Zadanie 11.1. (0–1)

Wymaganie ogólne	Wymagania szczegółowe
I. Wykorzystanie pojęć i wielkości fizycznych do opisu zjawisk oraz wskazywanie ich przykładów w otaczającej rzeczywistości.	Zdający: XII.3) opisuje równoważność masy i energii spoczynkowej; XII.7) stosuje zasadę zachowania energii do opisu reakcji jądrowych; posługuje się pojęciem energii wiązania; XII.12) opisuje rozpad izotopu promieniotwórczego […].

Zasady oceniania

1 pkt – poprawne zaznaczenia w dwóch stwierdzeniach.

0 pkt – odpowiedź niepoprawna lub niepełna albo brak odpowiedzi.

Pełne rozwiązanie

PF

Zadanie 11.2. (0–2)

Wymaganie ogólne	Wymagania szczegółowe
II. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem praw i zależności fizycznych.	Zdający: XII.6) zapisuje reakcje jądrowe, stosując zasadę zachowania liczby nukleonów i zasadę zachowania ładunku; XII.9) wymienia właściwości promieniowania jądrowego; opisuje rozpady alfa, beta (β^+, β^-).

Zasady oceniania

2 pkt – poprawne obliczenie liczby atomowej jądra ${}^{\mathrm{A}}_{\mathrm{Z}}\mathrm{X}$, z którego po pięciu rozpadach α powstaje jądro izotopu polonu ${}^{218}\mathrm{Po}$ **oraz** zapisanie prawidłowej nazwy pierwiastka tego jądra: *pluton* albo ${}^{238}_{94}\mathrm{Pu}$ albo Pu

1 pkt – prawidłowa metoda obliczenia liczby atomowej Z jądra ${}^{\mathrm{A}}_{\mathrm{Z}}\mathrm{X}$, z którego po pięciu rozpadach α powstaje jądro izotopu polonu ${}^{218}\mathrm{Po}$

LUB

– zapisanie prawidłowej nazwy lub symbolu pierwiastka jądra ${}^{\mathrm{A}}_{\mathrm{Z}}\mathrm{X}$ bez zapisania obliczeń liczby atomowej tego jądra.

0 pkt – rozwiązanie niepoprawne lub niepełne albo brak rozwiązania.

Pełne rozwiązanie

Zachodzi pięć kolejnych rozpadów α, z których pierwszy jest rozpadem jądra ${}^{\mathrm{A}}_{\mathrm{Z}}\mathrm{X}$.

W każdym rozpadzie alfa powstaje nowe jądro oraz jądro helu ${}^{4}_{2}\mathrm{He}$.

Po piątym rozpadzie powstaje jądro ${}^{218}_{84}\mathrm{Po}$. Zatem:

$$\mathrm{A} - 5 \cdot 4 = 218 \quad \rightarrow \quad \mathrm{A} = 238$$ (zapis opcjonalny)

$$\mathrm{Z} - 5 \cdot 2 = 84 \quad \rightarrow \quad Z = 94$$

Nazwa lub symbol pierwiastka: *pluton* albo ${}^{238}_{94}\mathrm{Pu}$ albo Pu

Zadanie 11.3. (0–3)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
V. Budowanie modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk oraz ilustracji praw i zależności fizycznych. II. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem praw i zależności fizycznych.	Zdający: XII.5) posługuje się pojęciami pierwiastek, jądro atomowe, izotop, proton, neutron, elektron; opisuje skład jądra atomowego na podstawie liczb masowej i atomowej; XII.7) stosuje zasadę zachowania energii do opisu reakcji jądrowych; posługuje się pojęciem energii wiązania; XII.8) oblicza dla dowolnego izotopu energię spoczynkową, deficyt masy i energię wiązania.

Zasady oceniania

3 pkt – poprawna metoda obliczenia energii wiązania przypadającej na jeden nukleon dla jądra polonu ${}^{218}_{84}\mathrm{Po}$ **oraz** podanie prawidłowego wyniku liczbowego wyrażonego w MeV i zaokrąglonego do trzech cyfr znaczących: $E_{\mathrm{A\ Po}} \approx 7{,}73\ \mathrm{MeV}$

2 pkt – poprawne zapisanie związku pomiędzy energią wiązania jądra ${}^{218}_{84}\mathrm{Po}$ a deficytem masy jądra ${}^{218}_{84}\mathrm{Po}$ **oraz** zapisanie/uwzględnienie różnicy pomiędzy masą wszystkich nukleonów a masą jądra ${}^{218}_{84}\mathrm{Po}$, **oraz** poprawne podstawienie danych, np. zapisy równoważne poniższym:

$$E_{w\ \mathrm{Po}} = (84 \cdot 1{,}007276\ \mathrm{u} + 134 \cdot 1{,}008665\ \mathrm{u} - 217{,}962858\ \mathrm{u}) \cdot c^2$$

LUB

– poprawne zapisanie związku pomiędzy energią wiązania jądra $^{218}_{84}\mathrm{Po}$ a deficytem masy jądra $^{218}_{84}\mathrm{Po}$ **oraz** zapisanie/uwzględnienie różnicy pomiędzy masą wszystkich nukleonów a masą jądra $^{218}_{84}\mathrm{Po}$, **oraz** zapisanie wyrażenia pozwalającego obliczyć energię wiązania przypadającą na nukleon, np. zapisy równoważne poniższym:

$$E_{w\,\mathrm{Po}} = (84m_\mathrm{p} + 134m_\mathrm{n} - m_\mathrm{Po})c^2 \qquad \text{oraz} \qquad E_{\mathrm{A\,Po}} = \frac{E_{w\,\mathrm{Po}}}{218}$$

1 pkt – zapisanie związku pomiędzy energią wiązania jądra $^{218}_{84}\mathrm{Po}$ a deficytem masy tego jądra, np. zapisy równoważne poniższym:

$$E_{w\,\mathrm{Po}} = \Delta m_\mathrm{Po} c^2$$

LUB

– zapisanie deficytu masy jądra $^{218}_{84}\mathrm{Po}$ jako różnicy pomiędzy sumą mas wszystkich nukleonów tworzących to jądro a masą jądra $^{218}_{84}\mathrm{Po}$, np. zapisy równoważne poniższym:

$$\Delta m_\mathrm{Po} = 84m_\mathrm{p} + 134m_\mathrm{n} - m_\mathrm{Po}$$

0 pkt – rozwiązanie, w którym zastosowano niepoprawną metodę, albo brak rozwiązania.

Przykładowe pełne rozwiązanie

Obliczymy energię wiązania jądra polonu $^{218}_{84}\mathrm{Po}$. Wykorzystamy związek pomiędzy energią wiązania a deficytem masy jądra polonu $^{218}_{84}\mathrm{Po}$:

$$E_{w\,\mathrm{Po}} = \Delta m_\mathrm{Po} c^2$$

Deficyt masy jądra polonu $^{218}_{84}\mathrm{Po}$ jest równy różnicy sumy mas wszystkich (oddzielnie) nukleonów tworzących jądro i masy m_Po tego jądra. Jądro polonu $^{218}_{84}\mathrm{Po}$ ma 84 protony i 134 neutrony, zatem:

$$\Delta m_\mathrm{Po} = 84m_\mathrm{p} + 134m_\mathrm{n} - m_\mathrm{Po}$$

Energia wiązania jądra polonu $^{218}_{84}\mathrm{Po}$ wyraża się wzorem:

$$E_{w\,\mathrm{Po}} = (84m_\mathrm{p} + 134m_\mathrm{n} - m_\mathrm{Po})c^2$$

Do powyższego wzoru podstawimy dane liczbowe w odpowiednich jednostkach. Ponieważ nie wiemy ile cyfr znaczących będzie miał wynik obliczenia deficytu masy, to w pośrednich obliczeniach utrzymujemy tak dużą dokładność, jaka jest podana w zadaniu. Zaokrąglenie wykonamy na końcu rachunku:

$$E_{w\,\mathrm{Po}} = (84 \cdot 1{,}007276\ \mathrm{u} + 134 \cdot 1{,}008665\ \mathrm{u} - 217{,}962858\ \mathrm{u}) \cdot c^2$$

$$E_{w\,\mathrm{Po}} = 1{,}809436\ \mathrm{u} \cdot c^2 = 1{,}809436 \cdot 931{,}5\ \mathrm{MeV} \approx 1\,685{,}5\ \mathrm{MeV}$$

Obliczymy średnią energię wiązania przypadającą na jeden nukleon jądra polonu $^{218}_{84}\mathrm{Po}$:

$$E_{\mathrm{A\,Po}} = \frac{E_{w\,\mathrm{Po}}}{218} = \frac{1\,685{,}5\ \mathrm{MeV}}{218} = 7{,}7316\ldots\ \mathrm{MeV} \approx 7{,}73\ \mathrm{MeV}$$