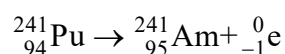
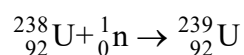


Vraag	Antwoord	Scores
-------	----------	--------

Rookmelder

1 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:



- inzicht dat in de eerste reactie een neutron links van de pijl staat 1
- inzicht dat in de tweede reactie een elektron rechts van de pijl staat 1
- elementsymbolen juist en massagetalen en nucleonen links en rechts gelijk in beide vergelijkingen 1

2 maximumscore 4

uitkomst: $m = 2,9 \cdot 10^{-10}$ kg

voorbeeld van een berekening:

Er geldt: $A = \frac{\ln 2}{t_{\frac{1}{2}}} N$.

Invullen levert: $37 \cdot 10^3 = \frac{\ln 2}{432 \cdot 365 \cdot 24 \cdot 3600} N$.

Dit levert: $N = 7,27 \cdot 10^{14}$ deeltjes.

Dan volgt: $m = N \cdot 241 \cdot u = 7,27 \cdot 10^{14} \cdot 241 \cdot 1,66 \cdot 10^{-27} = 2,9 \cdot 10^{-10}$ kg.

- gebruik van $A = \frac{\ln 2}{t_{\frac{1}{2}}} N$ 1
- opzoeken van de halveringstijd 1
- inzicht dat $m = N \cdot 241 \cdot u$ 1
- completeren van de berekening 1

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

3 maximumscore 3

uitkomst: $I = 9,8 \cdot 10^{-10}$ A

voorbeeld van een berekening:

Per seconde ontstaan $37 \cdot 10^3$ deeltjes. Elk deeltje heeft een energie van $5,6 \cdot 10^6$ eV. Dus geldt voor het aantal ionisaties per seconde:

$$n = 37 \cdot 10^3 \cdot \frac{5,6 \cdot 10^6}{34} = 6,1 \cdot 10^9 \text{ (s}^{-1}\text{)}.$$

Dus geldt voor de stroomsterkte: $I = 6,1 \cdot 10^9 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} = 9,8 \cdot 10^{-10}$ A.

- inzicht dat per deeltje $\frac{E_\alpha}{E_{\text{ion}}}$ ionisaties plaatsvinden 1
- inzicht dat $I = nq$ 1
- completeren van de berekening 1

4 maximumscore 4

voorbeeld van een antwoord:

- Bij **Marieke** hoort figuur II. Het signaal gaat naar beneden omdat de detector minder licht detecteert. Er zit ruis op het hoge en lage signaal. Bij **Hugo** hoort figuur III. Eerst is er geen straling en is er geen signaal en later is er wel een signaal. Als er geen straling is, zit er nauwelijks ruis op het signaal.
- **Hugo** heeft gelijk omdat het niveauverschil tussen geen straling en een beetje straling (met ruis) goed te zien is. Bij figuur II heeft het signaal overlap tussen het lage en hoge signaal en gaat het alarm niet af of is er vaak vals alarm.

- inzicht dat de mening van Marieke bij figuur II hoort 1
- toelichting dat het signaalverschil bij Marieke gering is 1
- inzicht dat de mening van Hugo bij figuur III hoort 1
- consequente conclusie 1

Opmerking

Als uit de uitleg van de kandidaat blijkt dat hij uitgaat van een detector die bij meer ontvangen straling een lager signaal afgeeft: goed rekenen.

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

5 maximumscore 3

uitkomst: $R = 1 \cdot 10^3 \Omega$

voorbeeld van een berekening:

Bij 20 mA is de spanning over de IR-LED gelijk aan 1,3 V.

Dan geldt voor de grootte van de weerstand in serie:

$$R = \frac{U}{I} = \frac{1,5 - 1,3}{0,20 \cdot 10^{-3}} = 1 \cdot 10^3 \Omega.$$

- aflezen van de spanning over de IR-LED (met een marge van 0,03 V) 1
- gebruik van $U = IR$ 1
- completeren van de berekening 1

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

X-stream

6 maximumscore 4

voorbeeld van een antwoord:

- In buisdeel AB is geen sprake van een beweging loodrecht naar beneden, maar van een beweging langs een hellend vlak met een hellingshoek (van 77°).
Er is geen sprake van een vrije val / er is sprake van wrijving.
- De versnelling is: $a = g \sin \alpha = 9,81 \sin(77^\circ) = 9,6 \text{ ms}^{-2}$.
- inzicht dat er geen sprake is van een beweging loodrecht naar beneden / dat er wrijving optreedt 1
- opmeten van de hellingshoek (met een marge van 3°) 1
- inzicht in $a = g \sin \alpha$ 1
- completeren van de bepaling 1

Opmerking:

Als een kandidaat het derde scorepunt niet behaalt, mag het vierde scorepunt niet toegekend worden.

7 maximumscore 2

uitkomst: $F = 1,4 \cdot 10^2 \text{ N}$

voorbeeld van een berekening:

Er geldt: $P = Fv$.

Invullen geeft: $1,5 \cdot 10^3 = F \cdot 11$.

Dit levert: $F = 1,4 \cdot 10^2 \text{ N}$.

- gebruik van $P = Fv$ 1
- completeren van de berekening 1

8 maximumscore 4

voorbeeld van een antwoord:

- Een grotere k betekent meer wrijving, dus ‘minder water’.
- De constante k heeft geen eenheid / heeft de eenheid 1.
Dit volgt uit regel $F_w = k \cdot m \cdot g \cdot \cos(\text{hoek})$: het product $m \cdot g$ heeft al de eenheid N net als F_w en de cosinus is dimensieloos.
- gebruik van $F_w = k \cdot m \cdot g \cdot \cos(\text{hoek})$ 1
- consequente conclusie 1
- eenheden links en rechts gelijkstellen in de vergelijking 1
- completeren van het antwoord 1

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

9 maximumscore 3

uitkomst: $s_{AB} = 3,8$ m (met een marge van 0,3 m)

voorbeeld van een bepaling:

s_{AB} is gelijk aan de oppervlakte onder de grafiek van nul tot de eerste knik.

Dit geeft: $s_{AB} = \frac{1}{2} \cdot 0,92 \cdot 8,3 = 3,8$ m.

- inzicht dat de afstand overeenkomt met de oppervlakte onder de grafiek 1
- inzicht dat de eerste knik ligt als $s = s_{AB}$ 1
- completeren van de bepaling 1

10 maximumscore 3

voorbeelden van een antwoord:

methode 1

- Modelregel:
als $s > s_{AC}$ dan $F_w = (F_w +) k_2 \cdot v^2$ eindals
- Startwaarde: $k_2 = 17$
- Stopvoorwaarde: $v < 0$

of

methode 2

- Modelregels:
 $F_{rem} = 17v^2$
als $s > s_{AC}$: $F_{res} = (F_{vooruit})(-F_w) - F_{rem}$
- Stopvoorwaarde: $v < 0$

- inzicht dat als $s > s_{AC}$ in het model de remkracht moet worden toegevoegd 1
- inzicht dat $F_{rem} = 17v^2$ 1
- inzicht dat het model stopt als $v < 0$ 1

Opmerkingen

- *De uitbreiding van het model moet beoordeeld worden op de natuurkundige juistheid, niet op de juistheid van een modeltaal.*
- *Het tweede scorepunt kan behaald worden via een modelregel met als nodig een startwaarde.*
- *De plaats van nieuwe modelregels in het model wordt niet beoordeeld.*

11 maximumscore 1

voorbeelden van een antwoord:

- Bij het passeren van punt B en/of C is de kracht op de persoon anders veel te groot.
- De beweging verloopt veel soepeler.
- De persoon krijgt minder schokken te verduren.

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

De kracht van het viriaal-theorema

12 maximumscore 4

uitkomst: $v = 7,67 \cdot 10^3 \text{ ms}^{-1}$

voorbeeld van een berekening:

Er geldt: $E_g = -G \frac{mM}{r}$ en $E_k = \frac{1}{2}mv^2$.

Invullen in $E_g = -2E_k$ met $r = R + h$ levert:

$$-6,674 \cdot 10^{-11} \frac{m \cdot 5,972 \cdot 10^{24}}{(6,371 + 0,409) \cdot 10^6} = -2 \cdot \frac{1}{2}mv^2.$$

Dit levert: $v = 7,67 \cdot 10^3 \text{ ms}^{-1}$.

- gebruik van $E_k = \frac{1}{2}mv^2$ 1
- gebruik van $E_g = -G \frac{mM}{r}$ 1
- inzicht dat $r = R + h$ 1
- completeren van de berekening 1

13 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

Er geldt: $F_g = F_{\text{mpz}}$. Invullen levert: $G \frac{mM}{r^2} = \frac{mv^2}{r}$.

Beide kanten vermenigvuldigen met $-r$ levert: $-G \frac{mM}{r} = -mv^2$.

Dit is gelijk aan $E_g = -2E_k$.

- inzicht dat $F_g = F_{\text{mpz}}$ 1
- gebruik van $F_g = G \frac{mM}{r^2}$ en van $F_{\text{mpz}} = \frac{mv^2}{r}$ 1
- inzicht dat vermenigvuldigen met $-r$ het gevraagde verband oplevert 1

Opmerking

Een rekenvoorbeeld levert geen scorepunten op.

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

14 maximumscore 3

uitkomst: 95 (%)

voorbeeld van een berekening:

Invullen van $E_g = -2E_k$ levert: $-\frac{3}{5} \frac{GM^2}{R} = -2 \cdot \frac{1}{2} Mv^2$.

Dit levert: $M = \frac{5}{3} \frac{v^2 R}{G} = \frac{5}{3} \frac{(1,7 \cdot 10^6)^2 \cdot 8,4 \cdot 10^{22}}{6,67 \cdot 10^{-11}} = 6,1 \cdot 10^{45} \text{ kg}$.

Van deze massa is dus $\frac{6,1 \cdot 10^{45} - 3,2 \cdot 10^{44}}{6,1 \cdot 10^{45}} = 0,95 = 95\%$ donkere materie.

- invullen van de formules voor de grootheden in het viriaal-theorema 1
- uitrekenen van de massa die uit het viriaal-theorema volgt 1
- completeren van de berekening 1

15 maximumscore 4

voorbeeld van een antwoord:

– Voor de totale potentiële energie geldt: $E_p = -185,9 + 27,9 = -158,0$.

Dit is gelijk aan $-2 \cdot 79,0 = -2E_k$.

– Uit tabel 21C blijkt dat de energie die nodig is om de elektronen van de kern te verwijderen gelijk is aan $(24,59 + 54,4 =) 79,0$ (eV).

Dit is gelijk aan de totale energie van het He-atoom.

- inzicht dat de twee termen van potentiële energie opgeteld moeten worden 1
- toepassen van het viriaal-theorema 1
- inzicht dat de twee waarden voor He in tabel 21C samen de totale energie vormen 1
- completeren van de berekening en consequente conclusie 1

16 maximumscore 3

Energie	eV
E_k	13,6
$E_{p,kern}$	-27,2
$E_{p,e-e}$	0
E_{tot}	-13,6

- E_k en E_{tot} juist 1
- $E_{p,e-e}$ juist 1
- $E_{p,kern}$ juist 1

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

Speeldoosje

17 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:

De tijd voor 4 trillingen bedraagt: $t = 0,0091 - 0,0023 = 0,0068$ s.

De frequentie wordt daarmee: $f = \frac{4}{0,0068} = 588 \text{ Hz} = 0,59 \text{ kHz}$.

- bepalen van de trillingstijd 1
- completeren van de bepaling 1

18 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

Als we ervan uitgaan dat de golfsnelheid in beide strips gelijk is, geldt de

volgende verhouding: $\lambda_1 f_1 = \lambda_7 f_7 \Leftrightarrow \frac{\lambda_1}{\lambda_7} = \frac{\ell_1}{\ell_7} = \frac{f_7}{f_1} = \frac{0,83}{0,59} = 1,4$.

Uit deze verhouding volgt dat strip 1 1,4 keer zo lang zou moeten zijn als strip 7. Uit de foto is op te maken dat dit niet het geval is (en dus kan de golfsnelheid in beide strips onmogelijk gelijk zijn).

- gebruik van $v = \lambda f$ 1
- inzicht dat geldt $\frac{\ell_1}{\ell_7} = \frac{f_7}{f_1}$ 1
- completeren van de berekening 1

19 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord.

(Een strip wordt opgetild en valt terug en trilt dan in zijn eigenfrequentie.)

De toonhoogte is niet afhankelijk van het tempo waarmee de strips worden aangeslagen. Dus de toonhoogte van de melodie verandert niet.

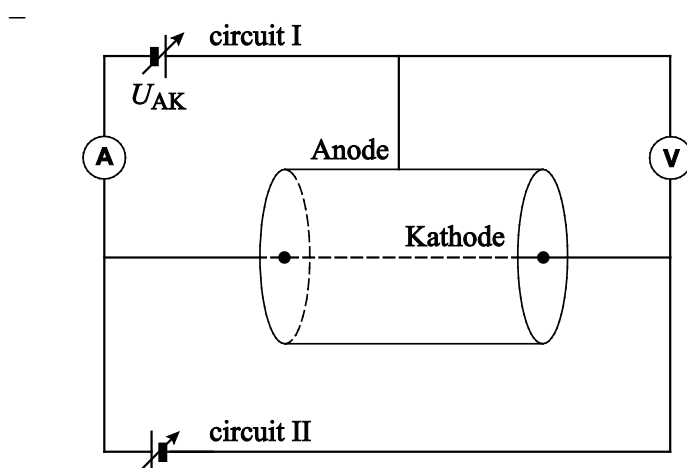
- inzicht dat de toonhoogte niet afhankelijk is van het tempo waarmee de strips worden aangeslagen 1
- consequente conclusie 1

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

Elektronen uit metaal ‘stoken’

20 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:



– Door de spanning in circuit II te verhogen, loopt er een grotere stroom door de gloeidraad en zal de temperatuur stijgen.

- plaatsing van de stroommeter in circuit I 1
- plaatsing van de spanningsmeter over de bron (U_{AK}) of over AK 1
- inzicht in het verband tussen de variabele spanning in circuit II en de temperatuur 1

21 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:

Boven een bepaalde spanning zullen alle elektronen die per seconde uit de gloeidraad (kathode) vrijkomen, ook bij de anode aankomen. Verder verhogen van de spanning heeft dan geen effect meer, de stroomsterkte is verzadigd.

- inzicht dat boven een bepaalde spanning alle elektronen die uit de kathode vrijkomen de anode bereiken 1
- inzicht dat de stroomsterkte in dat geval niet verder kan stijgen 1

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

22 maximumscore 4

voorbeeld van een antwoord:

- Omdat de verzwakking onafhankelijk is van de golflengte, zal de kromme van de gloeidraad alleen een lagere intensiteit hebben en heeft λ_{\max} dezelfde waarde als de planck-kromme. De krommes van de gloeidraad en de planck-kromme verschillen dus alleen in verticale richting. Alleen figuur 3b voldoet hieraan.
- Aflezen levert: $\lambda_{\max} \approx 1150 \text{ nm}$. Omschrijven en invullen levert:

$$T = \frac{k_W}{\lambda_{\max}} = \frac{2,898 \cdot 10^{-3}}{1150 \cdot 10^{-9}} = 2,5 \cdot 10^3 \text{ K (met een marge van } 0,2 \cdot 10^3 \text{ K)}$$

- inzicht dat een golflengte-onafhankelijke verzwakking alleen een verticale verschuiving in de kromme oplevert 1
- consequente conclusie 1
- gebruik van de wet van Wien 1
- completeren van de bepaling 1

Opmerking

Bij deze vraag significantiefouten niet aanrekenen.

23 maximumscore 3

uitkomst: $r = 0,40$ (met een marge van 0,10)

voorbeeld van een bepaling:

Bijvoorbeeld bij $T = 3000 \text{ K}$ valt in figuur 4 af te lezen dat $J = 1,5 \cdot 10^5 \text{ A m}^{-2}$.

Invullen levert: $J = (1-r)C_0 \cdot T^2 \cdot e^{\left(\frac{-W_u}{k_B T}\right)}$.

Dit levert: $15 \cdot 10^4 = (1-r) \cdot 1,20 \cdot 10^6 \cdot (3000)^2 e^{\left(\frac{-7,29 \cdot 10^{-19}}{1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 3000}\right)}$.

Dit levert: $r = 0,40$.

- aflezen van (T, J) waarden in figuur 4 1
- opzoeken van k_B 1
- completeren van de bepaling 1

Opmerking

In deze vraag significantiefouten niet aanrekenen.

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

24 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

– Bij $T = 2000$ K geldt: $\lambda_B = \frac{7,45 \cdot 10^{-8}}{\sqrt{2000}} = 1,7 \cdot 10^{-9}$ m.

Dit is in de orde van grootte van de dikte van moleculen, het effect van de coating kan dus zeer goed een quantumverschijnsel zijn.

– Bij lagere temperaturen neemt λ_B toe, waardoor het quantumeffect sterker wordt.

- berekening van λ_B met $T = 2000$ K 1
- conclusie door vergelijking met de dikte van de coating 1
- inzicht dat het quantumeffect bij lagere temperaturen sterker is 1

25 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:

Men brengt op het metaal een coating aan met een zo klein mogelijke dikte (voor een grotere tunnelkans), waarvan de uittree-energie $W_{u,coating}$ kleiner is dan die van het metaal.

- inzicht dat een kleine dikte een grote tunnelkans oplevert 1
- inzicht dat een lagere uittree-energie het tunnelen bevordert 1