

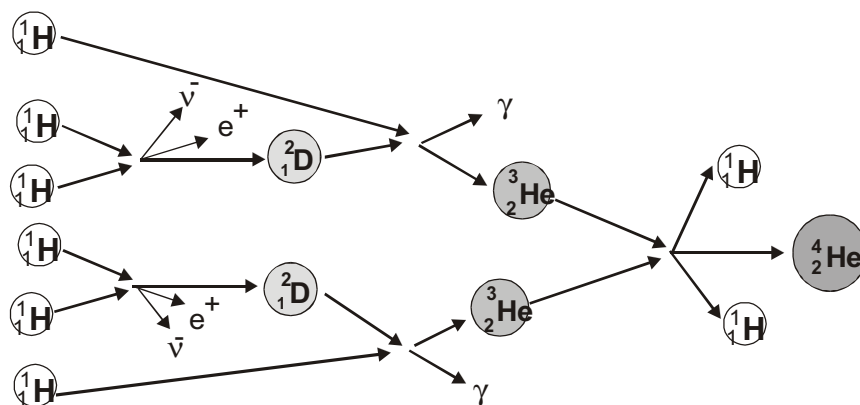
Zadanie 27. (energia Słońca)

Słońce – nasza dzienna gwiazda jest gigantyczną kulą rozżarzonej plazmy.

Wodór stanowi 73% jej składu chemicznego, a hel - 25%. Dlatego wewnątrz Słońca znajduje się najwięcej protonów (jąder wodoru) i cząstek α (jąder helu). Te pierwsze są produktem wyjściowym syntezy jądrowej, a drugie - produktem finalnym tej reakcji.

Aby dwa protony mogły ulec syntezie, cząstki muszą znaleźć się w odległości około 10^{-15} m od siebie. Zbliżenie jąder na taką odległość jest utrudnione, gdyż pomiędzy nimi występują siły elektrostatycznego odpychania. Czynnikiem sprzyjającym zachodzeniu reakcji między jądrami wodoru oraz helu jest wysoka temperatura panująca w jądrze Słońca.

Najbardziej energetycznym typem reakcji zachodzącym w Słońcu jest cykl protonowy, którego schemat przedstawiono na rysunku poniżej.



Wydzielona podczas tego cyklu energia ma wartość $4 \cdot 10^{-12}$ J.

Odbiorcami energii wyprodukowanej w słonecznym piecu jądrowym są wszystkie ciała Układu Słonecznego. Ziemia - trzecia planeta słonecznej rodziny, obiegająca w ciągu roku orbitę okołosłoneczną o promieniu 1 jednostki astronomicznej ($1,5 \cdot 10^{11}$ m) - otrzymuje siedem razy mniej tej energii niż Merkury. Do największej planety naszego układu - Jowisza, obiegającego Słońce w odległości 5 jednostek astronomicznych – dociera jej bardzo mało, dlatego temperatura na powierzchni tej planety mieści się w przedziale (-140°C , -100°C).

Zadanie 27.1. (2 pkt)

Przeanalizuj tekst i napisz, czy poniższe zdanie mogłoby znaleźć się w treści zadania. Odpowiedź uzasadnij, nie wykonując rachunków.

Sily grawitacji między protonami znajdującymi się wewnątrz Słońca przyczyniają się do zbliżania tych cząstek do siebie na bardzo małe odległości.

Zadanie 27.2. (4 pkt)

Zakładamy, że średnia energia kinetyczna **każdego** protonu, biorącego udział w reakcji syntezy, może być zapisana wzorem:

$$E_{k\text{sr}} = C \cdot T, \text{ gdzie } C = 2,07 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}, T - \text{temperatura w K}$$

Oszacuj rząd wielkości temperatury, w której dwa odosobnione protony mogą zbliżyć się do siebie, pokonując elektrostatyczną barierę potencjału. Przyjmij, że stała

elektrostatyczna $k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2}$.

Zadanie 27.3. (3 pkt)

Częścią składową cyklu protonowego (rys.) jest reakcja zamiany deuteru ${}^2_1\text{D}$ w hel ${}^3_2\text{He}$. Napisz równanie tej reakcji i oblicz energię wydzieloną podczas tej reakcji. Masa wodoru wynosi $1,6726 \cdot 10^{-27}$ kg, masa deuteru $3,3434 \cdot 10^{-27}$ kg, masa izotopu helu ${}^3_2\text{He}$ $5,0066 \cdot 10^{-27}$ kg.

Zadanie 27.4. (3 pkt)

Oblicz okres obiegu Jowisza wokół Słońca.