

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