

16 Tritium, H-3, vervalt onder het uitzenden van een elektron tot een dochterkern.

a Geef de reactievergelijking.

De elektrische energie tussen de vrijkomende deeltjes is verwaarloosbaar als de deeltjes niet meer dicht bij elkaar zijn. De deeltjes hebben dan alleen nog maar kinetische energie. De kinetische energie van een deeltje kun je uitdrukken in de impuls en de massa van het deeltje. Er geldt:

$$E_k = \frac{p^2}{2m}$$

b Leid dit af.

Bij het verval van tritium is sprake van een massadefect. In het begin van de 20^e eeuw dacht men dat deze energie werd verdeeld over het vrijkomende elektron en de achterblijvende dochterkern. Als de tritiumkern voor het verval stilstaat, is na het verval de impuls van het elektron gelijk aan die van de achterblijvende dochterkern.

c Leg dit uit.

De verhouding tussen de kinetische energie $E_{k,e}$ en de totale kinetische energie $E_{k,tot}$ wordt dan gegeven door:

$$\frac{E_{k,e}}{E_{k,tot}} = \frac{m_d}{m_d + m_e}$$

- $E_{k,e}$ is de kinetische energie van het elektron in J.
- $E_{k,tot}$ is de totale kinetische energie van het elektron en de dochterkern in J.
- m_d is de massa van de dochterkern in kg.
- m_e is de massa van het elektron in kg.

d Leidt dit af. Gebruik het resultaat van vraag c.

e Bereken in vier significante cijfers de verhouding $\frac{E_{k,e}}{E_{tot}}$ voor het verval van tritium.

Uit het massadefect volgt dat er 0,018 MeV vrijkomt bij verval van tritium. Dit vind je ook terug in BINAS tabel 25A als de maximale energie van het elektron. Ontstaat er alleen een elektron en een dochterkern, dan is de verhouding tussen de kinetische energieën constant en de totale kinetische energie van het elektron altijd 0,018 MeV. In werkelijkheid is de kinetische energie van het elektron bijna altijd kleiner, waarbij verschillende kleinere waarden mogelijk zijn. Pauli stelde daarom voor dat er bij bètaverval nog een extra deeltje vrijkomt.

f Verklaar hiermee dat

- de kinetische energie van het elektron kleiner is dan 0,018 MeV;
- de kinetische energie van het elektron verschillende kleinere waarden kan hebben.

Opgave 16

a ${}^3_1\text{H} \rightarrow {}^3_2\text{He} + {}^0_{-1}\beta$

b $E_k = \frac{1}{2} m \cdot v^2$ en $p = m \cdot v$
 $E_k = \frac{m \cdot v^2}{2} = \frac{m^2 \cdot v^2}{2m} = \frac{p^2}{2m}$

c $p_{\text{voor}} = p_{\text{na}}$
 $p_{\text{voor}} = 0$ omdat $p = m \cdot v$ en $v = 0$ bij stilstand
 $p_{\text{na}} = p_{\text{elektron}} + p_{\text{dochter}}$
 $0 = p_{\text{elektron}} + p_{\text{dochter}}$
Dus impuls van elektron en dochterkern zijn even groot en tegengesteld.

d $E_{\text{tot}} = E_{k,e} + E_{k,d}$
 $E_k = \frac{p^2}{2m}$
 $E_{k,e} = \frac{p_e^2}{2m_e}$ en $E_{k,d} = \frac{p_d^2}{2m_d}$
 $E_{\text{tot}} = \frac{p_e^2}{2m_e} + \frac{p_d^2}{2m_d}$
 $\frac{E_{k,e}}{E_{\text{tot}}} = \frac{\frac{p_e^2}{2m_e}}{\frac{p_e^2}{2m_e} + \frac{p_d^2}{2m_d}}$ Uit antwoord c volgt dat $p_d = -p_e$. Dus $p_d^2 = p_e^2$
 $\frac{E_{k,e}}{E_{\text{tot}}} = \frac{\frac{1}{m_e}}{\frac{1}{m_e} + \frac{1}{m_d}} = \frac{\frac{1}{m_e} \cdot (m_e \cdot m_d)}{\left(\frac{1}{m_e} + \frac{1}{m_d}\right) \cdot (m_e \cdot m_d)} = \frac{m_d}{m_d + m_e}$

e $m_d = m_{\text{He-3}} = 3,016049 \text{ u}$ Zie BINAS tabel 25A.
 $m_e = 5,48579 \cdot 10^{-4} \text{ u}$ Zie BINAS tabel 7B.

$$\frac{E_{k,e}}{E_{\text{tot}}} = \frac{3,016049}{3,016049 + 5,48579 \cdot 10^{-4}} = 0,999818$$

Afgerond: 0,9998.

f Een deel van de energie gaat in neutrino zitten, dus er is minder over voor het elektron. De impuls wordt verdeeld is over 3 deeltjes (dochterkern, elektron en antineutrino) in plaats van over alleen maar twee (dochterkern en elektron). De verdeling van impuls kan in allerlei verhoudingen zijn. Dus kan de energie van het elektron allerlei waarden hebben.