CENTRALE COMMISSIE VOORTENTAMEN NATUURKUNDE

TENTAMEN NATUURKUNDE

datum	: vrijdag 18 juli 2025
tijd	: 13.30 tot 16.30 uur
aantal opgaven	: 5
aantal antwoordbladen	: 1 (bij opgave 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	: 15 punten
opgave 2	: 24 punten
opgave 3	: 13 punten
opgave 4	: 12 punten
opgave 5	: 16 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 - aardbeving

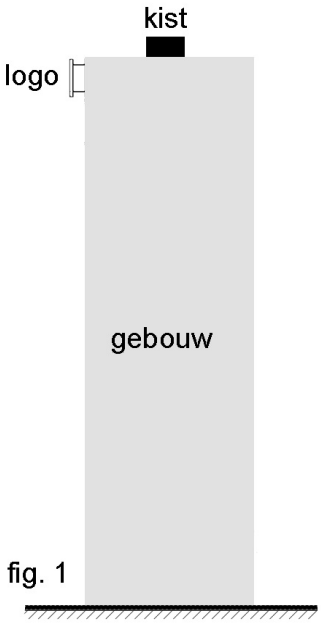


fig. 1

Een bedrijf is gevestigd in een hoog gebouw. Aan de bovenzijde is het logo van dit bedrijf bevestigd zodanig dat dit buiten de flat uitsteekt. Het geheel is schematisch weergegeven in figuur 1.

Tijdens een aardbeving komt de bovenkant van het gebouw in een harmonische trilling. Deze bovenkant beweegt daarbij in horizontale richting (van links naar rechts en omgekeerd).
De trillingstijd T bedraagt 1,4 s en de amplitudo is 0,29 m.

2p a. Bereken de maximale snelheid van de bovenkant van het gebouw tijdens de harmonische trilling.

De bovenkant van het gebouw bevindt zich op een bepaald tijdstip in de uiterste stand links van de evenwichtsstand.
Dit tijdstip wordt t = 0 genoemd.
Deze uitwijking u(t) als functie van de tijd t kan dan worden weergegeven met de formule:

$$u(t) = -0{,}29 \cdot \cos(2 \cdot \pi \cdot \frac{t}{T})$$

De versnelling a(t) kan worden weergeven met: $a(t) = \frac{0{,}29 \cdot 4 \cdot \pi^2}{T^2} \cdot \cos(2 \cdot \pi \cdot \frac{t}{T})$

2p b. Op welke tijdstippen tussen t = 0 en t = 2 s is de kracht die het logo op het gebouw uitoefent maximaal?

Even later, als de bovenkant zich weer in de uiterste stand links van de evenwichtsstand bevindt, breekt het logo los van de bevestigingsstangen.

3p c. Leg uit hoe de vorm van de baan van het logo na het afbreken is.

Er staat een kist op het het dak van het gebouw. Zie figuur 1.
De kist heeft een massa van 40 kg. De maximale waarde van de wrijvingskracht op de kist is 180 N.

3p d. Leg met een berekening uit of de kist tijdens de aardbeving gaat schuiven.

Bij deze aardbeving blijkt dat alleen gebouwen van 5 tot 8 verdiepingen worden verwoest, omdat deze gebouwen in resonantie komen.

Het resonantiegedrag van gebouwen wordt onderzocht met een model met een hoogte van 1,20 m. Zie figuur 2.

De laagste frequentie waarbij het model in resonantie komt, is 375 Hz.
De onderkant van het model krijgt bijna geen uitwijking.

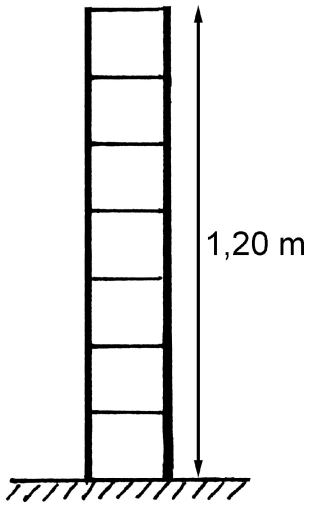


fig. 2

3p e. Bereken de voortplantingssnelheid van de golven in dit model.

2p f. Bereken de op één na grootste golflengte van golven die in staat zijn dit model in resonantie te brengen.

Copyright © 2025 CCVX

OPGAVE 2 - halogeenlampen

Een halogeenlamp wordt aangesloten op een spanningsbron van 24,0 V, de lamp brandt dan met een vermogen van 35,0 W. De temperatuur van de gloeidraad is 3100 K.

3p a. Bereken de golflengte van de straling waarbij deze lamp de meeste straling uitzendt. Geef het antwoord in nm.

4p b. Bereken de (effectieve) oppervlakte van de gloeidraad.
Geef het antwoord in m^2 en ook in mm^2.

3p c. Bereken de stroomsterkte door de lamp.
Geef het antwoord in de juiste significantie.

3p d. Bereken de weerstand van de gloeidraad van deze lamp tijdens het branden. Geef het antwoord in twee significante cijfers.

De lamp is opgehangen zoals in figuur 1.

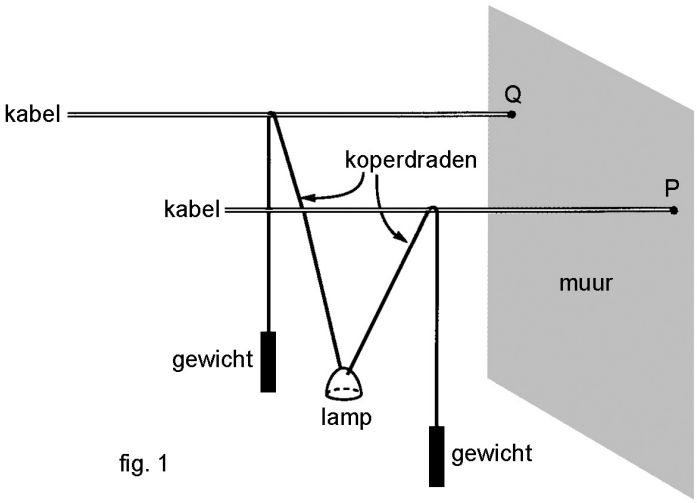


fig. 1

Twee metalen kabels zijn evenwijdig aan elkaar van muur tot muur gespannen. De kabels hebben een doorsnede met een oppervlakte van 2,5 mm^2. Tussen de kabels is bij P en Q een spanning van 24,0 V aangelegd.

Over elke kabel wordt een soepele koperdraad gelegd. De koperdraden maken goed elektrisch contact met de kabels en dienen voor de stroomvoorziening van de lamp. De koperdraden zorgen eveneens voor de ophanging van de lamp. Om de lamp in evenwicht te houden zijn twee gewichten bevestigd aan de vrije uiteinden van de koperdraden. Op deze manier zijn twee <u>verschillende</u> lampen L_1, en L_2 opgehangen. L_1 hangt op 3,50 m van de muur, L_2 hangt wat verder weg.
In figuur 2 is de elektrische schakeling schematisch weergegeven.

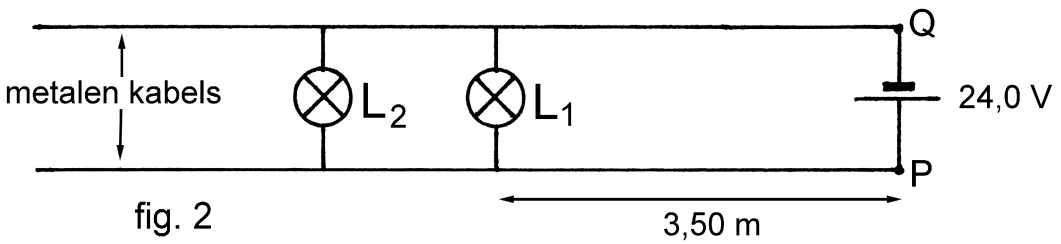


fig. 2

De weerstand van 1,00 m metalen kabel is $2{,}4 \cdot 10^{-2}$ Ω.

3p e. Bereken de soortelijke weerstand van het metaal van de kabel.

Copyright © 2025 CCVX

Door L_1 gaat een stroom van 1,4 A en door L_2 een stroom van 1,6 A. Verwaarloos de weerstand van de koperdraden.

4p f. Bereken de spanning die in deze situatie over L_1 staat.

In figuur 3 is de ophanging van lamp L_1 opnieuw getekend. De hangt hangt zo in rust boven een tafel. De hoek α tussen de twee koperdraden boven de lamp is 72°.

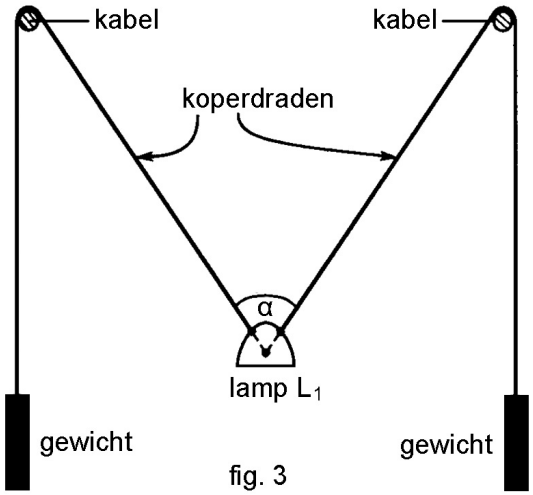


fig. 3

De massa van lamp L_1 is 160 g. De massa van de koperdraden wordt verwaarloosd.

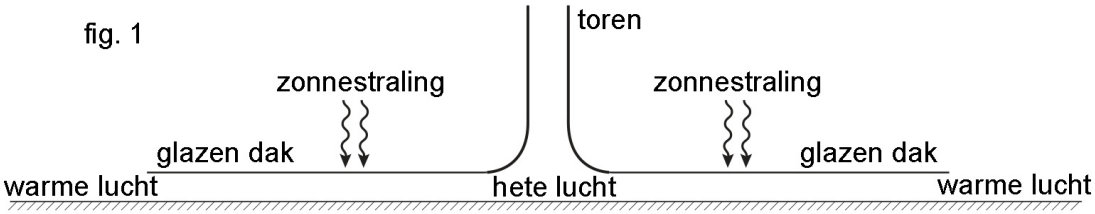
4p g. Bereken de spankracht in een stuk koperdraad tussen L_1 en een kabel.

Copyright © 2025 CCVX

OPGAVE 3 - SUT

De **S**olar **U**pdraft **T**ower (SUT) is een experimentele energiecentrale waarbij zonne-energie wordt omgezet in elektriciteit. De centrale bestaat uit een hoge holle toren (zoals een schoorsteen) met een diameter van 91 m. De toren staat in het midden van een cirkelvormig glazen dak met een diameter van 3,5 km dat zich enkele meters boven de grond bevindt.
De zon verhit de lucht onder het dak waardoor de lucht gaat stromen en de toren in gaat. In de toren wordt de bewegingsenergie van stromende lucht met behulp van turbines omgezet in elektrische energie.
Het geheel is in zijaanzicht schematisch weergegeven in figuur 1.

fig. 1



De centrale heeft een vermogen van 110 MW en een jaarlijkse energieproductie van 335 GWh.

2p a. Bereken hoeveel uur de centrale gemiddeld per dag in werking zal zijn.

Er geldt het volgende:
- onder het glazen dak zit $1{,}95 \cdot 10^7$ kg lucht;
- De intensiteit van de zonnestraling die op de plaat valt is 1,28 kW/m^2;
- 79% van deze straling komt ten goede aan het opwarmen van de lucht.

4p b. Bereken de temperatuurstijging per minuut van de lucht onder het glazen dak als deze stil zou staan en geen warmte afstaat aan de omgeving. Het ontbreken van glas op de plaats van de toren mag buiten beschouwing worden gelaten.

Figuur 1 staat ook op het antwoordblad.

3p c. Geef op het antwoordblad met pijlen aan hoe de lucht in en om de centrale gaat stromen en geef hierbij een uitleg.

Volgens berekeningen zal de lucht met snelheden tot 56 m/s door de toren stromen.
We beschouwen een buis met een diameter van 91 m waar lucht door stroomt met een snelheid van 56 m/s.
In 1,0 s stroomt een volume ΔV door een doorsnede A van de buis. Zie figuur 2.
De lucht heeft een temperatuur van 77 °C en een druk van $1{,}02 \cdot 10^5$ Pa.
De massa van 1,0 mol lucht is 29 g.

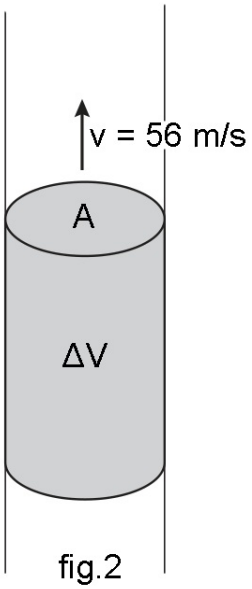


fig.2

4p d. Bereken de kinetische energie van de lucht die per seconde door de buis gaat.

OPGAVE 4 - actiniden

Copyright © 2025 CCVX

Bij het splijten van uraniumkernen ontstaan onder andere isotopen met een hoog atoomnummer, de zogenaamde actiniden. Juist hun aanwezigheid maakt een eeuwenlange opslag van het afval noodzakelijk. De meeste actiniden hebben namelijk een zeer grote halveringstijd en vervallen uiteindelijk, via vele vervalstappen, tot een stabiel eindproduct.
Men doet onderzoek naar een methode om deze stoffen snel kwijt te raken.

Een voorbeeld van zo'n actinide is americium-241 dat in een aantal stappen vervalt tot het stabiele bismuth-209. Bij elke stap wordt of een α-deeltje of een β-deeltje uitgezonden.

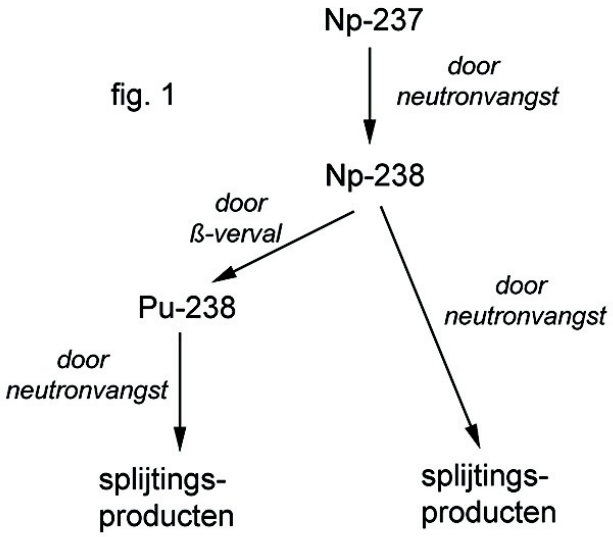
3p a. Leg uit hoeveel α-deeltjes worden uitgezonden gedurende het vervalproces van een americium-241 kern naar een bismuth-209 kern.

Men onderzoekt de mogelijkheid om de langlevende actiniden om te zetten in stoffen die snel vervallen tot stabiele eindproducten. Daartoe bestraalt men de actiniden met neutronen. Sommige actiniden worden dan gespleten, bijvoorbeeld plutonium-238. Als een plutoinium-238-kern een neutron invangt, ontstaan twee nieuwe kernen. Daarbij komen drie neutronen vrij. Een van de nieuwe kernen is barium-144.

3p b. Geef de reactievergelijking van deze splijting. (N.B. De isotopen in deze reactie staan niet in tabel 25 van Binas.)

Er zijn ook actiniden die zelf niet splijtbaar zijn. Ook zij worden met neutronen bestraald. In een of meer tussenstappen veranderen ze in een isotoop die wel splijtbaar is. In het schema van figuur 1 is neptunium-237 als voorbeeld genomen.

fig. 1



Neptunium-237 wordt door bestraling met neutronen volledig omgezet in neptunium-238. Neptunium-238 is wel splijtbaar; een deel wordt door de neutronenbestraling omgezet in splijtingsproducten. De rest van het neptunium-238 vangt geen neutron in maar gaat door β-verval over in plutonium-238. Het feit dat neptunium-237 wel volledig en neptunium-238 niet volledig door neutronenbestraling wordt omgezet, heeft te maken met de halveringstijd van beide isotopen.

3p c. Is de halveringstijd van neptunium-237 kleiner of groter dan de halveringstijd van neptunium-238? Licht je antwoord toe.

Copyright © 2025 CCVX

Bij de proefnemingen verpakt men de actiniden in metalen doosjes van een materiaal dat gemakkelijk neutronen doorlaat. Men heeft ontdekt dat zich aan de binnenkant van het doosje, vlak onder het oppervlak, blaren vormen. Zie figuur 2.
De blaren blijken gevuld te zijn met heliumgas.

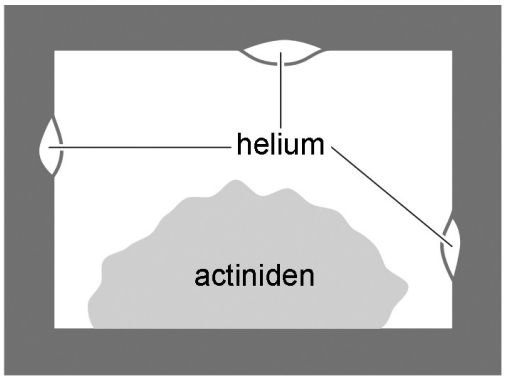


fig. 2

2p d1. Leg uit hoe het helium in zo'n blaar komt.

1p d2. Leg uit waarom de blaren alleen aan het binnenoppervlak van het doosje ontstaan.

Copyright © 2025 CCVX

OPGAVE 5 - spectrum van lange moleculen

In bepaalde organische kleurstoffen kunnen sommige elektronen over een groot deel van de lengte van het molecuul vrij bewegen. De energieniveaus van dergelijke stoffen kunnen met enig succes voorspeld worden met behulp van het model van een quantumdeeltje in een <u>één</u>dimensionale doos. Dit lijkt misschien eigenaardig, omdat de beweging van de elektronen in feite natuurlijk is beperkt tot een weliswaar lange, maar toch zeker <u>drie</u>dimensionale ruimte. Daarom onderzoeken we waarom het eendimensionale model toch goed voldoet.

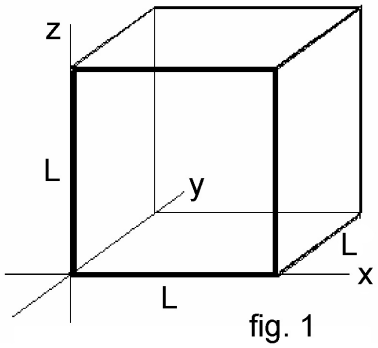


fig. 1

We starten met een quantumdeeltje dat wordt opgesloten in een driedimensionale kubus met ribben L, zie figuur 1.
Rekening houdend met drie dimensies kan de kinetische energie van een deeltje geschreven worden als:

$$E = \frac{(n_x^2 + n_y^2 + n_z^2)\,h^2}{8mL^2}$$

4p a. Herleid de factor $h^2/8mL^2$ tot de basis SI-eenheden uit tabel 3 van Binas en toon aan dat deze factor de eenheid (dimensie) van energie heeft.

Voor het gemak wordt verder aangenomen dat de factor $h^2/8mL^2$ een waarde heeft van 1,00 eV. De energieniveaus kunnen nu gevonden worden door verschillende waarden voor n_x, n_y en n_z in te vullen.

In figuur 2 zijn de vijf laagste (verschillende) energieniveaus voor dit systeem getekend.

3p b. Laat zien met welke waarden van n_x, n_y en n_z de in figuur 2 getekende energieën overeenkomen.

3p c. Bereken de golflengte van de uitgezonden straling als een elektron van de toestand (n_x , n_y , n_z) = (1 , 2 , 4) overgaat in de toestand (1 , 2 , 3).

3p d. Leg uit ***hoe* het spectrum** dat hoort bij dit deeltje in een driedimensionale kubus verschilt van het spectrum van een deeltje in een eendimensionale doos.

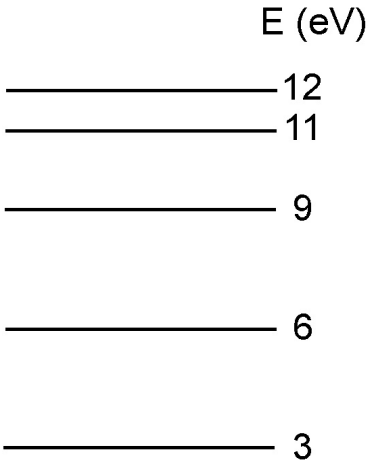


fig. 2

lees verder op de volgende bladzijde

Copyright © 2025 CCVX

Een lange doos heeft energieniveaus die duidelijk verschillen van die van een kubus.
De doos die nu beschouwd wordt heeft in de x-richting nog steeds dezelfde lengte L, maar in de y- en de z-richting een lengte van 0,100 L, zie figuur 3.

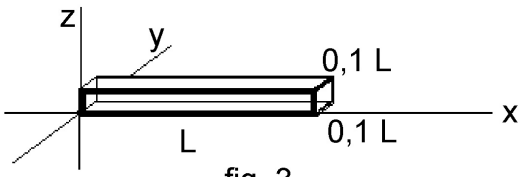


fig. 3

De energie van een deeltje in deze doos wordt nu gegeven door:

$$E = \frac{(n_x^2 + 100\,n_y^2 + 100\,n_z^2)\,h^2}{8\,m\,L^2}$$

3p e. Bereken voor dit systeem de energieën van de vijf laagste (verschillende) energieniveaus.

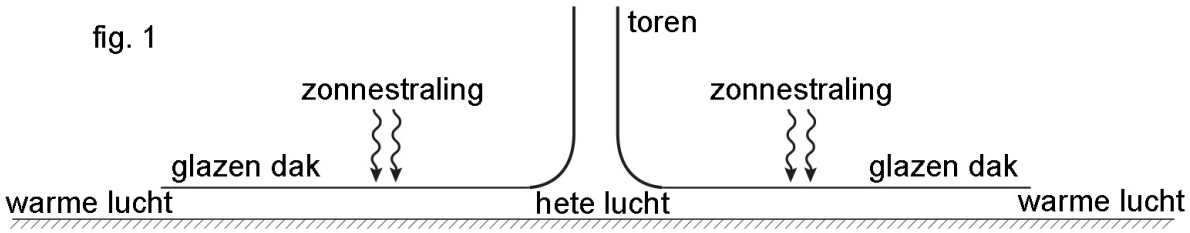
EINDE

Copyright © 2025 CCVX

ANTWOORDBLAD BIJ OPGAVE 3

Naam : .....

fig. 1



ruimte voor uitleg: