

Sirius B als Quantumstelsel

11 maximumscore 2

uitkomst: $T = 2,52 \cdot 10^4$ K

voorbeeld van een berekening:

$$\lambda_{\max} T = k_W \rightarrow 115 \cdot 10^{-9} T = 2,898 \cdot 10^{-3} \rightarrow T = 2,52 \cdot 10^4 \text{ K.}$$

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

12 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

- Er zijn bij alle genoemde kernen evenveel protonen als neutronen (en bij elk proton hoort één elektron.)
- (De massa van een elektron is te verwaarlozen ten opzichte van de massa van een kerndeeltje.)

$$\text{Er geldt dan: } N_e = \frac{M_{\text{zon}}}{m_p + m_n} = \frac{2 \cdot 10^{30}}{2 \cdot 1,67 \cdot 10^{-27}} \approx 6 \cdot 10^{56}.$$

- inzicht dat alle betrokken kernen evenveel protonen als neutronen hebben 1
- inzicht dat $N_e = \frac{M_{\text{zon}}}{m_p + m_n}$ en opzoeken van de massa van de zon 1
- completeren van de berekening 1

Opmerking

Als de berekening is geëindigd met de uitkomst 10^{57} : goed rekenen.

13 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:

$$\text{Er geldt: } V = N_e d^3 \rightarrow 8,1 \cdot 10^{20} = 6 \cdot 10^{56} \cdot d^3 \rightarrow d = 1 \cdot 10^{-12} \text{ m.}$$

- inzicht dat $V = N_e d^3$ 1
- completeren van de berekening 1

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

14 maximumscore 4

voorbeeld van een antwoord:

- In de lengte L van de energieput past een geheel aantal halve golflengtes. Dus geldt: $L = n \frac{1}{2} \lambda$. Omschrijven levert de gegeven formule.
- Invullen levert: $\lambda_{B,\min} = \frac{2L}{n_{\max}} = \frac{2 \cdot 5,8 \cdot 10^6}{8,4 \cdot 10^{18}} = 1,4 \cdot 10^{-12}$ m.
- Deze minimale deBroglie-golflengte is in de orde van grootte van de onderlinge afstand $d = 1 \cdot 10^{-12}$ m. (Dus zijn er quantumeffecten door overlap van golven.)
- inzicht dat in de lengte L van de energieput een geheel aantal halve golflengtes past 1
- gebruik van $\lambda_B = \frac{2L}{n}$ met $n = n_{\max}$ 1
- completeren van de berekening 1
- constatering dat de minimale deBroglie-golflengte in de orde van grootte van de onderlinge afstand is 1

Opmerking

In deze vraag hoeft uiteraard geen rekening gehouden te worden met significantie.

15 maximumscore 3

voorbeeld van antwoord:

- (Er geldt: $E_n = n^2 \frac{h^2}{8mL^2}$.) De energie van elk niveau en daarmee de som van alle energieën neemt toe als L afneemt.
- Als de ster door de gravitatie-energie E_g zou krimpen, wordt L kleiner en daarmee neemt $E_{k,Q}$ toe. Hierdoor zal de ster zich (steeds meer) verzetten tegen ineenstorting.
- De meest stabiele (evenwichts)situatie zal optreden bij het minimum van de totale energie E_{tot} .
Dit is bij een straal van $6 \cdot 10^6$ m (met een marge van $1 \cdot 10^6$ m).
- inzicht dat de energieën in een energieput toenemen als de afmetingen van de energieput kleiner worden 1
- inzicht dat de ster zich verzet tegen ineenstorting door toenemende $E_{k,Q}$ 1
- aflezen van de straal bij het minimum van E_{tot} 1