

# XXXVI OLIMPIADA FIZYCZNA ETAP I

## Zadanie teoretyczne.

### ZADANIE T5

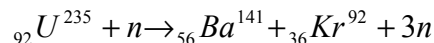
Nazwa zadania: „Prawo rozpadu promieniotwórczego”

Czas półrozpadu  $U^{238}$  wynosi  $4,5 \cdot 10^9$  lat a  $U^{235}$  –  $7,1 \cdot 10^8$  lat. Obecnie stosunek liczby atomów  $U^{235}$  do liczby atomów  $U^{238}$  w rudzie uranu wynosi 0,0072.

a) Oblicz jaki był ten stosunek w czasie powstawania Ziemi, tj. około 4,5 miliarda lat temu.

b) Jeżeli w reaktorze użyje się wody jako moderatora, to reakcja łańcuchowa będzie mogła zachodzić, jeżeli wspomniany stosunek liczb atomów będzie większy niż 0,03. Oszacuj przed iloma laty mogły na ziemi istnieć warunki do powstania naturalnego reaktora jądrowego

c) jedna z reakcji rozszczepienia uranu jest następująca



Oblicz energię wyzwoloną w tym przypadku, przypadającą na jedną reakcję rozszczepienia.

Masy poszczególnych izotopów są następujące :

$$U^{235} \ 235,0439, \ Ba^{141} \ 140,9140, \ Kr^{92} \ 91,9250, \ n \ 1,0087$$

d) Średnia energia wyzwolona w czasie rozszczepienia jądra  $U^{235}$  wynosi 200MeV. Zakładając rozsądne wartości wielkości, których ci brak oszacuj zużycie uranu w elektrowni o mocy 500MW.

### ROZWIĄZANIE ZADANIA T5

a) Liczby atomów uranu 238 i uranu 235 w chwili obecnie oznaczamy odpowiednio  $A_0$  i  $B_0$ . Odpowiednie okresy półtrwania wynoszą  $T_A$  i  $T_B$ . Liczby atomów uranu 238 i uranu 235 przed czasem  $t$  licząc od chwili obecnej wstecz niech będą równe  $A(t)$  i  $B(t)$ . Mamy:

$$\frac{B_0}{A_0} 2^{t \left( \frac{1}{T_B} - \frac{1}{T_A} \right)} \approx 0,29$$

Obecnie  $p = B_0 / A_0 = 0.0072$ . Przed czasem  $t$  równym wiekowi Ziemi (4.5 mld lat) stosunek  $B_1$  do  $A_1$

b) stosunek  $B(t) / A(t)$  jest równy  $q = 0.03$  dla czasu  $t$  równego

$$= \frac{\ln q/p}{\ln 2} * \frac{1}{\frac{1}{Tb} - \frac{1}{Ta}} \approx 1,74 \text{ mld lat}$$

c) defekt masy wynosi  $0,1875 \approx 0,19$  na jedną reakcję. Uwzględniając, że jednostce masy atomowej odpowiada w zwykłych jednostkach  $\approx 1,6 * 10^{-24}$  g. Odpowiada temu energia :

$$0,3 * 10^{-24} \text{ g} \left( 3 - 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}} \right)^2 \approx 2,7 * 10^{-11} \text{ J} \approx 170 \text{ MeV}$$

d)  $500 \text{ MW} \approx 31 * 10^{20} \text{ MeV/s}$  . Oznacza to że w ciągu sekundy powinno zużyć się

$$\frac{310 * 10^{19}}{200} 1,5 * 10^{19}$$

jąder uranu 235 (przy 100%-ej wydajności ). 235g uranu 235 zawiera  $6 * 10^{23}$  jąder.  $1,5 * 10^{19}$  jąder jest więc zawartych w

$$235 * 1,5 * 10^{19} / 6 * 10^{23}$$

gramach, tj. w  $\approx 6$  miligramach uranu 235. Przyjmując, że sprawność elektrowni wynosi  $\approx 30 \%$  należy uznać, że na sekundę zużywa ona ok. 20 mg uranu 235. Na godzinę daje to 72g. Zużycie dzienne stąd wynikające wynosi 1.7 kg, rocznie zaś  $\approx 630 \text{ kg}$ .

W praktyce zamiast czystego uranu 235 stosuje się tzw. uran wzbogacony, co oczywiście zwiększa efektywną masę potrzebnego paliwa.

#### Kryteria :

- a) 2pkt.      c) 3pkt.  
b) 2pkt.      d) 3pkt.

Zadanie było dość łatwe i cieszyło się dużą popularnością. Wybierało je ok. 90% zawodników. W zdecydowanej większości rozwiązania były poprawne. Błędów typowych nie odnotowano.

Źródło:  
Zadanie pochodzi z „Druk OF”