

Beoordelingsmodel

Vraag	Antwoord	Scores
-------	----------	--------

Opgave 1 'Indoor Skydive'

1 maximumscore 3

uitkomst: $h = 2,27 \cdot 10^2$ m

voorbeelden van een berekening:

methode 1

Omdat de luchtweerstand verwaarloosd wordt, geldt: $v(t) = gt$.

Invullen levert: $\frac{240}{3,6} = 9,81 \cdot t \rightarrow t = 6,796$ s.

Voor de hoogte geldt: $h = s(t) = \frac{1}{2}gt^2 = \frac{1}{2} \cdot 9,81 \cdot (6,796)^2 = 2,27 \cdot 10^2$ m.

- inzicht in de eenparig versnelde beweging 1
- gebruik van $v(t) = gt$ en $s(t) = \frac{1}{2}gt^2$ 1
- completeren van de berekening 1

methode 2

Omdat de luchtweerstand verwaarloosd wordt, geldt: $mgh = \frac{1}{2}mv^2$.

Wegdelen van m en invullen levert: $9,81 \cdot h = \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{240}{3,6}\right)^2$.

Dit levert: $h = 2,27 \cdot 10^2$ m.

- inzicht dat energiebehoud geldt 1
- gebruik van $E_z = mgh$ en $E_k = \frac{1}{2}mv^2$ 1
- completeren van de berekening 1

Vraag	Antwoord	Scores
-------	----------	--------

2 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:

Voor de maximale luchtstroom geldt: $Q = 3,5 \cdot 10^6 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1} = 9,72 \cdot 10^2 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$.

Hieruit volgt voor de maximale luchtsnelheid:

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{9,72 \cdot 10^2}{14,6} = 66,6 \text{ m s}^{-1} = 2,4 \cdot 10^2 \text{ km h}^{-1}.$$

- inzicht dat $Q = vA$ 1
- completeren van de berekening 1

Opmerking

Voor de maximale luchtstroom mag elk symbool gekozen worden.

3 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:

Om het grote vermogen te bereiken is bij een hogere spanning een lagere stroomsterkte nodig. Dus is er ook minder verlies / is er minder warmte-ontwikkeling in de installatie / zijn er dunnere draden mogelijk.

- inzicht dat bij een gelijk vermogen bij een hoge spanning een kleine stroomsterkte nodig is 1
- inzicht dat er daardoor minder verlies is / minder warmte-ontwikkeling is / dunnere draden mogelijk zijn 1

4 maximumscore 4

uitkomst: $v = 5 \cdot 10^1 \text{ m s}^{-1} (= 2 \cdot 10^2 \text{ km h}^{-1})$

voorbeeld van een antwoord:

Omdat de skydiver stil hangt, geldt: $F_w = F_z = mg = 70 \cdot 9,81 = 687 \text{ N}$.

De oppervlakte van de skydiver wordt geschat op: $A = 0,8 \text{ m}^2$.

Invullen van $F_w = \frac{1}{2} C_w \rho A v^2$ levert: $687 = \frac{1}{2} \cdot 0,50 \cdot 1,293 \cdot 0,8 \cdot v^2$.

Dit levert: $v = 5 \cdot 10^1 \text{ m s}^{-1} = 2 \cdot 10^2 \text{ km h}^{-1}$.

- inzicht dat $F_w = F_z$ 1
- gebruik van $F_w = \frac{1}{2} C_w \rho A v^2$ en opzoeken van ρ van lucht 1
- schatting van de frontale oppervlakte van de skydiver (met een marge van $0,3 \text{ m}^2$) 1
- completeren van de berekening 1

Vraag	Antwoord	Scores
-------	----------	--------

5 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:

De frontale oppervlakte en/of de luchtweerstandscoefficiënt van de skydiver wordt groter. De op de skydiver werkende luchtweerstandskracht wordt dus ook groter. De luchtweerstandskracht wordt (gedurende een korte tijd) groter dan de zwaartekracht en dus zal de skydiver omhoog bewegen.

- inzicht in groter worden van de frontale oppervlakte en/of de luchtweerstandscoefficiënt 1
- inzicht dat $F_w > F_z$ en consequente conclusie 1

Opgave 2 WMAP

6 maximumscore 4

voorbeeld van een antwoord:

Voor een cirkelbeweging is een middelpuntzoekende kracht nodig.

Hiervoor geldt: $F_{\text{mpz}} = \frac{mv^2}{r}$. Voor de baansnelheid geldt: $v = \frac{2\pi r}{T}$.

Dus geldt: $F_{\text{mpz}} = \frac{m4\pi^2 r}{T^2}$.

$$r = 0,1496 \cdot 10^{12} + 1,5 \cdot 10^9 = 0,1511 \cdot 10^{12} \text{ m.}$$

$$T = 365 \text{ dag} = 365 \cdot 24 \cdot 3600 = 3,15 \cdot 10^7 \text{ s.}$$

$$\text{Dit levert: } F_{\text{mpz}} = \frac{840 \cdot 4\pi^2 \cdot 0,1511 \cdot 10^{12}}{(3,15 \cdot 10^7)^2} = 5,0 \text{ N.}$$

- inzicht dat $F_{\text{res}} = F_{\text{mpz}} = \frac{mv^2}{r}$ 1
- gebruik van $v = \frac{2\pi r}{T}$ met $T = 365 \text{ dag}$ 1
- inzicht dat $r = 149,6 \text{ miljoen km} + 1,5 \text{ miljoen km}$ 1
- completeren van het antwoord 1

Vraag	Antwoord	Scores
-------	----------	--------

7 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

methode 1

Het volstaat om één van de twee gravitatiekrachten uit te rekenen.

Voor de gravitatiekracht van de zon geldt:

$$F_g = G \frac{mM}{r^2} = 6,673 \cdot 10^{-11} \frac{840 \cdot 1,989 \cdot 10^{30}}{(0,1511 \cdot 10^{12})^2} = 4,88 \text{ N.}$$

Voor de gravitatiekracht van de aarde geldt:

$$F_g = G \frac{mM}{r^2} = 6,673 \cdot 10^{-11} \frac{840 \cdot 5,976 \cdot 10^{24}}{(1,5 \cdot 10^9)^2} = 0,15 \text{ N.}$$

(Dus de zon levert aan de kracht de grootste bijdrage.)

- gebruik van $F_g = G \frac{mM}{r^2}$ 1
- opzoeken van de massa van de zon of de aarde 1
- completeren van het antwoord 1

methode 2

Voor de gravitatiekracht geldt: $F_g = G \frac{mM}{r^2}$.

Dus geldt voor de verhouding van de gravitatiekrachten:

$$\frac{F_{g,aarde}}{F_{g,zon}} = \frac{G \frac{m_{wmap} \cdot M_{aarde}}{r_{wmap-aarde}^2}}{G \frac{m_{wmap} \cdot M_{zon}}{r_{wmap-zon}^2}} = \frac{M_{aarde}}{M_{zon}} \cdot \left(\frac{r_{wmap-zon}}{r_{wmap-aarde}} \right)^2 =$$

$$\frac{5,976 \cdot 10^{24}}{1,989 \cdot 10^{30}} \left(\frac{0,1511 \cdot 10^{12}}{1,5 \cdot 10^9} \right)^2 = 0,030.$$

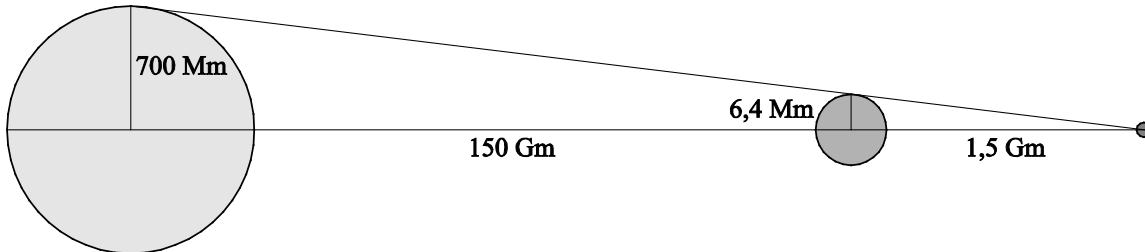
(Dus de zon levert aan de kracht de grootste bijdrage.)

- gebruik van $F_g = G \frac{mM}{r^2}$ 1
- opzoeken van de massa's van de zon en de aarde 1
- completeren van het antwoord 1

8 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

Een tekening op schaal maken lukt niet. Wel een tekening met de juiste verhoudingen.



methode 1

In de figuur een uiterste straal van de rand van de zon naar WMAP tekenen.

Uit de tekening bereken je voor de straal van de aarde:

$$r = 696 \cdot 10^6 \frac{1,5}{151,5} = 6,9 \cdot 10^6 \text{ m.}$$

Dit is meer dan de werkelijke straal van de aarde: $6,4 \cdot 10^6 \text{ m}$.

Dus staat MWAP niet volledig in de schaduw van de aarde.

- inzicht dat $r = 696 \cdot 10^6 \frac{1,5}{151,5} = 6,9 \cdot 10^6 \text{ m}$ 1
- opzoeken van de stralen van de aarde en de zon 1
- completeren van het antwoord 1

methode 2

Reken de hoek uit waarmee je vanaf WMAP de aarde en de zon ziet:

$$\tan \angle_{\text{aarde}} = \frac{6,4 \cdot 10^6}{1,5 \cdot 10^9} = 4,3 \cdot 10^{-3}$$

$$\tan \angle_{\text{zon}} = \frac{700 \cdot 10^6}{0,1511 \cdot 10^{12}} = 4,6 \cdot 10^{-3}$$

De (tangens van de) hoek van de zon is groter dan van de aarde.

Dus staat MWAP niet volledig in de schaduw van de aarde.

- inzicht dat de (tangens van de) gezichtshoeken vergeleken kunnen worden 1
- opzoeken van de stralen van de aarde en de zon 1
- completeren van het antwoord 1

Vraag	Antwoord	Scores
-------	----------	--------

9 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

Een schatting van de energie die per seconde per m^2 het oppervlakte treft, geeft: $E = 10 \cdot 14 \cdot 10^{-8} = 1,4 \cdot 10^{-6}$ J.

Een schatting voor de gemiddelde energie van een foton in het

golflengtegebied geeft: $E_f = \frac{hc}{\lambda} = \frac{6,6 \cdot 10^{-34} \cdot 3,0 \cdot 10^8}{1,5 \cdot 10^{-3}} = 1,32 \cdot 10^{-22}$ J.

Dus geldt voor het aantal fotonen per seconde: $n = \frac{1,4 \cdot 10^{-6}}{1,32 \cdot 10^{-22}} = 1,0 \cdot 10^{16}$.

(Dus schatting c is de beste.)

- bepalen van de energie per seconde die een oppervlakte van $1 m^2$ treft 1
- gebruik van $E_f = \frac{hc}{\lambda}$ 1
- completeren van de berekening 1

10 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:

Voor de golflengte van de maximum intensiteit geldt: $\lambda_{\max} T = k_w$.

Invullen levert: $T = \frac{2,898 \cdot 10^{-3}}{1,1 \cdot 10^{-3}} = 2,6$ K.

- gebruik van $\lambda_{\max} T = k_w$ 1
- completeren van de berekening 1

11 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

De dopplerformule voor de snelheid van de bron luidt: $v = \frac{\Delta\lambda}{\lambda} c$.

Bij een temperatuur van 3000 K horen golflengtes die (ongeveer) 1000 maal kleiner is dan de waargenomen golflengtes.

In de formule levert dat voor de snelheid van de bron $v = 1000c$.

- gebruik van $v = \frac{\Delta\lambda}{\lambda} c$ 1
- schatten van de golflengte bij 3000 K 1
- completeren van het antwoord 1

Opgave 3 Ukelele

12 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:

De lengte van alle snaren is gelijk. De golflengte in de verschillende snaren is dus ook bij elke snaar gelijk. De frequentie van de tonen zijn echter niet gelijk. Uit $v = \lambda f$ volgt dat de golfsnelheid in de snaren dan niet gelijk kan zijn.

- inzicht in een gelijke golflengte bij elke snaar 1
- completeren van de uitleg 1

13 maximumscore 2

uitkomst: $f = 1,32$ kHz

voorbeeld van een bepaling:

Er is sprake van twee vaste uiteinden en dus verhouden de frequenties van de grondtoon en de boventonen zich tot elkaar als 1 : 2 : 3 : enz.

In onderstaande tabel staan de grondtoon en boventonen weergegeven:

	$n = 1$	$n = 2$	$n = 3$	$n = 4$
3	330 Hz	660 Hz	990 Hz	1320 Hz
4	440 Hz	880 Hz	1320 Hz	1760 Hz

De derde boventoon van snaar 3 heeft dus dezelfde frequentie als de tweede boventoon van snaar 4.

Voor die frequentie geldt: $f = 4 \cdot 330 = 3 \cdot 440 = 1320$ Hz = 1,32 kHz.

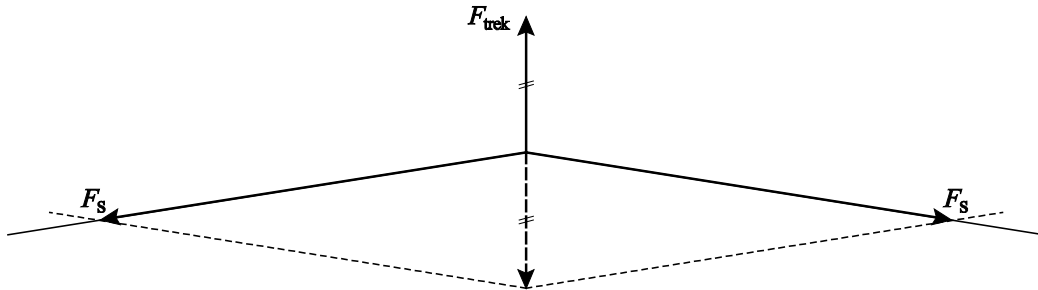
- inzicht dat de frequenties zich verhouden als 1 : 2 : 3 : enz. 1
- completeren van de bepaling 1

14 maximumscore 5

uitkomst: $F = 33 \text{ N}$

voorbeeld van een antwoord:

– De tekening is:



– Voor de hoek van de snaar met de horizontaal geldt:

$$\alpha = \tan^{-1}\left(\frac{1,0}{17,5}\right) = 3,27^\circ.$$

De spankracht is te berekenen met: $\sin \alpha = \frac{\frac{1}{2} F_{\text{trek}}}{F_{\text{span}}}$.

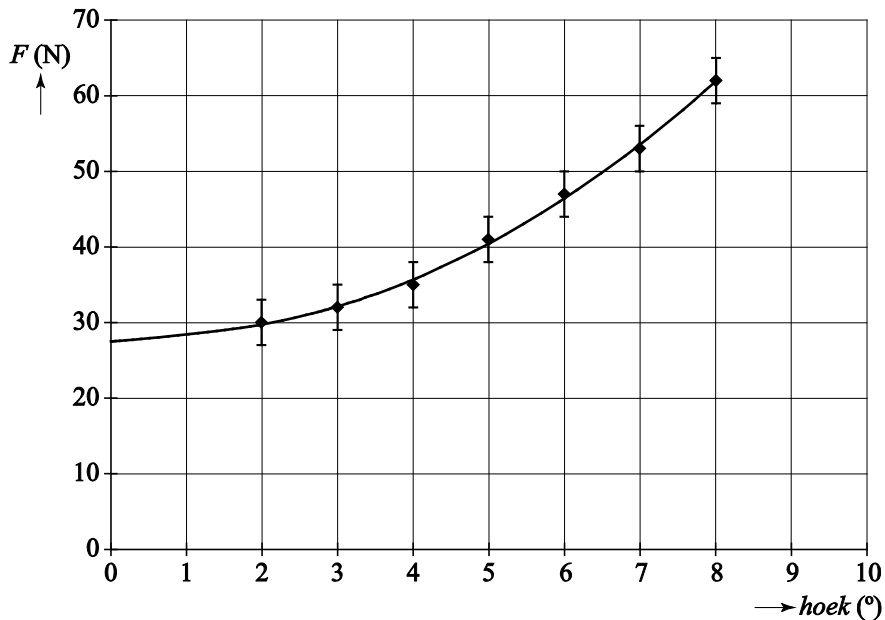
$$\text{Dus geldt: } F_{\text{span}} = \frac{\frac{1}{2} F_{\text{trek}}}{\sin \alpha} = \frac{\frac{1}{2} \cdot 3,8}{\sin(3,27^\circ)} = 33 \text{ N}.$$

- tekenen van de spankracht aan minstens één zijde van de snaar 1
- inzicht dat de resulterende kracht op de snaar gelijk is aan 0 N 1
- berekenen van de hoek van de snaar en de horizontaal 1
- inzicht dat geldt $F_{\text{span}} = \frac{\frac{1}{2} F_{\text{trek}}}{\sin \alpha}$ 1
- completeren van de berekening 1

15 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

- De snaar is voorgespannen. Om die reden zal de grafiek niet door de oorsprong gaan.
- Door de meetpunten kan een vloeiende kromme getrokken worden. Het resultaat daarvan is:



Het snijpunt met de verticale as geeft de spankracht van de snaar als er niet aan getrokken wordt: $F_{\text{span}} = 27 \text{ N}$.

- inzicht dat de snaar is voorgespannen 1
- tekenen van een vloeiende (niet rechte) kromme door de meetpunten 1
- aflezen van de spankracht (met een marge van 2 N) 1

Opmerking

Als de kandidaat een rechte lijn trekt door de punten: maximaal 1 scorepunt toekennen.

Vraag	Antwoord	Scores
-------	----------	--------

16 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

Er geldt: $v = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$. Invullen levert: $\lambda f = \sqrt{\frac{F\ell}{m}} \rightarrow F = \frac{\lambda^2 f^2 m}{\ell}$.

Ook geldt: $m = \rho V$. Voor het volume van de snaar geldt: $V = \frac{1}{4} \pi d^2 \ell$.

Dit geeft: $m = \rho \frac{1}{4} \pi d^2 \ell$. Invullen geeft de gevraagde formule:

$$F = \frac{\lambda^2 f^2 \rho \frac{1}{4} \pi d^2 \ell}{\ell} = \frac{\lambda^2 f^2 \pi d^2 \rho}{4}$$

- gebruik van $v = \lambda f$ 1
- gebruik van $m = \rho V$ met $V = \frac{1}{4} \pi d^2 \ell$ 1
- completeren van de afleiding 1

17 maximumscore 3

uitkomst: $F = 28 \text{ N}$

voorbeeld van een bepaling:

Er geldt: $\lambda = 2\ell = 2 \cdot 0,350 = 0,700 \text{ m}$.

Invullen levert:

$$F = \frac{\lambda^2 f^2 \pi d^2 \rho}{4} = \frac{(0,700)^2 \cdot 392^2 \cdot \pi \cdot (0,65 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 1,14 \cdot 10^3}{4} = 28 \text{ N}$$

- inzicht dat $\lambda = 2\ell$ 1
- gebruik van $F = \frac{\lambda^2 f^2 \pi d^2 \rho}{4}$ met $\rho = 1,14 \cdot 10^3 \text{ kg m}^{-3}$ 1
- completeren van de bepaling 1

18 maximumscore 2

uitkomst: $\frac{F_{\text{gitaar}}}{F_{\text{ukelele}}} = 3,40$

voorbeeld van een bepaling:

De enige factor in formule (2) die verandert is de golflengte.

De verhouding tussen de golflengten is: $\frac{\lambda_{\text{gitaar}}}{\lambda_{\text{ukelele}}} = \frac{64,5}{35,0} = 1,843$.

Voor de verhouding tussen de spankrachten geldt dan:

$$\frac{F_{\text{gitaar}}}{F_{\text{ukelele}}} = (1,843)^2 = 3,40$$

- inzicht dat alleen de verhouding tussen λ^2 een rol speelt 1
- completeren van de bepaling 1

Opgave 4 Faradaymotor

19 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 $\frac{3}{\frac{1}{5^2}} = 75$ 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

20 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

21 maximumscore 4

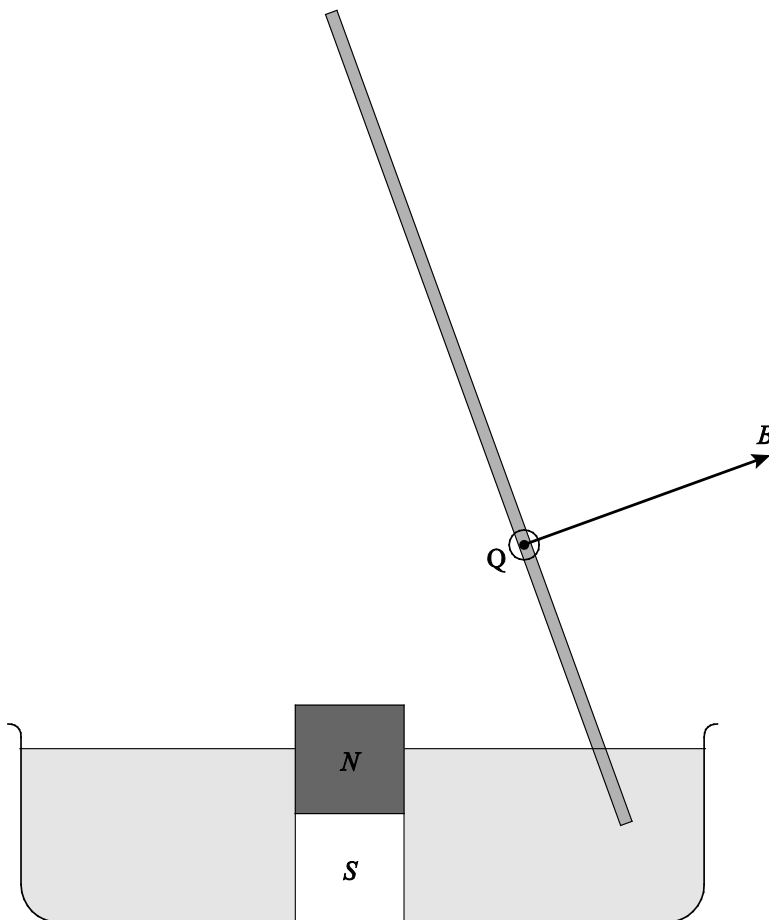
voorbeeld van een antwoord:

- De richting van het magneetveld in punt Q is loodrecht op het staafje, naar rechts(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

Vraag	Antwoord	Scores
-------	----------	--------

22 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 de 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 5 Tritium in een kerncentrale

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

Vraag	Antwoord	Scores
-------	----------	--------

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.)

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

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

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.