Zadanie 4. Reakcje rozszczepienia *(12 pkt)*

Spośród pierwiastków występujących naturalnie w Ziemi największą liczbę atomową ma uran. W uranie naturalnym występują głównie dwa izotopy ^{235}U i ^{238}U. W wyniku rozpadów promieniotwórczych uran ^{238}U przechodzi w tor ^{234}Th, a następnie w proaktyn ^{234}Pa.

4.1 *(2 pkt)*

Uzupełnij zapisy poniższych reakcji jądrowych.

$$^{238}_{92}U \rightarrow {}^{234}_{90}Th + {}^{4}_{2}He \qquad {}^{234}_{90}Th \rightarrow {}^{234}_{91}Pa + {}^{0}_{-1}e + \tilde{\nu}_e$$

Dopuszcza się w zapisie reakcji pominięcie antyneutrina

Rozszczepienie jądra uranu $^{235}_{92}U$ można spowodować bombardując jądra uranu powolnymi neutronami o energii około 1 eV. W reakcji tej uwalnia się energia około 210 MeV.

Jedną z możliwych reakcji rozszczepienia uranu ^{235}U przedstawiono poniżej: Przez ***x*** i ***y*** oznaczono odpowiednio liczbę neutronów i liczbę elektronów

$$^{235}_{92}U + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{140}_{58}Ce + {}^{94}_{40}Zr + x \cdot {}^{1}_{0}n + y \cdot {}^{0}_{-1}e$$

4.2 *(2 pkt)*

Oblicz liczbę neutronów ***x*** oraz liczbę elektronów ***y***, w reakcji rozszczepienia uranu ^{235}U.

$235+1 = 140+94+x\cdot 1+y\cdot 0$

$x = 236 - 234 = 2$

$92+0 = 58+40 +x\cdot 0+ y\cdot(-1)$

$y = 98 - 92 = 6$

4.3 *(2 pkt)*

Oblicz wartość prędkości neutronu wywołującego rozszczepienie uranu ^{235}U.

$$E_{k_n} = \frac{m_n \cdot v^2}{2} \quad \Rightarrow \quad v = \sqrt{\frac{2 \cdot E_{k_n}}{m_n}}$$

$1\text{eV} = 1{,}6 \cdot 10^{-19}\,\text{J}$

$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot 1{,}6 \cdot 10^{-19}\,\text{J}}{1{,}68 \cdot 10^{-27}\,\text{kg}}}$$

$$v \approx 1{,}38 \cdot 10^{4}\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

4.4 ***(2 pkt)***

Podaj dwa warunki, które muszą być spełnione, aby w materiale zawierającym uran ^{235}U mogło dojść do reakcji łańcuchowej.

1. *Obecność wolnych (termicznych) neutronów.*

2. *Masa uranu równa lub większa od masy krytycznej.*

4.5 ***(4 pkt)***

Oblicz liczbę jąder uranu ^{235}U, które powinny ulec rozszczepieniu, aby uwolniona w reakcji energia wystarczyła do ogrzania 1 litra wody od temperatury 20°C do 100°C. Do obliczeń przyjmij ciepło właściwe wody równe 4200 J/kg·K.

$$\left.\begin{aligned} Q &= n \cdot E_{poj.rozp.} \\ Q &= m \cdot c_w \cdot \Delta T \end{aligned}\right\} \Rightarrow \quad n \cdot E_{poj.rozp.} = m \cdot c_w \cdot \Delta T$$

$$n = \frac{m \cdot c_w \cdot \Delta T}{E_{poj.rozp.}}$$

$$1\text{eV} = 1{,}6 \cdot 10^{-19}\,\text{J}$$

$$E_{poj.rozp.} = 210\,\text{MeV} = \frac{210 \cdot 10^{6}\,\text{eV} \cdot 1{,}6 \cdot 10^{-19}\,\text{J}}{1\,\text{eV}} = 3{,}36 \cdot 10^{-11}\,\text{J}$$

$$n = \frac{1\text{kg} \cdot 4200 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot 80\,\text{K}}{3{,}36 \cdot 10^{-11}\,\text{J}}$$

$$n = \frac{336000\,\text{J}}{3{,}36 \cdot 10^{-11}\,\text{J}}$$

$$n \approx 10^{16}\ \textit{jąder}$$