

• prawa zachowania w reakcjach • promieniotwórczość: rozpad α , β^- , β^+ , wychwyt elektronu przez jądro, rozpad γ ; • oddziaływanie promieniowania z materią; • reakcje rozszczepienia i syntezy jąder

- Izotop tor-232 występujący naturalnie w przyrodzie daje początek łańcuchowi przemian promieniotwórczych zwanych szeregiem torowym. Okres połowicznego zaniku dla toru-232 wynosi $T_{1/2} = 1.4 \cdot 10^{10}$ lat. Ile cząstek α emituje masa 1 g toru ${}^{232}_{90}\text{Th}$ w ciągu 1 s? Czy to duża aktywność?
- Jakie będzie jądro końcowe (stabilne), gdy w efekcie kolejnych rozpadów szeregu promieniotwórczego jądro ${}^{238}_{92}\text{U}$ dozna ośmiu rozpadów α i sześciu rozpadów β^- ?
- Jedną z metod wytwarzania neutronów jest stosowanie radu jako emitera cząstek α . Rad zmieszany z berylem umożliwia reakcję cząstki α z berylem, a neutron jest jednym z dwóch produktów reakcji. Zapisz tę reakcję - jakie jądro jest drugim z produktów?
- Promieniowanie γ pojawia się w wyniku przejścia jądra ze stanu o większej energii wzbudzenia do stanu o mniejszej energii. Energia kwantów γ zawiera się na ogół w przedziale od 10 keV do 5 MeV. Wyemitowane kwanty mogą tracić energię w wyniku oddziaływania z materią osłon.
 - Uzasadnij prawo osłabienia wiązki promieniowania w osłonie o grubości x : $N = N_0 e^{-\mu x}$. Od czego zależy liniowy współczynnik absorpcji μ ?
 - Obliczyć grubość ołowiu konieczną do zredukowania natężenia wiązki promieniowania γ z pewnego izotopu promieniotwórczego do jednej dziesiątej pierwotnego natężenia, gdy liniowy współczynnik absorpcji wynosi $\mu = 46$ 1/m.
 - Promieniowanie γ oddziałuje z materią poprzez trzy procesy: zjawisko fotoelektryczne, rozpraszanie Comptonowskie, tworzenie par elektronowo-pozytonowych. Opisz każde z nich. Które z tych oddziaływań nie może zachodzić przy $E_\gamma < 1$ MeV?
- Sprawdź, czy jądra: a) ${}^{15}_6\text{C}$, b) ${}^8_5\text{B}$ są stabilne ze względu na rozpad β . Jeśli nie, to zapisz odpowiednie reakcje. (to zadanie pochodzi z poprzedniego zestawu, ale tam nie były załączone potrzebne dane)
- Oblicz energię wyzwalaną w procesie rozszczepienia jądra atomowego uranu-235 naświetlanego neutronami powolnymi.

Wskaz.: Powolny (termiczny) neutron po wejściu do jądra uranu ${}^{235}_{92}\text{U}$ (może tam przebywać stosunkowo długo) przekształca go we wzbudzony ${}^{236}_{92}\text{U}^*$ (ile wynosi ta energia wzbudzenia?). Powstałe jądro jest silnie zdeformowane i energia wzbudzenia, przy wspomagającym działaniu odpychania kulombowskiego oddalonych części, jest wystarczająca do rozerwania jądra na fragmenty o zbliżonych masach, na podobieństwo rozedrganej kropli cieczy:

$${}^{235}_{92}\text{U} + {}^1_0\text{n} \rightarrow {}^{236}_{92}\text{U}^* \rightarrow {}^{140}_{54}\text{Xe} + {}^{94}_{38}\text{Sr} + 2 {}^1_0\text{n}.$$
 Jest to przykładowy wariant reakcji.

Fragmenty rozszczepienia są niestabilne i rozpadają się w wyniku kolejnych przemian β^- :

$${}^{140}_{54}\text{Xe} \xrightarrow{\beta^-} {}^{140}_{55}\text{Cs} \xrightarrow{\beta^-} {}^{140}_{56}\text{Ba} \xrightarrow{\beta^-} {}^{140}_{57}\text{La} \xrightarrow{\beta^-} {}^{140}_{58}\text{Ce}; \quad {}^{94}_{38}\text{Sr} \xrightarrow{\beta^-} {}^{94}_{39}\text{Y} \xrightarrow{\beta^-} {}^{94}_{40}\text{Zr}.$$
- Nadobowiązkowe. Załóżmy, że protony są kulami o promieniu $r \approx 1$ fm. Rozpatrz dwa protony zbliżające się do siebie, każdy z energią kinetyczną E_k . Oblicz: a) wysokość bariery kulombowskiej utrudniającej syntezę jądrową $p + p$, b) w jakiej temperaturze średnia energia kinetyczna protonów tworzących gaz protonowy w Słońcu (załóż, że gaz idealny) osiągnie wielkość obliczoną w pkt. a).
- Oblicz energie Q wydzielane w reakcjach fuzji jądrowej z udziałem deuteru i trytu:

$$d + d \rightarrow {}^3\text{He} + n + Q; \quad d + t \rightarrow {}^4\text{He} + n + Q.$$

Uzupełnienia:

Wybrane masy atomowe:

$${}^{235}_{92}\text{U} = 235,0439\text{u}; \quad {}^{140}_{58}\text{Ce} = 139,9054\text{u}; \quad {}^{94}_{40}\text{Zr} = 93,9036\text{u}$$

Wybrane masy atomowe, cd:

$${}^{15}_6\text{C} = 15,0106008\text{u}$$

$${}^{15}_7\text{N} = 15,000108\text{u}$$

$${}^8_5\text{B} = 8,024612\text{u}$$

$${}^8_4\text{Be} = 8,005308\text{u}$$

masa elektronu: 0.00055u

Defekty masy atomów trytu i helu-3 (odpowiednio): 0.016049u, 0.016030u