

Nieronderzoek natuurkunde 1 examen 2011-I

Maximumscore 4

8 □ uitkomst: $m = 2,0 \cdot 10^{-13}$ kg

voorbeeld van een berekening:

De halveringstijd is $t_{1/2} = 6,0$ uur. Dit is $6,0 \cdot 3600 = 2,16 \cdot 10^4$ s.

Er geldt: $39 \cdot 10^6 = \frac{N \ln 2}{2,16 \cdot 10^4}$. Dus $N = \frac{2,16 \cdot 10^4 \cdot 39 \cdot 10^6}{\ln 2} = 1,22 \cdot 10^{12}$.

Dan is $m = 1,22 \cdot 10^{12} \cdot 99 \cdot 1,67 \cdot 10^{-27} = 2,0 \cdot 10^{-13}$ kg.

- omrekenen van $t_{1/2}$ in s 1
- berekenen van N 1
- berekenen van de massa van één atoom 1
- completeren van de berekening 1

Opmerking

Molaire massa 99 g gebruikt: goed rekenen.

Maximumscore 4

9 □ uitkomst: $H = 0,15$ mSv

voorbeeld van een berekening:

$H = \frac{8,0 \cdot 10^{11} \cdot 140 \cdot 10^3 \cdot 1,60 \cdot 10^{-19} \cdot 0,60}{70} = 1,5 \cdot 10^{-4}$ Sv.

- inzicht dat $E = NE_\gamma$ 1
- omrekenen van E in joule 1
- gebruik van 60% 1
- completeren van de berekening 1

23 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:

(1) xenon-136

(2) en (3) beta-min / elektron / e^-

- (1) xenon-136 1
- (2) en (3) beta-min / elektron / e^- 1

24 maximumscore 3

uitkomst: $P_{el} = 0,99$ (GW)

voorbeeld van een berekening:

Voor de energie die de centrale in een jaar levert, geldt:

$$E = 2,93 \cdot 10^{27} \cdot 190 \cdot 1,602 \cdot 10^{-13} = 8,91 \cdot 10^{16} \text{ J.}$$

Voor de elektrische energie die ontstaat, geldt:

$$E_{el} = 0,35 \cdot 8,91 \cdot 10^{16} = 3,12 \cdot 10^{16} \text{ J.}$$

Voor het gemiddeld elektrisch vermogen geldt dan:

$$P_{el} = \frac{E_{el}}{t} = \frac{3,12 \cdot 10^{16}}{365 \cdot 24 \cdot 3600} = 9,9 \cdot 10^8 \text{ W} = 0,99 \text{ GW.}$$

- inzicht dat $\eta = \frac{E_{el}}{E_{kern}}$ 1
- gebruikt van $P = \frac{E}{t}$ 1
- completeren van de berekening 1

25 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

(Omdat het aantal elektronen in de atomen voor en na de reactie gelijk is, kan er in plaats van met kernmassa's gerekend worden met atoommassa's.)

$$m_{\text{B}} = 10,012938 \text{ u}, m_{\text{n}} = 1,008665 \text{ u}. \text{ Dus } m_{\text{links}} = 11,02160 \text{ u}.$$

$$m_{\text{T}} = 3,016050 \text{ u}, m_{\text{He}} = 4,002603 \text{ u}. \text{ Dus } m_{\text{rechts}} = 11,02126 \text{ u}.$$

Omdat $m_{\text{links}} > m_{\text{rechts}}$, wordt massa omgezet in energie.

- inzicht dat de massa's links en rechts vergeleken moeten worden 1
- opzoeken van de atoommassa's 1
- inzicht dat $m_{\text{links}} > m_{\text{rechts}}$ en consequente conclusie 1

26 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

Voor de activiteit geldt: $A(t) = \frac{\ln 2}{t_{\frac{1}{2}}} N(t)$.

Voor het aantal aanwezige tritiumkernen geldt:

$$N(t) = 2,93 \cdot 10^{27} \cdot \frac{2}{1 \cdot 10^6} \cdot 3 = 1,76 \cdot 10^{22}.$$

Invullen levert: $A(t) = \frac{0,693}{12,3 \cdot 365 \cdot 24 \cdot 3600} 1,76 \cdot 10^{22} = 3,1 \cdot 10^{13} \text{ Bq}.$

De activiteit ligt dus in de orde 10^{13} Bq , antwoord b.

- uitrekenen van het aantal tritiumkernen na één jaar 1
- opzoeken van de halfwaardetijd van tritium 1
- completeren van de berekening 1

Opmerking

Als bij het berekenen van het aantal kernen de factor 2 en/of de factor 3 vergeten wordt: niet aanrekenen.

Maximumscore 3

20 □ voorbeeld van een antwoord:

Volgens Binas is $^{131}_{53}\text{I}$ een β -straler. Bij het uitzenden van een elektron neemt het atoomnummer met één toe tot 54. Er ontstaat dus Xe (xenon).

- opzoeken dat $^{131}_{53}\text{I}$ een β -straler is 1
- inzicht dat het atoomnummer met één toeneemt 1
- conclusie 1

Opmerking

De vervalvergelijking gegeven: maximaal drie punten.

Maximumscore 2

21 □ voorbeeld van een antwoord:

De stralingsdosis is gelijk aan de opgenomen stralingsenergie gedeeld door de massa (van het orgaan).

Omdat de massa van de schildklier van kinderen kleiner is (en de opgenomen stralingsenergie groter), is het effect van het jood-131 voor kinderen schadelijker.

- inzicht dat de stralingsdosis gelijk is aan $\frac{E}{m}$ 1
- inzicht dat de massa van de schildklier van kinderen kleiner is dan die van volwassenen 1

Maximumscore 4

22 □ uitkomst: $t = 53$ d (met een marge van 0,5 d)

voorbeeld van een berekening:

Er geldt: $A(t) = A(0) \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{t_{\frac{1}{2}}}}$ met $A(t) = 0,01 \cdot A(0)$.

Dus $\frac{t}{t_{\frac{1}{2}}} = \frac{\log 0,01}{\log 0,5} = 6,644$. Met $t_{\frac{1}{2}} = 8,0$ d volgt $t = 8,0 \cdot 6,644 = 53$ d.

- opzoeken van de halveringstijd van jood-131 1
- inzicht dat $A(t) = A(0) \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{t_{\frac{1}{2}}}}$ 1
- inzicht dat $\frac{t}{t_{\frac{1}{2}}} = \frac{\log 0,01}{\log 0,5}$ 1
- completeren van de berekening 1

Maximumscore 5

23 □ uitkomst: $n = 5,2 \cdot 10^9$ (atomen)

voorbeeld van een berekening:

Volgens Binas geldt $2,0 \text{ rad} = 2,0 \cdot 10^{-2} \text{ Gy} = 2,0 \cdot 10^{-2} \text{ J kg}^{-1}$.

De geabsorbeerde energie is $0,025 \cdot 2,0 \cdot 10^{-2} = 5,0 \cdot 10^{-4} \text{ J}$.

De energie van het β -deeltje is $0,60 \text{ MeV} = 1,60 \cdot 10^{-19} \cdot 0,60 \cdot 10^6 = 0,96 \cdot 10^{-13} \text{ J}$.

Het aantal vervallen atomen is dus $n = \frac{5,0 \cdot 10^{-4}}{0,96 \cdot 10^{-13}} = 5,2 \cdot 10^9$.

• opzoeken in Binas dat $2,0 \text{ rad} = 2,0 \cdot 10^{-2} \text{ Gy}$ 1

• inzicht dat $E = \text{massa} \times \text{stralingsdosis}$ 1

• inzicht dat het aantal vervallen atomen n gelijk is aan $\frac{E}{E_\beta}$ 1

• opzoeken van de energie van het β -deeltje en omrekenen in joules 1

• completeren van de berekening 1

21 maximumscore 4

uitkomst: $m = 1,1 \cdot 10^{-13}$ (kg)

voorbeeld van een berekening:

Voor de activiteit geldt: $A = \frac{\ln 2}{t_{\frac{1}{2}}} N$.

Invullen levert: $2,5 \cdot 10^6 = \frac{\ln 2}{4,54 \cdot 24 \cdot 3600} N$.

Dit levert: $N = 1,415 \cdot 10^{12}$. Voor de massa geldt: $m = Nm_{\text{atoom}}$.

Invullen levert: $m = 1,415 \cdot 10^{12} \cdot 46,95 \cdot 1,66 \cdot 10^{-27} = 1,1 \cdot 10^{-13}$ kg.

- gebruik van $A = \frac{\ln 2}{t_{\frac{1}{2}}} N$ 1
- inzicht dat $m = Nm_{\text{atoom}}$ en opzoeken van de atoommassa 1
- opzoeken van de halveringstijd van calcium-47 1
- completeren van de berekening 1

Opmerking

Als de kandidaat 47 neemt voor de atoommassa van calcium-47: niet aanrekenen.

22 maximumscore 1

voorbeeld van een antwoord:

Hierdoor is vast te stellen van welke plaats in het bot de gammastraling afkomstig is.

23 maximumscore 5

uitkomst: de correctiefactor bedraagt 1,4

voorbeeld van een berekening:

Er geldt: $I = I_0 \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{d}{\lambda}}$. Voor het gedeelte van de intensiteit dat wordt

doorgelaten geldt dus: $\frac{I}{I_0} = \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{d}{\lambda}}$.

De halveringsdikte voor water (spierweefsel) is 9,8 cm en voor lucht $9,1 \cdot 10^3$ cm.

Voor spierweefsel levert dit: $\frac{I}{I_0} = \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{4,5}{9,8}} = 0,727$.

Voor lucht levert dit: $\frac{I}{I_0} = \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{10}{9,1 \cdot 10^3}} = 0,999$.

Samen laten ze door: $0,727 \cdot 0,999 = 0,726$.

Dus de correctiefactor bedraagt: $\frac{1}{0,726} = 1,4$.

- gebruik van $I = I_0 \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{d}{\lambda}}$ 1
- opzoeken van halveringsdikte van water en van lucht 1
- inzicht dat beide factoren met elkaar vermenigvuldigd moeten worden / inzicht dat de invloed van lucht verwaarloosbaar is 1
- inzicht dat correctiefactor = $\frac{1}{\text{doorlaatfactor}}$ 1
- completeren van de berekening 1

Opmerking

Als de kandidaat geen rekening houdt met de absorptie in lucht, kan het derde scorepunt alleen toegekend worden, als de leerling expliciet vermeldt dat die verwaarloosbaar is.

24 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

Scandium-47 kan pas vervallen nadat het ontstaan is uit calcium-47.

De activiteit neemt toe (de ‘bobbel’ in de grafiek). Dit betekent dat (na het verval van calcium-47) de ontstane scandium-47-deeltjes sneller vervallen.

De halveringstijd van scandium-47 is dus kleiner dan die van calcium-47.

- inzicht dat scandium-47 pas vervalt nadat het ontstaan is uit calcium-47 1
- inzicht dat de stijging van de activiteit betekent dat scandium-47 sneller vervalt dan calcium-47 1
- completeren van het antwoord 1

Opmerking

Aan een fysisch juiste redenering uitgaande van het minstens tweemaal bepalen van een ‘halveringstijd’ in figuur 2, kunnen scorepunten worden toegekend.

Indien minder dan twee halveringstijden zijn bepaald, geen scorepunten toekennen.

25 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:

- Bij een echoscopie wordt gemeten hoe geluid zich gedraagt in zachte weefsels. Hiermee kan geen informatie uit de binnenkant van botten verkregen worden.
- Een MRI-scan geeft een beeld van de omgeving van waterstofatomen in de zachte weefsels in de patiënt en geen informatie over botten.

- inzicht dat bij een echoscopie wordt gemeten hoe geluid zich gedraagt in zachte weefsels en geen informatie uit de binnenkant van botten oplevert 1
- inzicht dat een MRI-scan een beeld geeft van de (omgeving van) de waterstofatomen in zachte weefsels (en niet van botten) 1

1 maximumscore 3

uitkomst: $R = 2,3 \cdot 10^3 \Omega$

voorbeeld van een bepaling:

Bij een stroom door de LED van 0,60 mA is de spanning over de LED 1,64 V.

Voor de spanning over de weerstand R geldt dan:

$$U_R = U - U_{LED} = 3,00 - 1,64 = 1,36 \text{ V.}$$

Voor de grootte van de weerstand geldt dan:

$$R = \frac{U_R}{I} = \frac{1,36}{0,60 \cdot 10^{-3}} = 2,3 \cdot 10^3 \Omega.$$

- aflezen van de spanning in figuur 1 (met een marge van 0,01 V) 1
- inzicht in de spanningsregel voor een serieschakeling 1
- completeren van de bepaling 1

2 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:

De spanning over de groene LED is groter (dan de spanning over de rode LED) bij een stroomsterkte van 0,60 mA. De spanning over de weerstand is dus kleiner. De stroomsterkte door de weerstand (en de LED) moet gelijk blijven en dus zal de weerstandswaarde kleiner moeten zijn.

- inzicht dat (bij gelijke stroomsterkte) de spanning over de weerstand kleiner moet zijn 1
- consequente conclusie 1

3 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:

De elektronenstroom loopt van de min- naar de pluspool van de batterij en dus van materiaal B naar materiaal A. Het elektron zal terugvallen naar een lager energieniveau (onder uitzending van een foton). Het juiste schema is dus III.

- inzicht dat de elektronenstroom van materiaal B naar materiaal A loopt 1
- inzicht dat het elektron terugvalt naar een lager energieniveau en consequente conclusie 1

4 maximumscore 4

uitkomst: percentage = 57(%)

voorbeelden van een berekening:

methode 1

Voor het aantal geleidings-elektronen dat per seconde de LED passeert,

$$\text{geldt: } N_{\text{per s}} = \frac{I}{e} = \frac{50 \cdot 10^{-3}}{1,602 \cdot 10^{-19}} = 3,12 \cdot 10^{17} \text{ (s}^{-1}\text{)}.$$

Voor de energie van een foton dat vrijkomt, geldt:

$$E_f = \frac{hc}{\lambda} = \frac{6,63 \cdot 10^{-34} \cdot 3,00 \cdot 10^8}{470 \cdot 10^{-9}} = 4,23 \cdot 10^{-19} \text{ J.}$$

Als bij alle geleidings-elektronen een foton vrijkomt, geldt voor het lichtvermogen: $P = N_{\text{per s}} E_f = 3,12 \cdot 10^{17} \cdot 4,23 \cdot 10^{-19} = 0,132 \text{ W}$.

Dus geldt voor het percentage p van de geleidings-elektronen waarbij een foton vrijkomt: $p = \frac{0,075}{0,132} = 0,57 = 57\%$.

- inzicht dat $N_{\text{per s}} = \frac{I}{e}$ 1
- gebruik van $E_f = \frac{hc}{\lambda}$ 1
- inzicht dat $P = N_{\text{per s}} E_f$ 1
- completeren van de berekening 1

methode 2

Voor het elektrisch vermogen geldt: $P_{\text{el}} = UI$. Hierbij is de spanning U gelijk aan de energie per ladingseenheid. Dus geldt:

$$U = \frac{E_f}{e} = \frac{hc}{\lambda e} = \frac{6,63 \cdot 10^{-34} \cdot 3,00 \cdot 10^8}{470 \cdot 10^{-9} \cdot 1,602 \cdot 10^{-19}} = 2,64 \text{ V.}$$

Dit levert: $P_{\text{el}} = UI = 2,64 \cdot 50 \cdot 10^{-3} = 0,132 \text{ W}$.

Als bij alle geleidings-elektronen een foton vrijkomt, is dit vermogen gelijk aan het vermogen aan licht. In werkelijkheid is dit een percentage p .

Dus geldt voor het percentage p van de geleidings-elektronen waarbij een foton vrijkomt: $p = \frac{0,075}{0,132} = 0,57 = 57\%$.

- inzicht dat $P_{\text{el}} = UI$ 1
- inzicht dat $U = \frac{E_f}{e}$ 1
- gebruik van $E_f = \frac{hc}{\lambda}$ 1
- completeren van de berekening 1

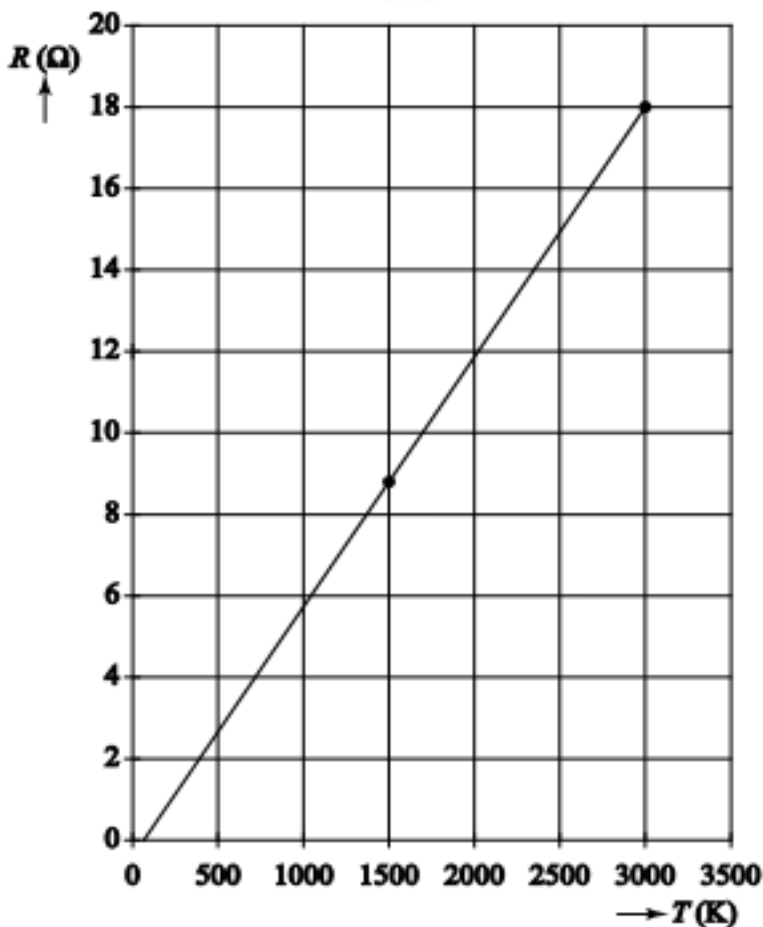
8 maximumscore 4

uitkomst: $R = 1,2 \Omega$ (met een marge van $0,3 \Omega$)

voorbeeld van de bepalingen:

Bij een temperatuur van 1500 K geldt: $P_{\text{el}} = 16,5 \text{ W}$. Er geldt: $P_{\text{el}} = \frac{U^2}{R_{1500}}$.

Invullen levert: $16,5 = \frac{12^2}{R_{1500}}$. Dit geeft: $R_{1500} = 8,7 \Omega$.



Aflesen bij $T = 293 \text{ K}$ levert: $R = 1,2 \Omega$.

- aflesen van het elektrisch vermogen in figuur 1 1
- inzicht dat $R_{1500} = \frac{U^2}{P_{\text{el}}}$ 1
- tekenen van R_{1500} en trekken van de rechte lijn door de twee punten 1
- completeren van de bepalingen 1

Opmerking

Als de kandidaat een lijn door het gegeven punt en door de oorsprong tekent: maximaal 1 scorepunt toekennen.

9 maximumscore 3

uitkomst: $A = 5,3 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$ (met een marge van $0,4 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$)

voorbeeld van een bepaling:

Voor het uitgestraald vermogen per oppervlakte geldt: $\frac{P}{A} = \sigma T^4$ met

$$\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ (W m}^{-2} \text{ K}^{-4}\text{)}.$$

Aflezen in figuur 1 levert (bijvoorbeeld): $P = 10 \text{ W}$ bij $T = 2400 \text{ K}$.

Invullen levert: $\frac{10}{A} = 5,67 \cdot 10^{-8} \cdot 2400^4$. Dit geeft: $A = 5,3 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$.

- gebruik van $\frac{P}{A} = \sigma T^4$ met $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ (W m}^{-2} \text{ K}^{-4}\text{)}$ 1
- aflezen van de gegevens in figuur 1 1
- completeren van de bepaling 1

10 maximumscore 3

voorbeeld van antwoorden:

- Het elektrisch vermogen is dan groter, omdat de weerstand dan nog klein is.
- Na enige tijd is er stralingsevenwicht.
- Boven de evenwichtstemperatuur wordt de weerstand groter, waardoor het elektrisch vermogen niet groter kan worden.

- inzicht dat het elektrisch vermogen dan groter is, omdat de draad dan nog een lage temperatuur heeft 1
- inzicht dat na enige tijd stralingsevenwicht ontstaat 1
- inzicht dat de temperatuur niet boven de temperatuur van het stralingsevenwicht kan komen 1

11 maximumscore 4

voorbeelden van een antwoord:

methode 1

Bij gelijke temperatuur is het uitgestraald vermogen evenredig met de oppervlakte van de draden.

Aflezend (bij voorbeeld) bij $T = 2500 \text{ K}$ levert:

$$P_{1 \text{ str}} = 12 \text{ W} \text{ en } P_{2 \text{ str}} = 3,8 \text{ W}.$$

Het uitgestraald vermogen en dus ook de draadoppervlakte A is bij een gloeilamp ongeveer 3 maal groter dan bij een halogeenlamp.

Er geldt: $A = \pi d \ell$.

De draaddikte d van een gloeilamp is slechts een factor 1,3 groter dan die van een halogeenlamp. Dus moet de draadlengte ℓ van een gloeilamp groter zijn dan de draadlengte ℓ van een halogeenlamp.

- inzicht dat bij gelijke T geldt: $\frac{P_{1 \text{ str}}}{A_1} = \frac{P_{2 \text{ str}}}{A_2}$ 1
- aflezen van waarden voor de vermogens bij gelijke temperatuur 1
- inzicht dat $A = \pi d \ell$ 1
- completeren van de uitleg 1

methode 2

De waarden van de weerstanden zijn omgekeerd evenredig met het vermogen. Bij gelijke temperatuur zijn de soortelijke weerstanden gelijk.

Aflezend bij $T = 2500 \text{ K}$ levert: $P_{1 \text{ el}} = 9,5 \text{ W}$ en $P_{2 \text{ el}} = 13 \text{ W}$.

Dus de grootte van de weerstand van een gloeilamp is (ongeveer 1,5 maal) groter dan de weerstand van een halogeenlamp.

Voor de weerstand geldt: $R = \rho \frac{\ell}{\pi(\frac{1}{2}d)^2}$.

Omdat de draaddikte d van een gloeilamp groter is dan bij een halogeenlamp, moet de draadlengte ℓ van een gloeilamp groter zijn dan de draadlengte ℓ van een halogeenlamp.

- inzicht dat bij gelijke T geldt: $\frac{R_1}{R_2} = \frac{P_2}{P_1}$ 1
- aflezen van waarden voor de vermogens bij gelijke temperatuur 1
- inzicht dat $R = \rho \frac{\ell}{\pi(\frac{1}{2}d)^2}$ 1
- completeren van de uitleg 1

12 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:

Bij de Planck-krommen in BINAS gaat men steeds uit van gelijke oppervlakten van het stralend voorwerp. Bij de krommen in figuur 3 zijn de oppervlakten niet gelijk, dus kunnen ze elkaar snijden.

Dus Jan heeft geen gelijk.

- inzicht dat bij de Planck-krommen in BINAS uitgegaan wordt van een gelijke oppervlakte 1
- inzicht dat de oppervlakten van de krommen in figuur 3 niet gelijk hoeven te zijn en conclusie 1

13 maximumscore 4

voorbeeld van een antwoord:

Voor het rendement geldt: $\eta = \frac{P_{\text{nuttig}}}{P_{\text{el}}}$. Van beide lampen is P_{el} gelijk.

P_{nuttig} is gelijk aan de oppervlakte onder de Planck-krommen tussen 400 nm en 800 nm. Dus de verhouding van de rendementen is gelijk aan de verhouding van de oppervlakten tussen 400 nm en 800 nm.

- inzicht dat $\eta = \frac{P_{\text{nuttig}}}{P_{\text{el}}}$ 1
- inzicht dat P_{el} gelijk is 1
- inzicht dat P_{nuttig} gelijk is aan de oppervlakte onder de Planck-krommen tussen 400 nm en 800 nm 1
- completeren van de uitleg 1

Opgave 4 Faradaymotor

18 maximumscore 4

voorbeeld van een antwoord:

Voor de doorsnede van het koperstaafje geldt:

$$A = \frac{1}{4}\pi d^2 = \frac{1}{4}\pi \cdot (1,0 \cdot 10^{-3})^2 = 7,85 \cdot 10^{-7} \text{ m}^2.$$

Voor de weerstand van een draad geldt:

$$R = \rho \frac{\ell}{A} = 17 \cdot 10^{-9} \cdot \frac{0,10}{7,85 \cdot 10^{-7}} = 2,2 \cdot 10^{-3} \Omega = 2,2 \text{ m}\Omega.$$

Een koperdraad is 3 keer zo lang als het koperstaafje en de doorsnede is

5^2 keer zo klein. De weerstand is dus $\frac{3}{5^2} = 75$ keer zo groot.

- gebruik van $A = \frac{1}{4}\pi d^2$ 1
- gebruik van $R = \rho \frac{\ell}{A}$ met $\rho = 17 \cdot 10^{-9} \Omega\text{m}$ 1
- inzicht in het recht evenredig verband tussen draadlengte en weerstand en het omgekeerd kwadratisch verband tussen diameter en weerstand 1
- completeren van de berekening en de redenering 1

19 maximumscore 3

uitkomst: $I = 1,9 \text{ A}$

voorbeeld van een berekening:

Voor de totale weerstand geldt: $R = 0,0022 + 2 \cdot 75 \cdot 0,0022 + 4,5 = 4,83 \Omega$.

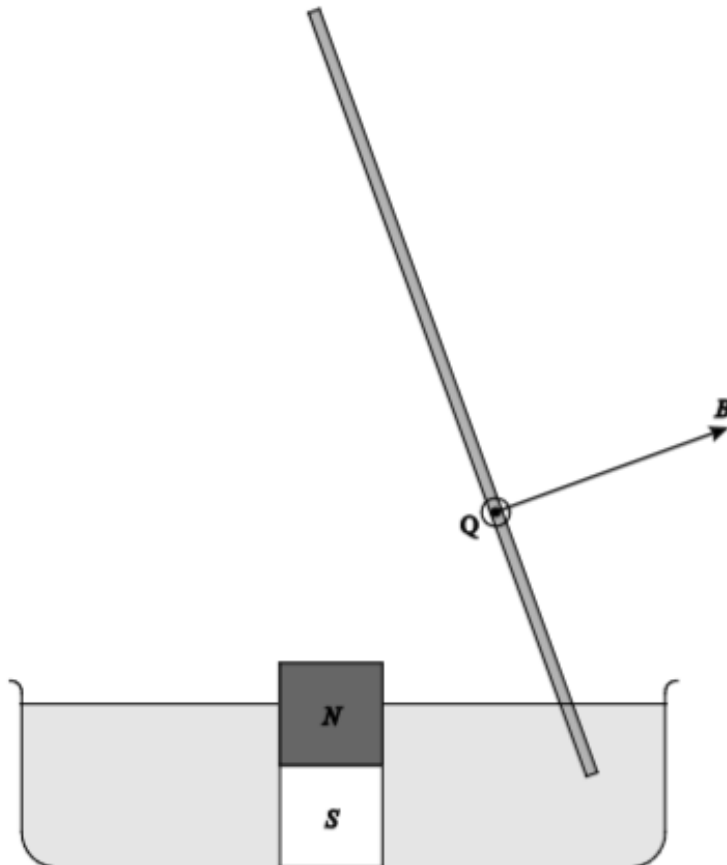
Voor de stroomsterkte geldt dan: $I = \frac{U}{R} = \frac{9,0}{4,83} = 1,9 \text{ A}$.

- inzicht in de serieschakeling 1
- gebruik van $U = IR$ 1
- completeren van de berekening 1

20 maximumscore 4

voorbeeld van een antwoord:

- De richting van het magneetveld in punt Q is loodrecht op het staafje, naar recht(boven) gericht.
De stroom door het staafje loopt van de pluspool naar de minpool van de batterij en dus schuin van boven naar beneden.
Volgens een richtingsregel is de lorentzkracht in punt Q het papier uit gericht.
- Het staafje draait dus van bovenaf gezien met de wijzers van de klok mee.



- richting van het magneetveld 1
- inzicht in de stroomrichting 1
- toepassen van een richtingsregel 1
- consequente conclusie 1

21 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

De afstand van het uiteinde van het koperstaafje in het water tot het koperplaatje is variabel. De weerstand tussen koperstaafje en koperplaatje is dus ook variabel. Gevolg is dat de stroomsterkte door het koperstaafje variabel is en dat dus lorentzkracht variabel is. (Waar de kracht groter is wordt ook de snelheid groter en beweegt het staafje meer naar buiten.) Dus is de snelheid niet constant. (Het gevolg hiervan is dat de baan niet cirkelvormig is.)

- inzicht dat de afstand die de stroom af moet leggen in het water en dus de weerstand in de kring niet constant is 1
- inzicht dat de stroomsterkte en/of de lorentzkracht niet constant is 1
- completeren van de uitleg 1

Opgave 4 Magneetveld van de aarde

15 maximumscore 4

voorbeeld van een antwoord:

Voor de lengte van de koperdraad geldt: $\ell = N\pi d = 60 \cdot \pi \cdot 0,072 = 13,6 \text{ m}$.

Voor de doorsnede van de draad geldt:

$$A = \frac{1}{4}\pi d^2 = \frac{1}{4}\pi(0,14 \cdot 10^{-3})^2 = 1,54 \cdot 10^{-8} \text{ m}^2.$$

Voor de weerstand geldt dan: $R = \rho \frac{\ell}{A} = 17 \cdot 10^{-9} \cdot \frac{13,6}{1,54 \cdot 10^{-8}} = 15 \text{ } \Omega$.

- inzicht dat geldt: $\ell = N\pi d$ 1
- gebruik van $A = \frac{1}{4}\pi d^2$ 1
- gebruik van $R = \rho \frac{l}{A}$ met $\rho = 17 \cdot 10^{-9} \text{ } \Omega \text{ m}$ 1
- completeren van de berekening 1

16 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:

Voor het vermogen in een draad geldt: $P = I^2 R$.

Invullen levert: $0,18 = I^2 \cdot 15$. Dit levert: $I = 0,11 \text{ A}$.

- gebruik van $P = I^2 R$ 1
- completeren van de berekening 1

17 maximumscore 4

voorbeeld van een antwoord:

Als de maximale stroomsterkte door de schakeling 0,11 A bedraagt, geldt

voor de totale weerstand van de kring: $R = \frac{U}{I} = \frac{9,0}{0,11} = 82 \Omega$.

De weerstand van de spoel is gelijk aan 15Ω . Dus geldt voor de weerstand van de regelbare weerstand dan: $R_R = 82 - 15 = 67 \Omega$.

Weerstand R_A is te klein en de weerstanden R_C en R_D zijn te groot voor gevoelig regelen. Dus de meest geschikte weerstand is R_B .

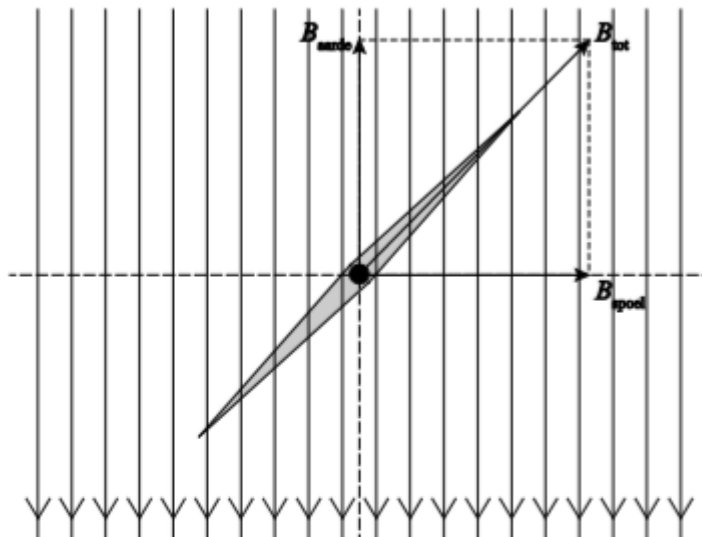
- gebruik van $R = \frac{U}{I}$ 1
- gebruik van de weerstandsregel in een serieschakeling 1
- inzicht dat weerstand R_A te klein is 1
- inzicht dat de weerstanden R_C en R_D te groot zijn voor het gevoelig regelen 1

Opmerkingen

- Een antwoord zonder uitleg: 0 scorepunten toekennen.
- Als na het berekenen van de weerstand de conclusie getrokken wordt dat R_B de juiste is zonder nadere uitleg: maximaal 3 scorepunten toekennen.

18 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:



(Bij een richting van het magneetveld van de spoel naar rechts hoort een stroomrichting die in de draden boven het kompas in de aangegeven richting loopt.)

- tekenen van de richting van B_{aarde} in verticale richting 1
- tekenen van de richting van B_{spoel} in horizontale richting 1
- tekenen van de stroomrichting voor een spoel kloppend met de richting van het magneetveld van de spoel 1

19 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

De richting van het aardmagneetveld en van het magneetveld van de spoel staan loodrecht op elkaar. De stand van de kompasnaald onder een hoek van 45° geeft de richting van het resultante magneetveld aan. In dit geval zijn de twee componenten even groot.

- inzicht dat de twee magneetvelden loodrecht op elkaar staan 1
- inzicht dat de stand van de kompasnaald onder een hoek van 45° de richting van het resultante magneetveld aangeeft 1
- inzicht dat in dat geval de componenten even groot zijn 1

20 **maximumscore 3**

uitkomst: $B = 2,2 \cdot 10^{-5}$ T (met een marge van $0,2 \cdot 10^{-5}$ T)

voorbeeld van een bepaling:

De stroommeter moet worden afgelezen op de middelste schaal.

De gemeten stroomsterkte bedraagt: $I = 0,070$ A.

Voor de sterkte van het magneetveld geldt dan:

$$B = \mu_0 \frac{NI}{L} = 1,26 \cdot 10^{-6} \frac{60 \cdot 0,070}{0,24} = 2,2 \cdot 10^{-5} \text{ T.}$$

- aflezen van de stroommeter op de middelste schaal 1
- gebruik van $B = \mu_0 \frac{NI}{L}$ met $\mu_0 = 1,26 \cdot 10^{-6}$ (TmA⁻¹) 1
- completeren van de bepaling 1

21 **maximumscore 2**

voorbeeld van een antwoord:

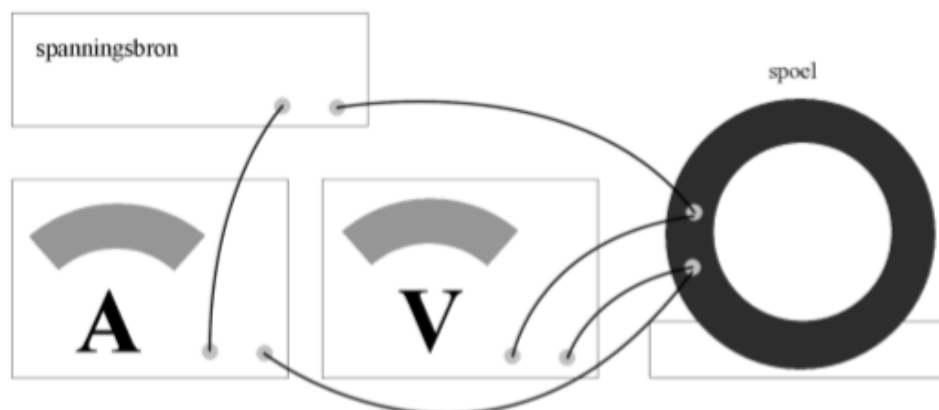
- De opstelling staat horizontaal opgesteld. Dit betekent dat alleen de horizontale component van het aardmagneetveld gemeten wordt.
- Om de daadwerkelijke waarde van het aardmagneetveld te bepalen zal ook de verticale component van het veld / de hoek van het aardmagneetveld met de horizon bepaald moeten worden. (Hiermee kan de literatuurwaarde dan worden bepaald.)

- inzicht dat alleen de horizontale component van het aardmagneetveld bepaald is 1
- inzicht dat ook de verticale component van het aardmagneetveld / de hoek van het magneetveld met de horizon nog bepaald moet worden 1

Opgave 3 Spoel van koperdraad

12 **maximumscore 2**

voorbeeld van een antwoord:



- serieschakeling van voeding, spoel en stroommeter 1
- spanningsmeter parallel aan de spoel of aan de voeding 1

13 maximumscore 4

uitkomst: $l = 2,5 \cdot 10^2$ m

voorbeeld van een berekening:

Voor de weerstand geldt: $R = \frac{U}{I} = \frac{0,56}{0,23} = 2,43 \Omega$.

Voor die weerstand geldt: $R = \rho \frac{l}{A}$.

Hierin is $\rho = 17 \cdot 10^{-9} \Omega\text{m}$ en $A = \pi r^2 = \pi \cdot (0,5 \cdot 1,5 \cdot 10^{-3})^2 = 1,77 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$.

Invullen levert: $l = 2,5 \cdot 10^2$ m.

- gebruik van $U = IR$ 1
- gebruik van $R = \rho \frac{l}{A}$ met $\rho = 17 \cdot 10^{-9} \Omega\text{m}$ 1
- gebruik van $A = \pi r^2$ 1
- completeren van de berekening 1

14 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:

Voor het magneetveld van een spoel geldt: $B = \mu_0 \frac{NI}{l}$.

Omdat $\mu_0 \frac{N}{l}$ constant is, volgt hieruit dat B rechtevenredig is met I .

Dus geeft de grafiek van B tegen I een rechte lijn.

- inzicht dat $B = \mu_0 \frac{NI}{l}$ 1
- completeren van het antwoord 1

15 **maximumscore 4**

uitkomst: $l_d = 253 \text{ m}$

voorbeeld van een bepaling:

Er geldt: $B = \mu_0 \frac{NI}{l}$. Uit figuur 2 blijkt dat de helling van de lijn gelijk is

aan $6,33 \cdot 10^{-3} \text{ T A}^{-1}$. Dus geldt: $\mu_0 \frac{N}{l} = 6,33 \cdot 10^{-3}$.

Met $\mu_0 = 1,25664 \cdot 10^{-6} \text{ H m}^{-1}$ en $l = 0,20 \text{ m}$ geeft dit: $N = 1007$.

Dit levert voor de lengte van de draad: $l_d = N\pi d = 1007 \cdot \pi \cdot 0,08 = 253 \text{ m}$.

- inzicht dat de helling van de lijn gelijk is aan $\mu_0 \frac{N}{l}$ 1
- aflezen en omrekenen van de helling 1
- inzicht dat $l_d = N\pi d$ 1
- completeren van de bepaling 1

16 **maximumscore 2**

voorbeeld van een antwoord:

De weerstand van de draad wordt groter. Dit komt doordat de draad warmer wordt.

- inzicht dat de weerstand van de draad groter wordt 1
- inzicht dat dit komt doordat de temperatuur van de draad stijgt 1