

## Zadanie 12.

Okolo 2 miliardów lat temu w złożach uranu w okolicach Oklo w Gabonie dochodziło do reakcji łańcuchowej rozszczepienia jąder uranu. Skąd o tym wiemy? Na pierwszy ślad tego zjawiska natrafiono w 1972 roku podczas rutynowych testów próbek z kopalni uranu w Oklo. Okazało się, że zawartość izotopu  $^{235}\text{U}$  w złożu (w stosunku do innych izotopów uranu) była mniejsza niż w innych tego typu złożach. Ze względu na to przeprowadzono różnego rodzaju badania złoża w Oklo – sprawdzano nie tylko zawartości izotopów uranu, lecz także izotopów będących produktem jego rozszczepienia: neodymu i rutenu. Okazało się, że w przypadku wszystkich badanych izotopów zawartość odbiegała od oczekiwanej: np. zawartość izotopu  $^{99}\text{Ru}$ , będącego typowym produktem rozszczepienia uranu za pomocą neutronów termicznych (neutronów o stosunkowo małych energiach kinetycznych), była ponad dwukrotnie większa niż w innych złożach. Wywnioskowano stąd, że w obrębie złoża w Oklo doszło do powstania naturalnego reaktora jądrowego. Obecnie w żadnym złożu na Ziemi nie zachodzi podobne zjawisko, ponieważ nigdzie nie ma już dostatecznie dużej zawartości izotopu uranu  $^{235}\text{U}$ . W przypadku reaktora w Oklo wynosiła ona (2 miliardy lat temu) około 3% całej masy uranu w złożu, czyli mniej więcej tyle, ile stosuje się we współczesnych reaktorach. Są jeszcze inne warunki, które muszą być spełnione, aby naturalny reaktor jądrowy mógł zadziałać.

- Rozmiar złoża uranu (o odpowiedniej zawartości izotopu  $^{235}\text{U}$ ) powinien przekraczać średni zasięg neutronów rozszczepiających, co odpowiada wielkości złoża równej około 70 cm.
- Musi być obecny moderator, czyli substancja, która spowalnia neutrony powstałe w wyniku rozszczepienia na tyle, by te mogły rozszczepić kolejne jądra uranu.
- W złożu powinna być niska koncentracja innych niż uran pierwiastków absorbujących neutrony.

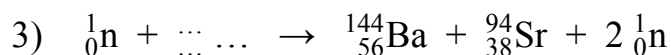
Mechanizm działania reaktora w Oklo polegał na tym, że w złożu uranu występowała woda gruntowa, która działała jako moderator reakcji rozszczepienia: pozwalała rozpocząć się reakcji łańcuchowej. W momencie, kiedy ciepło generowane w rozszczepieniach powodowało, że woda wyparowywała, moderator znikał i łańcuchowa reakcja rozszczepienia zwalniała lub ustawała. Następnie, gdy złożo się schłodziło i woda gruntowa z powrotem wsączała się w jego obręb, reakcja ponownie się rozpoczynała. Na podstawie badań pozostałości produktów rozszczepienia obecnych w minerałach złoża oszacowano, że cykl ten składał się z trzydziestominutowej reakcji łańcuchowej, a następnie dwuipółgodzinnego schładzania złoża i powrotu wody gruntowej.

Na podstawie: Grzegorz Lizurek, *Pierwszy reaktor jądrowy*, „Delta”, maj 2015.

Oceń prawdziwość poniższych zdań. Zaznacz P, jeśli zdanie jest prawdziwe, albo F – jeśli jest fałszywe.

|    |                                                                                                                                                                     |   |   |
|----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|
| 1. | Suma mas wszystkich produktów rozszczepienia jądra $^{235}\text{U}$ jest większa od sumy mas jądra $^{235}\text{U}$ i neutronu inicjującego reakcję rozszczepienia. | P | F |
| 2. | Intensywne rozgrzewanie się opisanego złoża uranu jest spowodowane rozszczepieniem jąder atomowych.                                                                 | P | F |
| 3. | W reaktorze jądrowym moderator służy do spowalniania neutronów powodujących dalsze rozszczepienia.                                                                  | P | F |
| 4. | Gdy w opisanym złożu uranu woda wyparowywała, to liczba jąder uranu, które ulegały rozszczepieniu w jednostce czasu, znacząco malała.                               | P | F |

Uzupełnij trzy poniższe równania reakcji rozszczepienia ciężkich jąder atomowych. Wpisz w wy kropkowane miejsca właściwe liczby atomowe, liczby masowe, symbol pierwiastka oraz liczbę emitowanych neutronów.



**Wymień dwa fakty, na podstawie których stwierdzono, że w okolicach Oklo w Gabonie działał naturalny reaktor jądrowy.**

[illegible]

|                                 |                            |              |              |              |              |
|---------------------------------|----------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| <b>Wypełnia<br/>egzaminator</b> | <b>Nr zadania</b>          | <b>11.2.</b> | <b>12.1.</b> | <b>12.2.</b> | <b>12.3.</b> |
|                                 | <b>Maks. liczba pkt</b>    | <b>2</b>     | <b>2</b>     | <b>3</b>     | <b>1</b>     |
|                                 | <b>Uzyskana liczba pkt</b> |              |              |              |              |