Vraag	Antwoord	Scores

Mechanische doping

1 maximumscore 5

uitkomst: $V = 2,7 \cdot 10^{-4}\ \text{m}^3$

voorbeeld van een berekening:
Er geldt: $E_{\text{nuttig}} = Pt = 250 \cdot 0,5 = 125\ \text{Wh}$.

Dus geldt: $E_{\text{in}} = \dfrac{E_{\text{nuttig}}}{\eta} = \dfrac{125}{0,80} = 156\ \text{Wh}$.

De batterij heeft een energiedichtheid van 190 $\text{Wh}\,\text{kg}^{-1}$.

Dus geldt voor de massa van de batterij: $m = \dfrac{156}{190} = 0,822\ \text{kg}$.

Dus geldt voor het volume: $V = \dfrac{m}{\rho} = \dfrac{0,822}{3,0 \cdot 10^3} = 2,7 \cdot 10^{-4}\ \text{m}^3 = 0,27\ \text{dm}^3$.

- inzicht dat $E = Pt$ 1
- in rekening brengen van het rendement 1
- inzicht dat $m = \dfrac{\text{Energie}}{\text{Energiedichtheid}}$ 1
- gebruik van $\rho = \dfrac{m}{V}$ 1
- completeren van de berekening 1

2 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:
Er geldt: $\lambda_{\text{max}} T = k_{\text{W}}$. De temperatuur van de kuit zal ongeveer 300 K zijn.
Dus geldt voor de maximale golflengte:

$$\lambda_{\text{max}} = \frac{k_{\text{w}}}{T} \rightarrow \lambda_{\text{max}} = \frac{2,90 \cdot 10^{-3}}{3,0 \cdot 10^2} = 9,7 \cdot 10^{-6}\ \text{m}.$$

Dit is infrarood. (Hiervoor is de camera gevoelig.)

- schatten van de temperatuur tussen 293 K en 315 K 1
- gebruik van de wet van Wien 1
- completeren van de berekening en het antwoord 1

Opmerkingen
– *In deze vraag significantie uiteraard niet aanrekenen.*
– *Bij het derde scorepunt 'warmtestraling' goed rekenen.*

Vraag	Antwoord	Scores

3 maximumscore 5

uitkomst: $t = 9{,}4$ h

voorbeeld van een berekening:
Voor de weerstand van één elektromagneet geldt:

$$R = \rho\frac{\ell}{A} = 16{,}8\cdot 10^{-9}\,\frac{3{,}0}{\pi(0{,}25\cdot 10^{-3})^2} = 0{,}257\ \Omega.$$

Dus geldt voor de totale weerstand: $R_{\text{totaal}} = 24\cdot 0{,}257 = 6{,}16\ \Omega.$

Voor de stroomsterkte geldt: $I = \dfrac{U}{R} = \dfrac{1{,}5}{6{,}16} = 0{,}243$ A.

Dus geldt voor de gebruikstijd: $t = \dfrac{C}{I} = \dfrac{2{,}3}{0{,}243} = 9{,}4$ h.

- gebruik van $R = \rho\dfrac{\ell}{A}$ met $\rho = 16{,}8\cdot 10^{-9}\ \Omega\,\text{m}$ — 1
- gebruik van $A = \frac{1}{4}\pi d^2$ of van $A = \pi r^2$ met $r = \frac{1}{2}d$ — 1
- gebruik van $I = \dfrac{U}{R}$ — 1
- inzicht dat $t = \dfrac{C}{I}$ — 1
- completeren van de berekening — 1

Opmerking
De waarde $16{,}8\cdot 10^{-9}\ \Omega\,\text{m}$ *zoals gebruikt voor de soortelijke weerstand staat in ScienceData. Als de kandidaat in plaats daarvan* $17\cdot 10^{-9}\ \Omega\,\text{m}$ *heeft gebruikt zoals gegeven in Binas, dit uiteraard goed rekenen.*

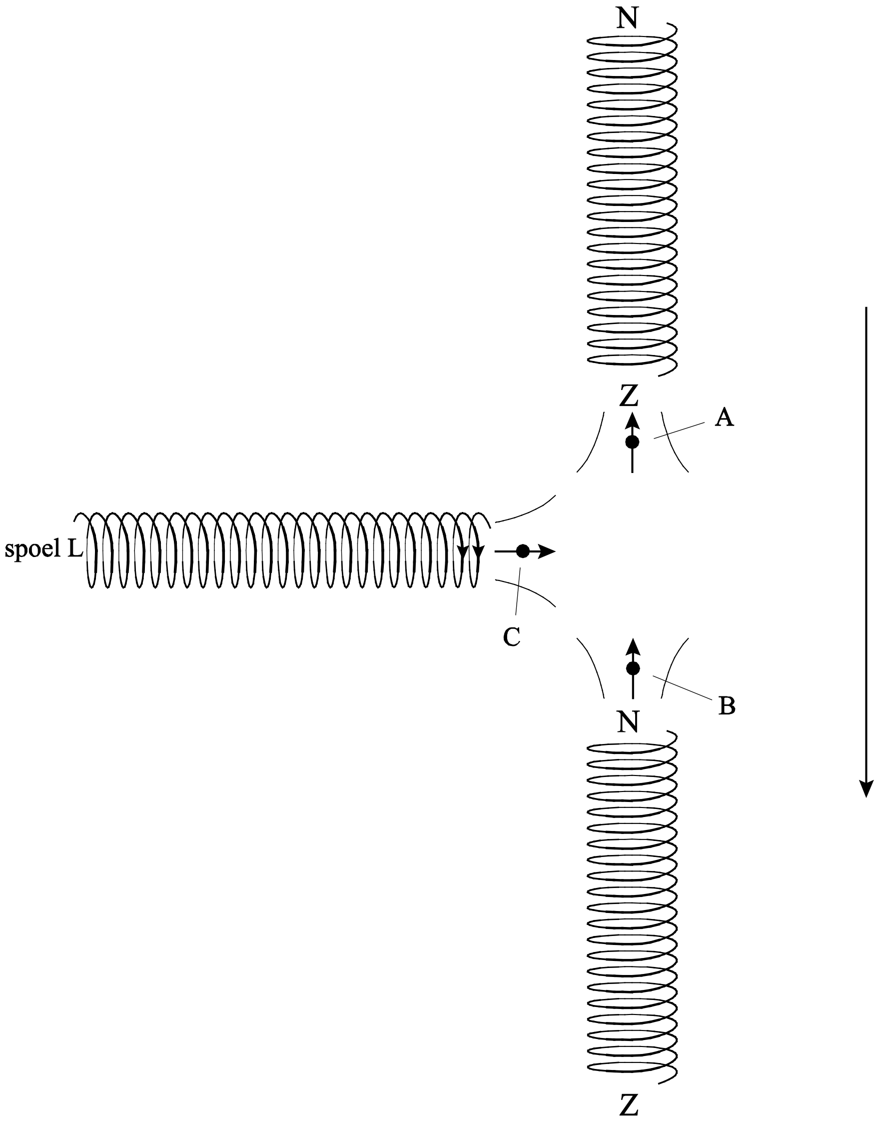
4 maximumscore 1

antwoord: (elektromagnetische) inductie

Vraag	Antwoord	Scores

5 **maximumscore 4**

voorbeeld van een antwoord:



- juiste richting van de pijl in punt A 1
- juiste richting van de pijl in punt B 1
- juiste richting van de pijl in punt C 1
- stroomrichting in spoel L consequent aan de richting in C 1

Vraag	Antwoord	Scores

6 **maximumscore 2**

voorbeeld van een antwoord:
Spoel L moet een magneetveld geven op het moment dat de tussenruimte ter hoogte van de spoel is, op andere momenten moet er geen magneetveld zijn. Dus bij een grotere / kleinere snelheid moet de stroom sneller / langzamer aan- en uitgaan (en moet de frequentie dus aangepast worden).

- inzicht dat de spoel alleen een magneetveld moet geven bij een bepaalde stand van de elektromagneten 1
- inzicht dat bij een grotere / kleinere snelheid de stroom in spoel L sneller / langzamer aan en uit moet gaan 1

Gravitron

7 **maximumscore 4**

uitkomst: $s = 1{,}3 \cdot 10^3$ m

voorbeeld van een bepaling:

(Het toerental van 22 (min^{-1}) komt overeen met een $\dfrac{22}{60}$ omwentelingen per seconde.)
Uit de oppervlakte onder het diagram van figuur 3 volgt het aantal omwentelingen tijdens een rit. Hiervoor geldt:
$n = \frac{1}{2} \cdot \dfrac{22}{60} \cdot 40 + \dfrac{22}{60} \cdot 140 + \frac{1}{2} \cdot \dfrac{22}{60} \cdot 30 = 64$ omwentelingen.
Voor de afstand die de passagier dan aflegt, geldt:
$s = n(\pi d) = 64 \cdot \pi \cdot 6{,}4 = 1{,}3 \cdot 10^3$ m.

- omrekenen van toerental naar omloopfrequentie (in s^{-1}) of omlooptijd (in s) / van tijd naar minuten 1
- vaststellen van het aantal omwentelingen (met een marge van 5 omwentelingen) 1
- gebruik van $\text{omtrek} = \pi d$ of van $\text{omtrek} = 2\pi r$ met $r = \frac{1}{2}d$ 1
- completeren van de bepaling 1

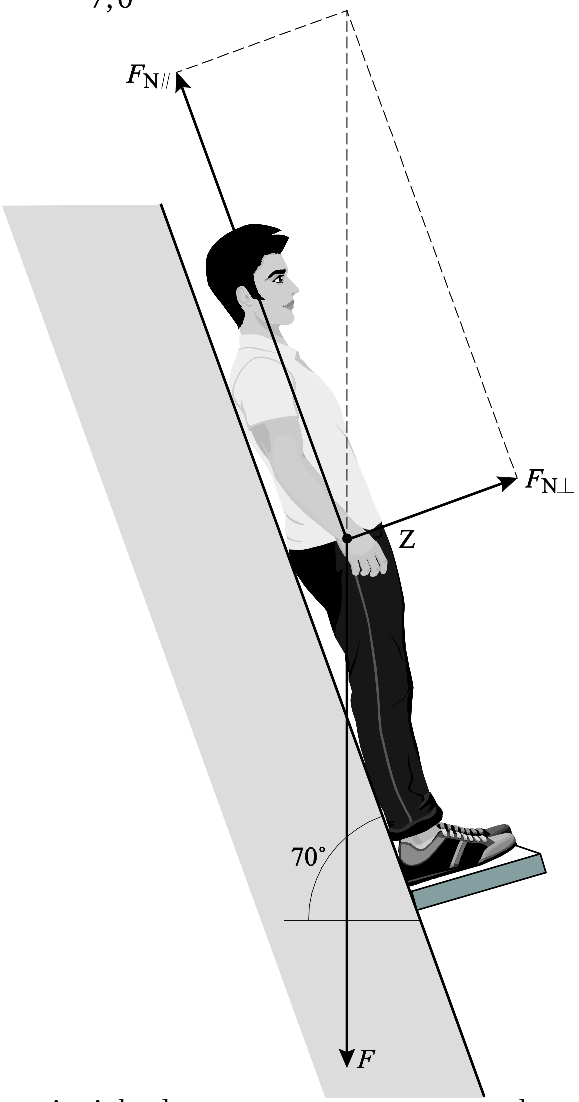
Vraag	Antwoord	Scores

8 **maximumscore 4**
voorbeeld van een antwoord:
Voor de zwaartekracht op de passagier geldt: $F_z = mg = 71 \cdot 9{,}81 = 697$ N.
Dit is aangegeven in de figuur met een pijl van 7,0 cm lengte.
De vectorpijl van de kracht van de vloer op de passagier is 6,6 cm lang.
Dus geldt voor de grootte van deze kracht:

$$F_{z//} = \frac{6{,}6}{7{,}0} \cdot 697 = 6{,}6 \cdot 10^2 \text{ N} \text{ (met een marge van } 0{,}4 \cdot 10^2 \text{ N).}$$

Analoog geldt voor de kracht loodrecht op de wand:

$$F_{z\perp} = \frac{2{,}4}{7{,}0} \cdot 697 = 2{,}4 \cdot 10^2 \text{ N} \text{ (met een marge van } 0{,}4 \cdot 10^2 \text{ N).}$$



- inzicht dat er een component van de zwaartekracht loodrecht op de wand werkt — 2
- consequente constructie van de ontbinding van F_z in twee componenten — 2

Opmerking
De naamlabels bij de geconstrueerde krachten mogen genegeerd worden.

Vraag	Antwoord	Scores

9 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:
Als de Gravitron draait, is er een middelpuntzoekende kracht nodig om de passagier in de cirkelbeweging te houden. Deze kracht wordt geleverd door (de horizontale component van) de normaalkracht. (In een draaiende Gravitron zal de normaalkracht dus groter moeten worden.)

- inzicht dat er een middelpuntzoekende kracht nodig is bij draaiing 1
- inzicht dat de middelpuntzoekende kracht geleverd wordt door (de horizontale component van) de normaalkracht 1

10 maximumscore 4

voorbeeld van een antwoord:

– Voor de middelpuntzoekende kracht geldt: $F_{\text{mpz}} = \dfrac{mv^2}{r}$ met $v = \dfrac{2\pi r}{T}$.

  Dit levert: $F_{\text{mpz}} = \dfrac{4\pi^2 mr}{T^2}$.

– Als de straal van de baan groter is, is de benodigde middelpuntzoekende kracht ook groter. Als het hoofd boven is (situatie A), is de straal van de baan groter en zal het voor de passagier dus meer moeite kosten het hoofd op te lichten.

- inzicht dat $F_{\text{mpz}} = \dfrac{mv^2}{r}$ en $v = \dfrac{2\pi r}{T}$ 1
- completeren van het antwoord 1
- inzicht dat de straal van de baan groter is in de stand met het hoofd boven (situatie A) 1
- consequente conclusie 1

Vraag	Antwoord	Scores

Kleurstoflaser

11 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:
(Alle fotonen in de laserruimte zijn identiek en de individuele golven hebben dus (gereduceerd) faseverschil nul.) Door constructieve interferentie worden de amplitudes bij elkaar opgeteld en wordt de totale amplitude en dus de laserintensiteit groot. Dit is niet zo bij een gewone lichtbron, omdat er zonder een vast faseverschil geen constructieve interferentie optreedt.

- inzicht dat de lichtgolven in figuur 2b in fase zijn 1
- inzicht dat bij een laser wel en bij een gewone lichtbron geen constructieve interferentie optreedt 1

Opmerkingen
- *Als de kandidaat (gedeeltelijke) destructieve interferentie bij een gewone lichtbron noemt: goed rekenen.*
- *Het begrip constructieve interferentie hoeft niet genoemd te worden.*

12 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:
Er geldt: $\Delta E = \dfrac{hc}{\lambda}$. Bij emissie is ΔE door het (stralingsloze) energieverlies kleiner geworden ten opzichte van ΔE bij absorptie.
Dat betekent dat λ groter is geworden.
(Dat wil zeggen dat de piek meer naar het rechts verschoven is.)

- inzicht dat ΔE bij emissie kleiner is dan bij absorptie 1
- inzicht dat ΔE omgekeerd evenredig is met λ 1

Vraag	Antwoord	Scores

13 maximumscore 4

voorbeeld van een antwoord:

De grondtoestand heeft 22 elektronen. De hoogste *n*-waarde is dus:

$n=\frac{22}{2}=11.$ De laagste onbezette toestand wordt daarmee *n* = 12.

Dus geldt: $\Delta E=E_{12}-E_{11}.$

Voor de energie van een toestand geldt: $E_n=\frac{n^2h^2}{8mL^2}.$

Invullen levert: $\Delta E=E_{12}-E_{11}=\frac{\left(12^2-11^2\right)h^2}{8mL^2}.$

Er geldt: $\Delta E=\frac{hc}{\lambda}.$

Omschrijven levert: $L=\sqrt{\frac{\lambda\cdot(12^2-11^2)\cdot h}{8mc}}.$

- inzicht dat de absorptie de overgang $n=11\rightarrow n=12$ betreft — 1
- gebruik van $E_n=\frac{n^2h^2}{8mL^2}$ — 1
- inzicht dat $\Delta E=\frac{hc}{\lambda}$ — 1
- completeren van de afleiding — 1

14 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

Aflezen voor de linkerpiek in figuur 3b levert: $\lambda=5,6\cdot10^{-7}$ m (met een marge van $0,2\cdot10^{-7}$ m).

Invullen levert: $L=\sqrt{\frac{5,6\cdot10^{-7}\cdot23\cdot6,63\cdot10^{-34}}{8\cdot9,11\cdot10^{-31}\cdot3,00\cdot10^{8}}}=2,0\cdot10^{-9}\text{ m}=2,0\text{ nm}.$

(Dit komt bij benadering overeen met de waarde in figuur 4.)

- inzicht dat $\lambda=5,6\cdot10^{-7}$ m (met een marge van $0,2\cdot10^{-7}$ m) — 1
- gebruik van de formule en opzoeken van *m*, *c* en *h* — 1
- completeren van de berekening — 1

Opmerkingen

– *De kandidaat mag de rechterpiek, de linkerpiek of het gemiddelde aflezen.*

– *In deze vraag significantie uiteraard niet aanrekenen.*

Vraag	Antwoord	Scores

Ontspannen lopen

15 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:

Het genormaliseerde vermogen $\tilde{P}$ is onafhankelijk van de massa. Omdat $P = m\tilde{P}$, geldt de aanname dat het geleverde vermogen P recht evenredig is met de massa m.

- inzicht dat $\tilde{P}$ onafhankelijk is van de massa 1
- conclusie dat P recht evenredig is met de massa 1

16 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

Het vermogen om recht overeind te staan is onafhankelijk van de snelheid en dus gelijk aan de constante q: $P_{\text{stil}} = q$.

Voor de voortbeweging geldt dat de netto spierkracht evenredig is met de snelheid: $F = pv$, zodat $P_{\text{bew}} = Fv = pv^2$.

Opgeteld: $\tilde{P} = P_{\text{bew}} + P_{\text{stil}} = pv^2 + q$.

- inzicht dat $\tilde{P} = P_{\text{bew}} + P_{\text{stil}}$ 1
- gebruik van $P = Fv$ 1
- completeren van het antwoord 1

17 maximumscore 5

uitkomst: $E_{\text{in}} = 5,6 \cdot 10^6$ J

voorbeeld van een bepaling:

Er geldt: $v^2 = \left(\dfrac{7,0}{3,6}\right)^2 = 3,78 \text{ m}^{-2}\text{ s}^{-2}$.

Aflezen in figuur 3 geeft: $\tilde{P} = 3,90 \text{ W kg}^{-1}$.

Er geldt: $P = m\tilde{P} = 80 \cdot 3,90 = 312$ W.

Er geldt: $E_{\text{nuttig}} = Pt = 312 \cdot 3600 = 1,12 \cdot 10^6$ J.

Dus geldt: $E_{\text{in}} = \dfrac{1,12 \cdot 10^6}{0,20} = 5,6 \cdot 10^6$ J.

- uitrekenen van v^2 in de eenheid $\text{m}^2\text{ s}^{-2}$ 1
- aflezen van $\tilde{P}$ in figuur 3 met een marge van $0,2 \text{ W kg}^{-1}$ 1
- inzicht dat $P = m\tilde{P}$ 1
- gebruik van $E = Pt$ en toepassen van de factor 0,20 1
- completeren van de bepaling 1

Vraag	Antwoord	Scores

18 **maximumscore 3**

uitkomst: $S = 0,76$ m (met een marge van 0,08 m)

voorbeeld van een bepaling:
De optimale stapgrootte komt overeen bij het minimum in R.
Dit minimum ligt in figuur 4b bij $v = 1,25 \text{ m s}^{-1}$. Aflezen bij deze snelheid in figuur 4a levert: $f = 1,65$ Hz.
Hieruit volgt: $S = \frac{v}{f} = \frac{1,25}{1,65} = 0,76$ m.

- aflezen van v bij het minimum van R en bepalen van de overeenkomstige waarde van f — 1
- inzicht dat $S = \frac{v}{f}$ — 1
- completeren van de bepaling — 1

Vraag	Antwoord	Scores

Wijnfraude opsporen

19 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

$t_{\frac{1}{2}}$ van C-14 is 5730 jaar. Dit is te lang, dan is er na 5 jaar nog geen meetbare verandering in activiteit.

$t_{\frac{1}{2}}$ van O-15 is 122 seconde. Dit is te kort, na 5 jaar is er geen activiteit meer.

$t_{\frac{1}{2}}$ van H-3 is 12,3 jaar. Dit is goed, na 5 jaar is er meetbaar verschil.

- opzoeken van de halveringstijden van de drie isotopen 1
- aangeven dat de halveringstijd van C-14 te groot is en die van O-15 te klein is 1
- conclusie dat de halveringstijd van H-3 meetbare veranderingen in de activiteit geeft 1

20 maximumscore 4

voorbeeld van een antwoord:

De energie van de β-straling van H-3 bedraagt 0,018 MeV.

Aflezen in de grafiek van figuur 1 geeft $\rho R = 4 \cdot 10^{-4}$ g cm^{-2}.

Er geldt: $\rho_{\text{glas}} = 2{,}5\ \text{g cm}^{-3}$ of hoger.

Dus geldt voor de maximale waarde van de dracht:

$$R = \frac{4 \cdot 10^{-4}}{2{,}5} = 1{,}6 \cdot 10^{-4}\ \text{cm}.$$

(Dit is veel minder dan de dikte van het glas. Dus komt er geen β-straling door het glas.)

- opzoeken van de energie van de β-straling van H-3 1
- aflezen van de bijbehorende waarde van ρR (met een marge van $1 \cdot 10^{4}$ g cm^{-2}) 1
- opzoeken van de minimale waarde voor de dichtheid van glas 1
- completeren van de berekening 1

Opmerking

In deze vraag significantie uiteraard niet aanrekenen.

Vraag	Antwoord	Scores

21 **maximumscore 3**

voorbeeld van een antwoord:

$${}^{137}_{55}\text{Cs} \rightarrow {}^{137}_{56}\text{Ba} + {}^{0}_{-1}\text{e} + {}^{0}_{0}\gamma (+\bar{\nu}_e)$$

- elektron en γ-foton rechts van de pijl — 1
- Ba-137 als eindproduct — 1
- aantal nucleonen links en rechts gelijk — 1

Opmerking
De vervalvergelijking mag ook in twee stappen gegeven worden.

22 **maximumscore 3**

uitkomst: $\lambda = 1{,}9 \cdot 10^{-12}$ m

voorbeeld van een berekening:
Voor de energie van het γ-foton geldt:
$E_\text{f} = 1{,}17 - 0{,}51 = 0{,}66 \text{ MeV} = 0{,}66 \cdot 1{,}602 \cdot 10^{-13} = 1{,}06 \cdot 10^{-13}$ J.

Dan geldt voor de golflengte: $\lambda = \dfrac{hc}{E_\text{f}} = \dfrac{6{,}63 \cdot 10^{-34} \cdot 3{,}00 \cdot 10^{8}}{1{,}06 \cdot 10^{-13}} = 1{,}9 \cdot 10^{-12}$ m.

- inzicht dat E_f gelijk is aan $1{,}17 - 0{,}51$ MeV — 1
- gebruik van $E_\text{f} = \dfrac{hc}{\lambda}$ — 1
- completeren van de berekening — 1

Opmerking
Als het eerste scorepunt niet behaald is, kan het derde scorepunt wel behaald worden.

Vraag	Antwoord	Scores

23 maximumscore 4

uitkomst: $A = 2,0 \cdot 10^2$ mBq $= 0,20$ Bq

voorbeeld van een bepaling:
Uit figuur 3 volgt dat een fles wijn uit 1960 in 2000 een activiteit had van 400 mBq L^{-1}. Halverwege 2018 is dus 18,5 jaar later.
$t_{\frac{1}{2}}$ van Cs-137 bedraagt 30 jaar.
Dus geldt voor de activiteit van de wijn halverwege 2018:

$$A = A_0 \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{t_{\frac{1}{2}}}} = 400\left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{18,5}{30}} = 2,6 \cdot 10^2 \text{ mBq L}^{-1}.$$

Dus geldt voor een fles van 75 cL: $A = 2,0 \cdot 10^2$ mBq $= 0,20$ Bq.

- gebruik van $A = A_0 \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{t_{\frac{1}{2}}}}$ 1
- opzoeken van de halveringstijd van Cs-137 1
- inzicht dat 18,5 jaar geleden de activiteit gelijk was aan 400 mBq L^{-1}(met een marge van 10 mBq L^{-1}) 1
- completeren van de bepaling 1

Opmerking
Als de kandidaat voor het tijdsverschil 18 jaar neemt: niet aanrekenen.

24 maximumscore 1

voorbeeld van een antwoord:
De omgerekende activiteit per liter was in meerdere jaren gelijk aan 50 mBq L^{-1}.