de schaalverdeling ℓ_v in cm.

Rob legt het spuitje met naald horizontaal op een houten blokje op een tafel zoals aangegeven in figuur 2. In deze positie spuit hij het spuitje gelijkmatig in 7,0 seconden leeg. Het water komt op een afstand van 22 cm van het blokje hout neer op de tafel op de in figuur 2 schematisch aangegeven wijze.

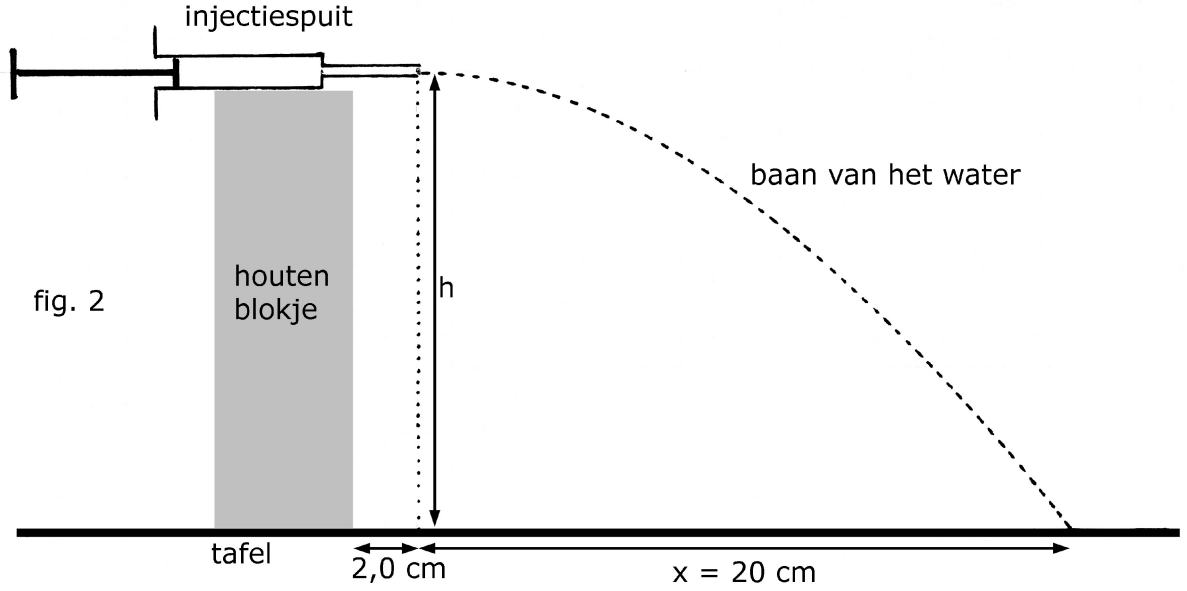


fig. 2

Copyright © 2021 CCVX

Het blijkt dat water dat op $t = t_0$ de opening van de naald verlaat 0,17 seconde later op de tafel valt. Tijdens de val blijft de snelheid in horizontale richting constant. In verticale richting voert het water tegelijkertijd een valbeweging uit.

2p b. Bereken de hoogte h waarop de opening van de naald zich boven de tafel bevindt.

2p c. Bereken de snelheid waarmee het water de opening van de naald verlaat. (Als u dit onderdeel niet kan berekenen, reken dan verder met de overigens onjuiste waarde van 2,0 m/s).

De dikte d_{n2} van de holle naald is 0,65 mm. De diameter van inwendige gedeelte van de holle naald d_{n1} is natuurlijk kleiner, maar die kon Rob niet meten. Maar hij kan die nu wel berekenen.

4p d. Bereken de inwendige diameter d_{n1} van de holle naald.

Om de injectiespuit leeg te drukken oefent hij een constante kracht $F_{inj} = 2{,}0$ N uit op de zuiger van het spuitje. Tijdens het leegdrukken van het spuitje ondervindt de zuiger een wrijvingskracht van 1,1 N van de wand.

3p e. Bereken de druk die hierdoor op het water in de spuit ontstaat.

Omdat er een bepaalde druk nodig is om het water door de nauwe naald te persen kan je ook zeggen dat de naald een (visceuze) weerstand heeft. Voor een stroom water door een visceuze weerstand R_{vis} geldt:

(1) $\Delta P = I \cdot R_{vis}$ met ΔP het drukverschil aan beide zijden van R_{vis} in Pa
I de sterkte van de vloeistofstroom im m^3/s
R_{vis} de visceuze weerstand van de naald

(2) $$R_{vis} = \frac{8 \eta \ell}{\pi r^4}$$

hierin is η de viscositeit dit is een maat voor de “stroperigheid van water” in Pa. s
ℓ de lengte van de naald in m
r de diameter van de naald in m

4p f. Bepaal de eenheid van R_{vis} uitgedrukt in de basis SI-eenheden van tabel 3A van Binas.

De bovenstaande formule (1) lijkt erg op de formule $\Delta U = I \cdot R$ voor elektrische stroom door een draad. En net als bij een elektrische weerstand (draad) kan men de viscueze weerstand bereken uit de afmetingen van de weerstand (naald) en een materiaalconstante. Zie formule (2).

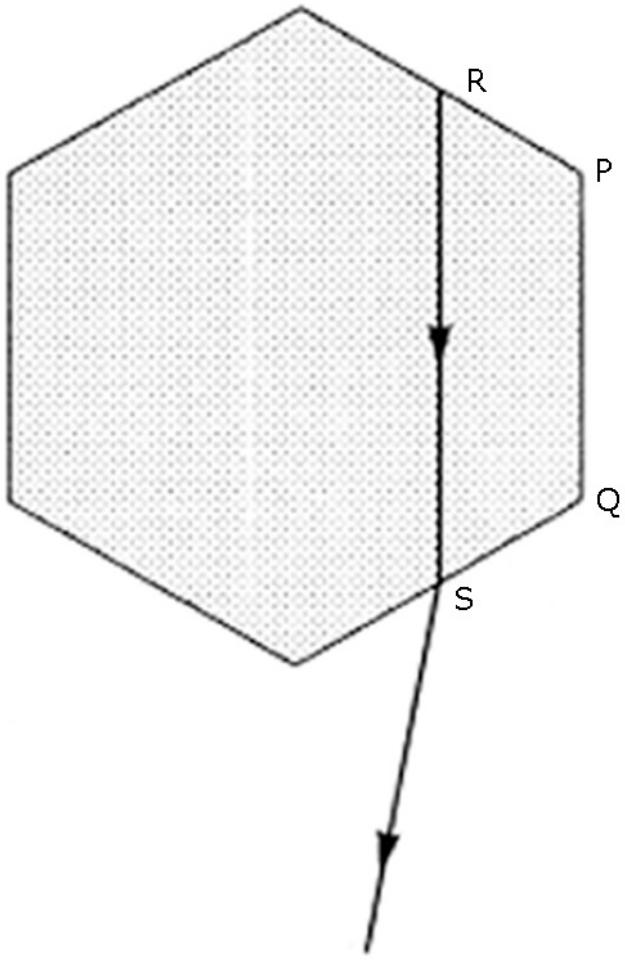
Als je een koperdraad 50% korter maakt, wordt de weerstand twee keer kleiner.
Als je een koperdraad 50% dunner maakt, wordt de weerstand vier keer groter.

2p g1. Leg uit of, als je de lengte van de naald 50% korter maakt, ook de visceuze weerstand twee kleiner wordt.

2p g2. Leg uit of, als je de inwendige diameter van de naald 50% kleiner maakt, ook de visceuze weerstand vier keer groter wordt.

EINDE

Copyright © 2021 CCVX

ANTWOORDBLAD BIJ OPGAVE 2

Naam : .....