CENTRALE COMMISSIE VOORTENTAMEN NATUURKUNDE

TENTAMEN NATUURKUNDE

datum	: maandag 24 april 2023
tijd	: 13.30 tot 16.30 uur
aantal opgaven	: 5
aantal antwoordbladen	: 2 (bij opgave 1 en 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:

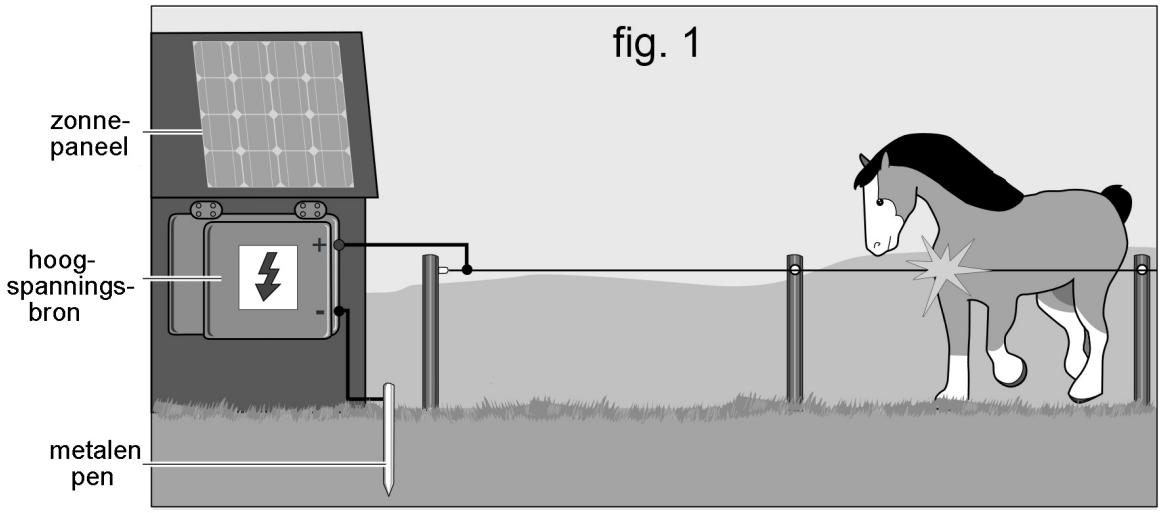
opgave 1	: 16 punten
opgave 2	: 17 punten
opgave 3	: 10 punten
opgave 4	: 20 punten
opgave 5	: 15 punten

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

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

OPGAVE 1 - manege

Om een weiland bij een manege staat een hek met schrikdraad.
In figuur 1 staat een schematische tekening van een installatie met schrikdraad.



De hoogspanningsbron zet de schrikdraad met korte pulsen onder spanning.
Als een paard de schrikdraad aanraakt, krijgt het een elektrische schok en schrikt.

2p a. Noem de onderdelen van de stroomkring die ontstaat als een paard de schrikdraad aanraakt.

In de hoogspanningsbron zit een accu die opgeladen wordt door een zonnepaneel. (De hoogspanningsbron bevat ook een elektronische schakeling die de spanning van de accu omvormt naar hoogspanning.)
Op een zonnige dag heeft het zonlicht een intensiteit van 0,97 kW/m^2.
Het zonnepaneel heeft een oppervlakte van 0,75 m^2 en een rendement van 18%.
Op de accu staat: 18 V, 35 Ah. Dit houdt in dat de volledig opgeladen accu bij een spanning van 18 V gedurende 1,0 uur een stroom van 35 A kan leveren, of gedurende 5,0 uur een stroom van 7 A, enzovoorts.

3p b. Bereken in hoeveel tijd een lege accu door het zonnepaneel volledig opgeladen kan worden.

De schrikdraad heeft een cirkelvormige doorsnede en is gemaakt van roestvrij staal.
De lengte is 350 m en een diameter is 2,8 mm.

3p c. Bereken de weerstand van deze draad.

Copyright © 2023 CCVX

Een installatie met schrikdraad moet voldoen aan vier eisen:

1 De onbelaste uitgangsspanning mag niet hoger zijn dan 10 kV.
2 De duur van één puls mag niet langer zijn dan 10 ms.
3 De maximale stroomsterkte mag niet meer zijn dan 15 A bij een belastingsweerstand van 100 Ω en van 500 Ω .
4 De energie in één puls mag niet meer bedragen dan 6 J.

Een fabrikant wil een nieuwe installatie met schrikdraad op de markt brengen.
De spanningspulsen bij verschillende belastingsweerstanden van die installatie zijn te zien in figuur 2.
Met die gegevens is de (P,t)-grafiek gemaakt die weergegeven is in figuur 3.
De (P,t)-grafiek van figuur 3 geldt dus zowel voor de belastingsweerstand van 100 Ω als voor de belastingsweerstand van 500 Ω.
De figuren 2 en 3 staan vergroot op het antwoordblad.

fig. 2

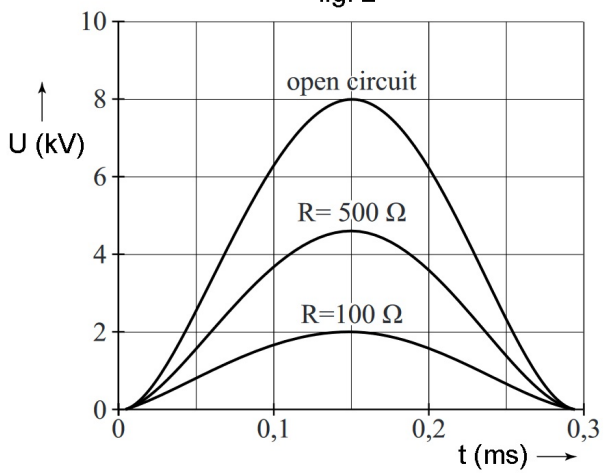
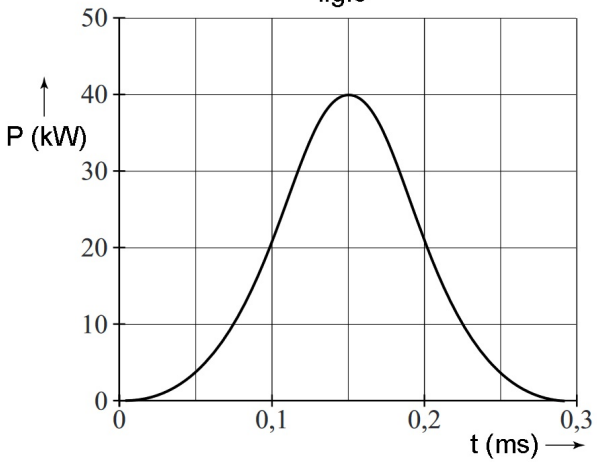


fig.3



3p d. Toon aan met behulp van de figuren op het antwoordblad dat de maximale waarde van de (P,t)-grafiek van figuur 3 zowel juist is voor de belastingsweerstand van 100 Ω als **ook** voor de belastingsweerstand van 500 Ω.

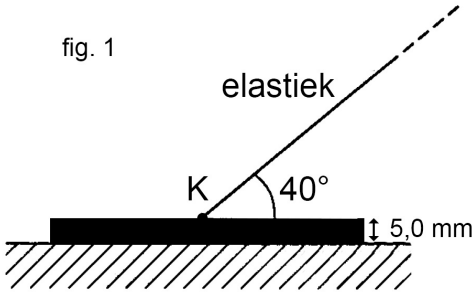
5p e. Leg voor ieder van de hierboven genoemde vier eisen uit of deze nieuwe installatie aan die eis voldoet. Maak daarbij gebruik van de figuren op het antwoordblad.

Copyright © 2023 CCVX

OPGAVE 2 - bal aan elastiek

Marja slaat een tennisbal vanaf een hoogte van 2,10 m horizontaal weg. De bal verlaat het racket met een snelheid van 19 $m \cdot s^{-1}$. De bal doorloopt vervolgens een baan in een verticaal vlak. De tennisbal heeft een massa van 56 g.

fig. 1



3p a. Bereken de snelheid waarmee de bal op de grond zou komen als er geen luchtwrijving zou zijn.

Marja wil thuis oefenen ook als er niemand is om de bal terug te slaan.
Ze maakt de tennisbal vast aan een elastiek. Het andere einde van het elastiek is bevestigd in een punt K van een zwaar blok van lood. Het blok heeft de vorm van een grote ronde munt met een hoogte van 5,0 mm. Het heeft een massa van 4,5 kg.
Het geheel is schematisch weergegeven in figuur 1.

3p b. Leg met een berekening uit dat de dikte van het blok klein is in vergelijking met zijn diameter.

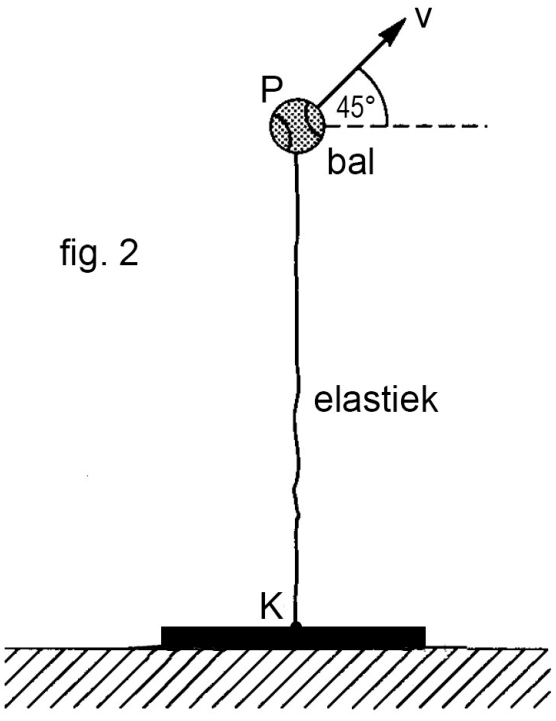
Het elastiek zorgt ervoor dat de bal na een slag weer naar Marja terugvliegt.
Als het elastiek niet is uitgerekt, heeft het een lengte van 4,6 m. Bij dit elastiek is de veerkracht recht evenredig met de uitrekking. De veerconstante is 0,85 $N \cdot m^{-1}$.
De massa van het elastiek wordt verwaarloosd.
Het blok moet steeds op zijn plaats blijven. Bij een bepaalde slag is de maximale uitrekking van het elastiek 9,9 m.
Het elastiek maakt dan een hoek van 40° met het horizontale vlak. Zie opnieuw figuur 1.

4p c. Bereken de minimale wijvingskracht tussen het blok en de vloer zodat het blok niet gaat schuiven.

In het vervolg van deze opgave verwaarlozen we de dikte van het blok. Met andere woorden de 5.0 mm afstand tussen K en de vloer wordt verwaarloosd.

Bij een volgende slag slaat Marja de bal weg vanuit een punt P op 1,0 m verticaal boven punt K.
In P maakt de baan van de bal een hoek van 45° met het horizontale vlak. Het geheel is schematisch weergegeven in figuur 2.

fig. 2



Copyright © 2023 CCVX

In figuur 3 is de baan van de bal getekend.
Langs de x-as staat de horizontale afstand van de bal tot K.
Langs de vertikale as staat de hoogte van de bal ten opzichte van de grond.
De bal komt voor het eerst op de grond in punt R.
De oorsprong valt samen met het punt K.
Deze figuur staat zonder mm-verdeling ook op het antwoordblad.

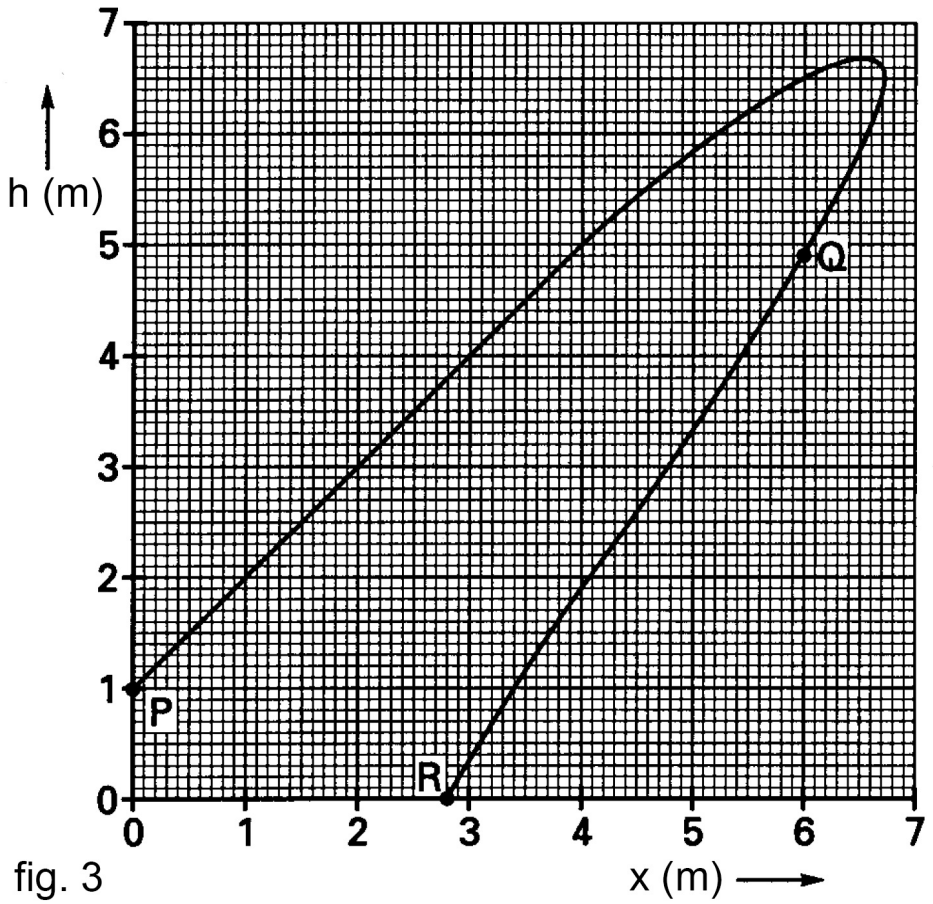


fig. 3

Op een bepaald moment bevindt de bal zich in een punt Q van de baan.
Er werken dan drie krachten op de bal.

3p d. Teken in de figuur op het antwoordblad de **richting** van elk van deze krachten en schrijf bij elke richting de naam van de betreffende kracht. (U hoeft de grootte van de krachten niet met hun juiste onderlinge verhoudingen aan te geven.)

4p e. Bepaal de totale potentiële energie ten gevolge van de zwaartekracht en de veerkracht, die het geheel van bal en elastiek in punt Q bezit. Geef het antwoord in twee significante cijfers.

Copyright © 2023 CCVX

OPGAVE 3 - breking

Soms kan een automobilist op een heel warme dag de auto's die hem tegemoet komen ook gespiegeld in het wegdek zien. Het lijkt dan alsof er water op de weg ligt, maar de weg is kurkdroog: de bestuurder ziet een zogenaamde "luchtspiegeling".
Zie figuur 1.

fig. 1

Een luchtspiegeling kan ontstaan als er boven het wegdek een laagje hete lucht hangt. De brekingsindex van koude lucht is verschillend van die van warme lucht zodat er op het grensvlak totale terugkaatsing kan optreden.

In figuur 2 is de beschreven situatie schematisch weergegeven. De grijze rechthoek stelt het hete laagje lucht voor. Vanuit het dak van de tegemoet komende auto (L) is een lichtstraal getekend die (volledig) terugkaatst tegen de hete luchtlaag en daarna het oog van de automobilist treft (P). Er is sprake van totale terugkaatsing zoals bijvoorbeeld ook gebeurt bij een glasvezelkabel.

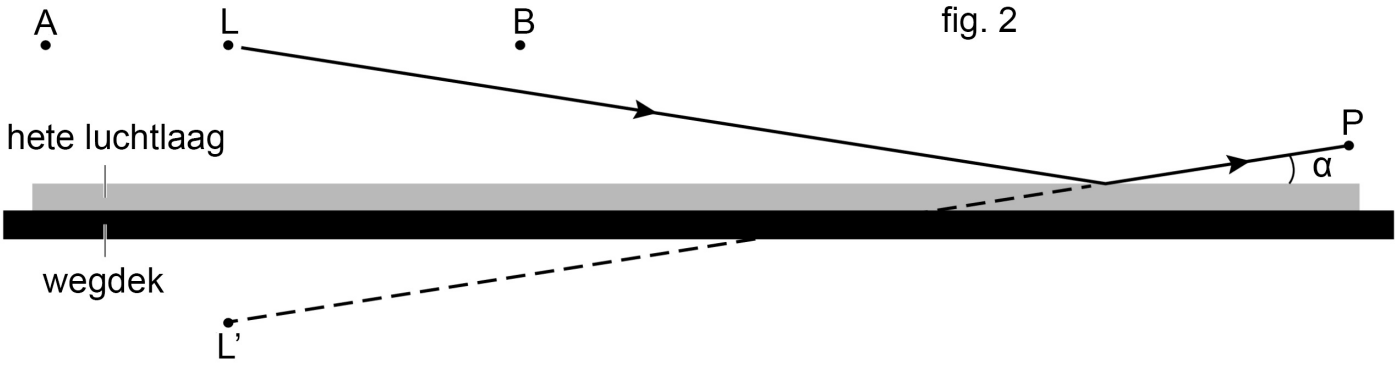


fig. 2

2p a. Is de brekingsindex van hete lucht kleiner of groter is dan die van koude lucht? Leg je antwoord uit met behulp van figuur 2.

In figuur 2 zijn, behalve punt L, ook de punten A en B getekend. Voor een lichtstraal vanuit één van beide punten geldt, dat de hoek van inval precies gelijk is aan de grenshoek. De figuur is niet op schaal.

2p b. Leg uit voor welk punt (A of B) dat geldt.

Copyright © 2023 CCVX

Als de hoek van inval precies gelijk is aan de grenshoek g, dan is hoek α in figuur 2 de maximale gezichtshoek waaronder je de luchtspiegeling nog kunt zien.

Omdat de brekingsindex voor de overgang van koude lucht naar warme lucht afhangt van het temperatuurverschil ΔT tussen deze twee luchtlagen, hangt hoek α ook af van ΔT. Dit verband is weergegeven in figuur 3.

In een bepaalde situatie geldt:
sin g = 0,99996

De temperatuur van de koude lucht is 20 °C.

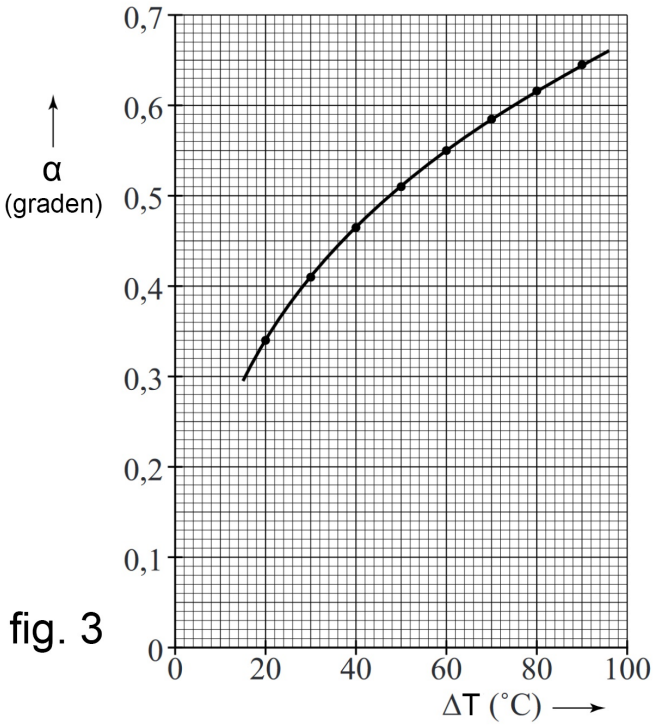


fig. 3

4p c1. Bereken de maximale gezichtshoek α in 2 significante cijfers.
c2. Bepaal hiermee de temperatuur van de hete lucht.

Luchtspiegelingen kunnen ook voorkomen boven een heel koud oppervlak.
Op de foto van figuur 4 zie je een luchtspiegeling van een schip. Je ziet het schip op het water, maar ook gespiegeld “in de lucht hangen”.

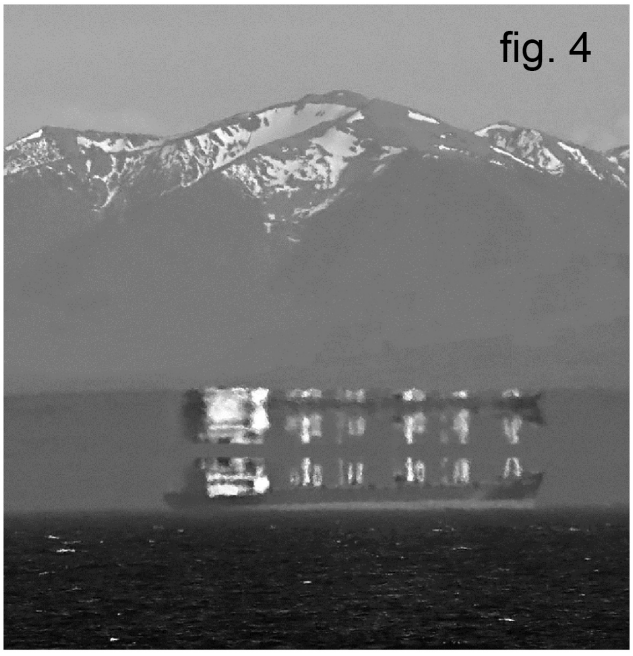


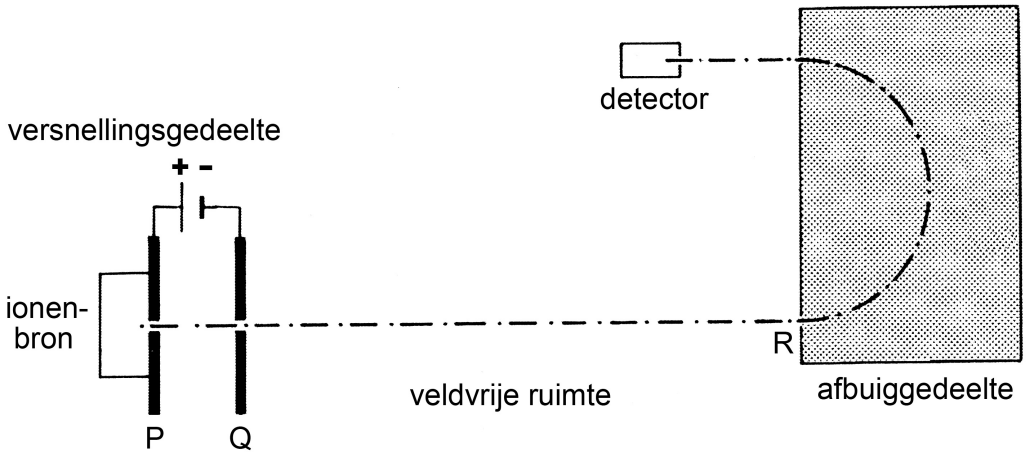
fig. 4

2p d. Leg uit hoe het komt dat het spiegelbeeld van het schip in de lucht te zien is.

Copyright © 2023 CCVX

OPGAVE 4 - spectrometer

Met een bepaald type massaspectrometer kan men energieniveaus van ionen bepalen. Bij zo'n spectrometer is tussen het versnelgedeelte en het afbuiggedeelte een lange veldvrije ruimte. Zie de figuur. In deze drie delen heerst vacuüm.



De openingen in de elektroden Pen Q en de opening R in het afbuiggedeelte zijn nauw. De ionenbron van de spectrometer heeft een volume van 100 cm^3.
In deze bron bevindt zich stikstofgas N_2, waarvan de moleculen bestaan uit twee atomen ^{14}N. Voordat de stikstofmoleculen worden geïoniseerd is de temperatuur in de bron 60 °C en de druk 250 Pa.

4p a. Bereken het aantal mol N_2 dat zich op dat moment in de bron bevindt.

De N_2-moleculen worden uitsluitend eenmaal geïoniseerd tot N_{2+}-ionen. Deze passeren de opening in P met een te verwaarlozen snelheid, waarna ze het elektrische veld tussen de elektroden P en Q doorlopen (zie de figuur). De ionen die de opening in Q passeren, hebben een snelheid van $2{,}9 \cdot 10^5$ $m \cdot s^{-1}$. Deze snelheid is langs de getekende baan van Q naar R gericht. De massa van een N_2^+-ion bedraagt $4{,}65 \cdot 10^{-26}$ kg.

3p b. Bereken het spanningsverschil tussen de elektroden P en Q.

Enkele van deze N_2^+-ionen verkeren in een hogere energietoestand. Ze kunnen spontaan terugvallen naar de grondtoestand. De hierbij vrijkomende energie wordt dan gebruikt om het N_2^+-ionen uiteen te doen vallen in een N^+-ion en een N-atoom. De kinetische energie van deze twee deeltjes samen is dan 0,73 eV meer dan de kinetische energie van het N_2^+-ion voor het uiteenvallen. Deze energie wordt gelijk over beide deeltjes verdeeld. Een N^+-ion en een N-atoom hebben een nagenoeg gelijke massa.

4p c. Bereken de grootte van de snelheid die het zo gevormde N^+-ion verkrijgt in het geval dat dit ontstaan is uit een **stilstaand** N_2^+-ion. We noemen deze snelheid in het vervolg van deze opgave u.

Er is bovendien bekend dat de hoeveelheid energie die vrijkomt als een N-atoom en een N^+-ion gebonden worden tot een N_2^+-ion in de grondtoestand 0,44 eV is.

3p d. Bereken het energieverschil tussen de genoemde hogere energietoestand en de grondtoestand van het N_{2+}-ion.

Copyright © 2023 CCVX

Als een N_2^+-ion, dat in de genoemde hogere energietoestand verkeert, in de veldvrije ruimte uiteenvalt, is de snelheid van het gevormde N^+-ion de resultante (vectorsom) van de langs QR gerichte snelheid van $2{,}9 \cdot 10^5$ m·s^{-1} en de snelheid u. De richting van u is willekeurig.

3p e. Leg uit dat er slechts twee snelheden u zijn waarmee de N^+-ionen de opening R kunnen passeren.

Bepaling van het verschil tussen deze twee snelheden is slechts mogelijk als voldoende N_2^+-ionen in de veldvrije ruimte uiteen vallen, opdat een meetbare hoeveelheid N^+-ionen de opening R passeert.

Bij het verval van hogere energietoestanden is het begrip halveringstijd op dezelfde wijze gedefinieerd als het begrip halveringstijd bij het verval van radioactieve kernen.
De halveringstijd van de hier beschouwde hogere energietoestand is $2{,}0 \cdot 10^{-6}$ s.
De N_2^+-ionen leggen het traject QR af in $5{,}1 \cdot 10^{-6}$ s.

3p f. Bereken hoeveel procent van de N_2^+-ionen, die bij Q in de hogere energietoestand in de veldvrije ruimte komen, tussen Q en R vervalt.

Copyright © 2023 CCVX

OPGAVE 5 - gammastraling

Gammastraling heeft een veel groter doordringend vermogen dan alfa- en bètastraling. Bovendien laat gammastraling zich niet volledig afschermen: er komt altijd nog wel iets door de afscherming heen.

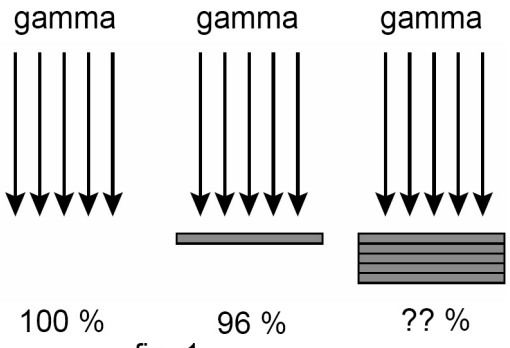


fig. 1

Om de halveringsdikte van aluminium voor gammastraling te bepalen, worden plaatjes aluminium van gelijke dikte tussen een gammabron en een telbuis gestapeld. Zie figuur 1.
De hoeveelheid gemeten straling zonder plaatjes noemen we 100%.
Bij één plaatje wordt 96% gemeten: het plaatje heeft dus 4% geabsorbeerd.

3p a. Leg uit of de absorptie van de stapel van 5 plaatjes kleiner, even groot of groter is dan 20%.

De waarde van de halveringsdikte voor deze gammastraling met een energie van 1 MeV vind je ook in Binas tabel 28. Uit deze tabel blijkt dat niet alle stoffen gammastraling in gelijke mate absorberen.

De absorptie van gammastraling is schematisch weergegeven in figuur 2.
In de figuur is een bundel gammafotonen weergegeven die op een plaatje valt. Als een gammafoton een elektron tegenkomt, verdwijnt het uit de bundel en is het geabsorbeerd.
Bij een grotere elektronendichtheid worden dus meer gammafotonen geabsorbeerd.

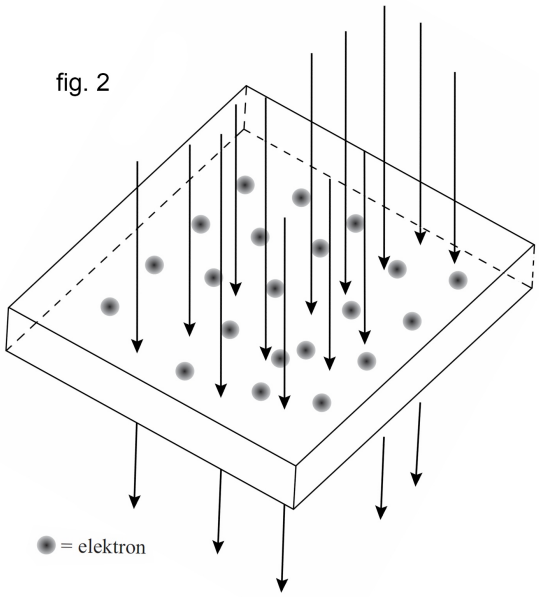


fig. 2

Voor de elektronendichtheid in het materiaal geldt:

$$n_e = \rho \frac{Z}{m_a} \qquad \text{(formule 1)}$$

Hierin is: n_e de elektronendichtheid;
ρ de dichtheid van het materiaal in kg/m^3;
Z het atoomnummer;
m_a de massa van het atoom in kg.

2p b. Bepaal met behulp van formule 1 de SI-eenheid van n_e.

lees verder op de volgende bladzijde

Copyright © 2023 CCVX

Het verband tussen de halveringsdikte d½ van het materiaal en de elektronendichtheid n_e wordt gegeven door de formule:

$$d_{½} = \frac{\ln 2}{\sigma} . \frac{1}{n_e} \qquad \text{(formule 2)}$$

Hierin is σ de effectieve trefoppervlakte van de elektronen in het materiaal.

4p c. Bereken de effectieve trefoppervlakte σ van de elektronen in aluminium voor gammafotonen van 1 MeV.

3p d. Leg uit met behulp van formule 2 en gegevens uit Binas of σ afhangt van de energie van de gebruikte gammafotonen.

Om na te gaan of de waarde van elektronendichtheid n_e in verschillende materialen hetzelfde is of niet, is de grafiek van figuur 3 gemaakt.
Hierin is d½ voor gammafotonen met een bepaalde energie uitgezet tegen 1 / n_e

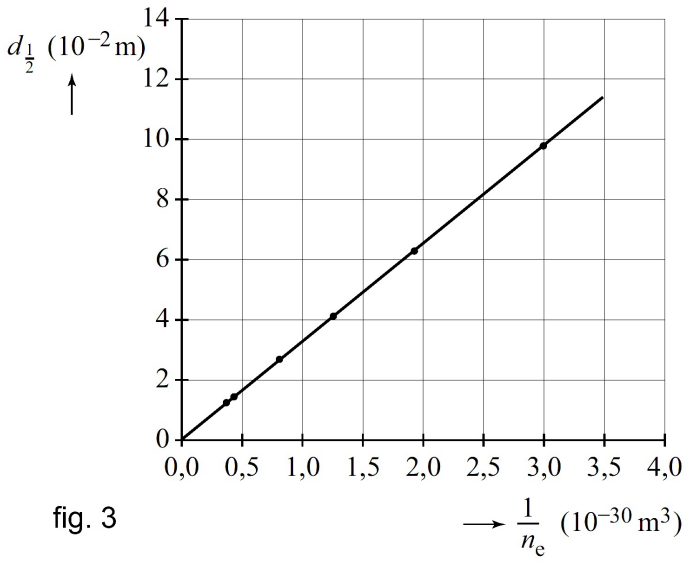


fig. 3

Door de punten is een rechte lijn getrokken.
Over deze lijn worden drie beweringen gedaan:

1 Bij stoffen met een grotere d½ neemt σ af
2 Bij stoffen met een grotere d½ neemt σ toe
3 Bij stoffen met een grotere d½ blijft σ gelijk

3p e. **Leg uit** welke bewering juist is. Gebruik bij je uitleg figuur 3.

EINDE

Copyright © 2023 CCVX

ANTWOORDBLAD BIJ OPGAVE 1

Naam : .....

fig. 2

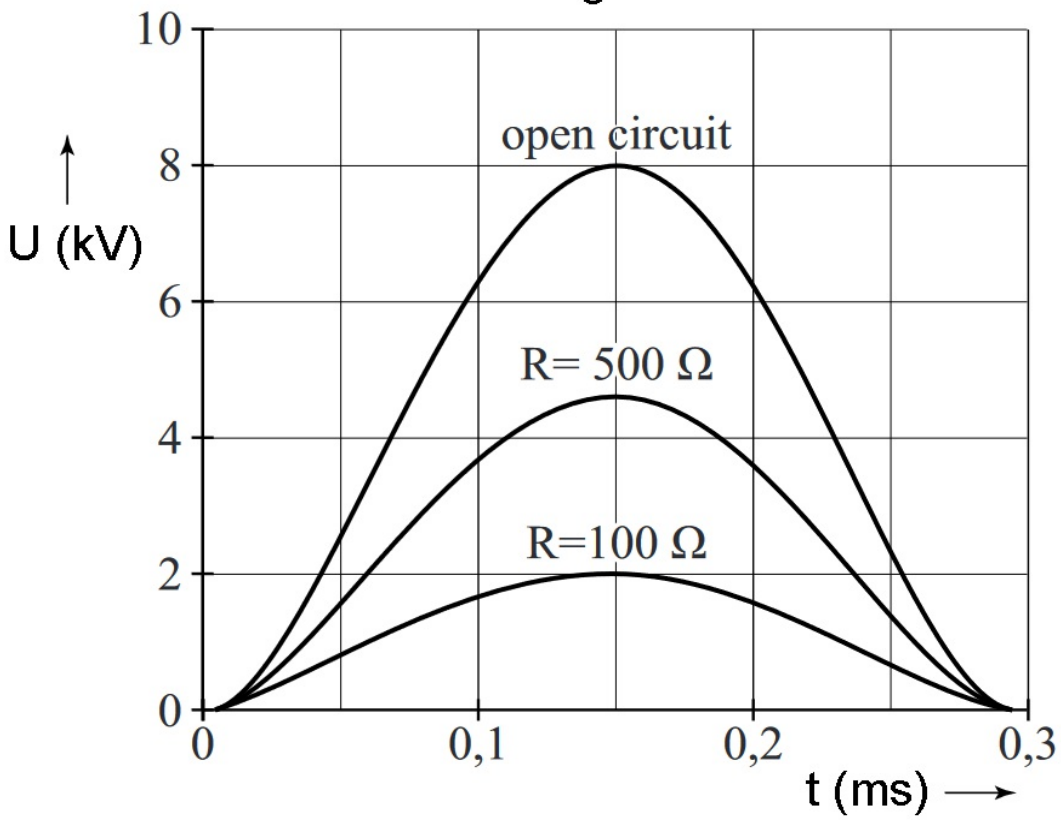
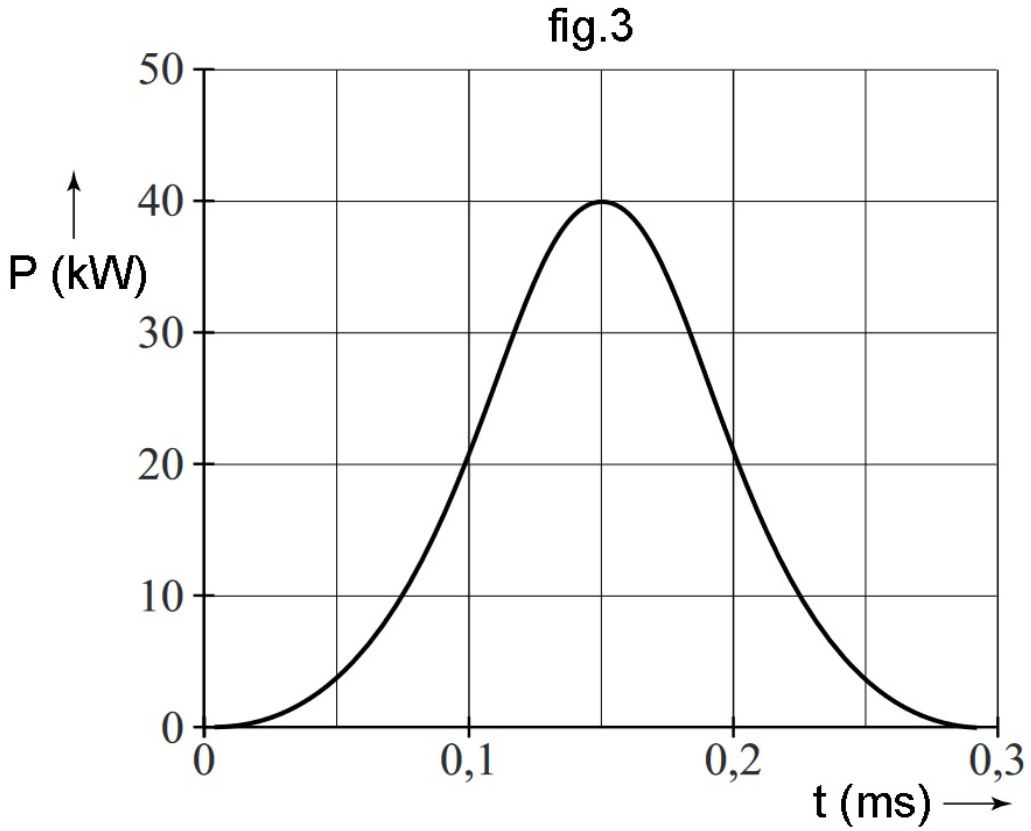
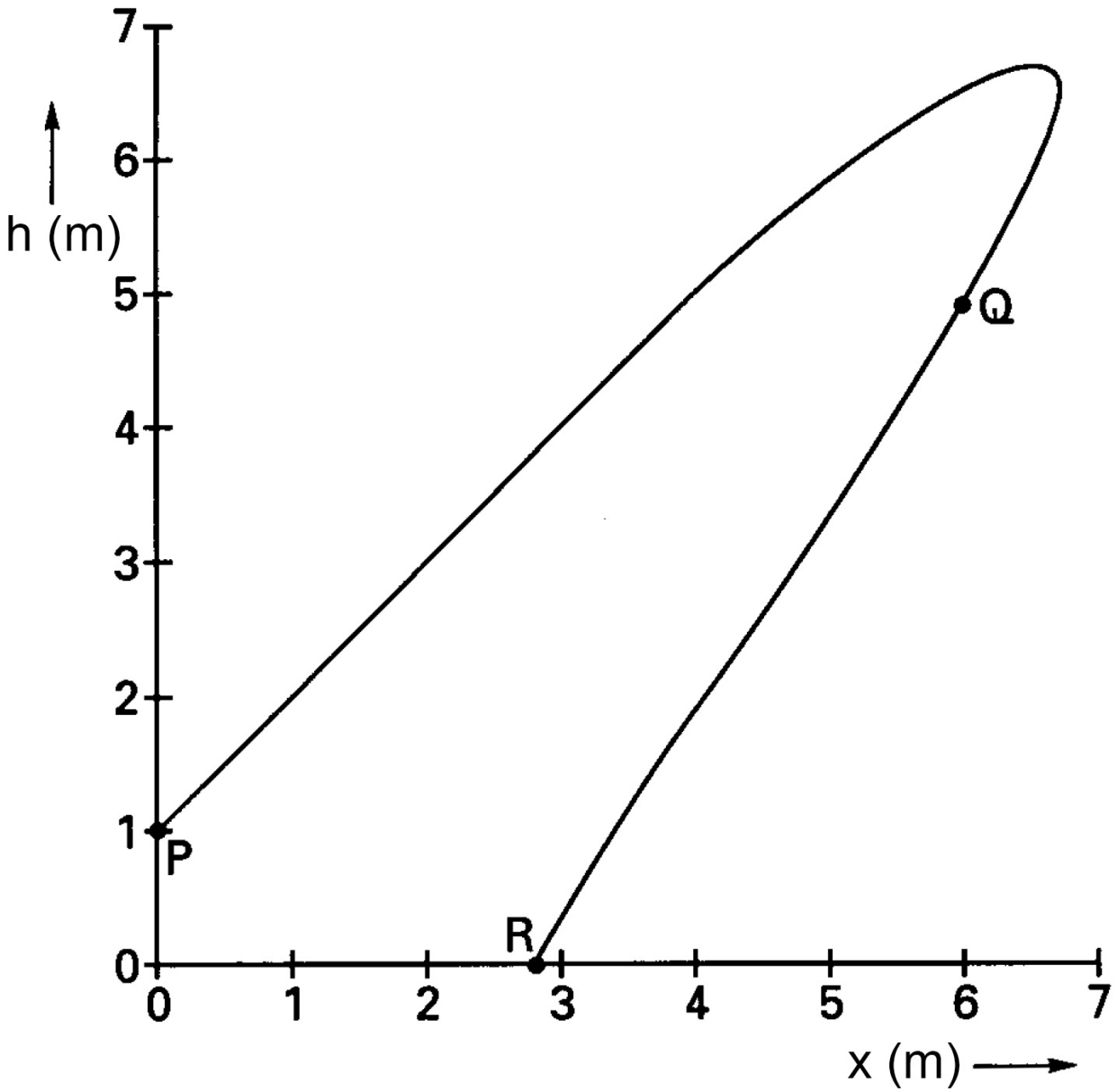


fig.3



ANTWOORDBLAD BIJ OPGAVE 2

Naam : .....