Zadanie 12.1. (0–1)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
I. Wykorzystanie pojęć i wielkości fizycznych do opisu zjawisk oraz wskazywanie ich przykładów w otaczającej rzeczywistości. II. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem praw i zależności fizycznych.	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.8) oblicza dla dowolnego izotopu energię spoczynkową, deficyt masy i energię wiązania; XII.15) opisuje reakcję rozszczepienia jądra uranu $^{235}\mathrm{U}$ zachodzącą w wyniku pochłonięcia neutronu […].

Zasady oceniania
1 pkt – poprawne zaznaczenia w dwóch stwierdzeniach.
0 pkt – odpowiedź niepoprawna lub niepełna albo brak odpowiedzi.

Rozwiązanie
PF

Zadanie 12.2. (0–1)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
I. Wykorzystanie pojęć i wielkości fizycznych do opisu zjawisk oraz wskazywanie ich przykładów w otaczającej rzeczywistości.	Zdający: XII.5) posługuje się pojęciami pierwiastek, jądro atomowe, izotop, proton, neutron, elektron; opisuje skład jądra atomowego na podstawie liczb masowej i atomowej; XII.6) zapisuje reakcje jądrowe, stosując zasadę zachowania liczby nukleonów i zasadę zachowania ładunku; XII.15) opisuje reakcję rozszczepienia jądra uranu $^{235}\mathrm{U}$ zachodzącą w wyniku pochłonięcia neutronu […].

Zasady oceniania
1 pkt – odpowiedź poprawna.
0 pkt – odpowiedź niepoprawna albo brak odpowiedzi.

Rozwiązanie
B

Zadanie 12.3. (0–3)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
II. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem praw i zależności fizycznych. V. Budowanie modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk oraz ilustracji praw i zależności fizycznych.	Zdający: I.15) przeprowadza obliczenia i zapisuje wynik zaokrąglony do zadanej liczby cyfr znaczących. XII.3) opisuje równoważność masy i energii spoczynkowej; XII.7) stosuje zasadę zachowania energii do opisu reakcji jądrowych […]; XII.8) oblicza dla dowolnego izotopu energię spoczynkową […]; XII.15) opisuje reakcję rozszczepienia jądra uranu $^{235}\mathrm{U}$ zachodzącą w wyniku pochłonięcia neutronu […].

Zasady oceniania

3 pkt – poprawna metoda obliczenia masy jądra X **oraz** podanie prawidłowego wyniku liczbowego z jednostką: $m_{\mathrm{X}} \approx 233{,}9 \cdot 10^{-27}\ \mathrm{kg}$

2 pkt – zapisanie równania wynikającego z zasady zachowania energii dla reakcji rozszczepienia uranu z uwzględnieniem energii kinetycznej i energii spoczynkowej substratów i produktów reakcji **oraz** zastosowanie (dla każdego produktu i substratu) wzoru Einsteina wiążącego energię spoczynkową i masę, np. zapisy równoważne poniższym:

$$m_{\mathrm{U}}c^2 + m_{\mathrm{n}}c^2 = E_{kin\ prod} + m_{\mathrm{X}}c^2 + m_{\mathrm{Kr}}c^2 + 3m_{\mathrm{n}}c^2$$

albo

$$\frac{E_{kin\ prod}}{c^2} = m_{\mathrm{U}} + m_{\mathrm{n}} - m_{\mathrm{X}} - m_{\mathrm{Kr}} - 3m_{\mathrm{n}}$$

1 pkt – zapisanie równania wynikającego z zasady zachowania energii dla reakcji rozszczepienia uranu z uwzględnieniem (wystarczy poprzez oznaczenie) energii kinetycznej i energii spoczynkowej substratów i produktów reakcji, np. zapisy równoważne poniższym:

$$E_{kin\ subs} + E_{0\ subs} = E_{kin\ prod} + E_{0\ prod} \quad \text{oraz} \quad E_{kin\ subs} = 0$$

albo

$$E_{0\,\mathrm{U}} + E_{0\,\mathrm{n}} = E_{kin\ prod} + E_{0\,\mathrm{X}} + E_{0\,\mathrm{Kr}} + 3E_{0\,\mathrm{n}}$$

albo

$$E_{kin\ prod} = E_{0\,\mathrm{U,n}} - E_{0\,\mathrm{X,Kr,3n}}$$

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

Przykładowe pełne rozwiązanie

Zastosujemy zasadę zachowania energii. Energia całkowita (substratów) układu przed reakcją rozszczepienia uranu jest równa energii całkowitej (produktów) po reakcji rozszczepienia uranu. Energia całkowita jest sumą energii kinetycznej oraz energii spoczynkowej:

$$E_{kin\ subs} + E_{0\ subs} = E_{kin\ prod} + E_{0\ prod}$$

Uwzględnimy fakt, że energia całkowita substratów (lub produktów) reakcji jest sumą energii kinetycznych oraz energii spoczynkowych wszystkich jąder i cząstek przed rozszczepieniem (lub odpowiednio po rozszczepieniu). Wykorzystamy warunek zadania, zgodnie z którym pomijamy energie kinetyczne substratów reakcji (neutronu i jądra uranu). Zatem:

$$E_{0\,\mathrm{U}} + E_{0\,\mathrm{n}} = E_{kin\ prod} + E_{0\,\mathrm{X}} + E_{0\,\mathrm{Kr}} + 3E_{0\,\mathrm{n}}$$

$$E_{0\,\mathrm{U}} = E_{kin\ prod} + E_{0\,\mathrm{X}} + E_{0\,\mathrm{Kr}} + 2E_{0\,\mathrm{n}}$$

Wykorzystamy dalej związek między masą a energią spoczynkową (wzór Einsteina):

$$m_{\mathrm{U}}c^2 = E_{kin\ prod} + m_{\mathrm{X}}c^2 + m_{\mathrm{Kr}}c^2 + 2m_{\mathrm{n}}c^2$$

Przekształcimy powyższe równanie, podstawimy dane i wykonamy obliczenia:

$$m_{\mathrm{X}} = m_{\mathrm{U}} - m_{\mathrm{Kr}} - 2m_{\mathrm{n}} - \frac{E_{kin\ prod}}{c^2}$$

$$m_{\mathrm{X}} = (390{,}216 - 152{,}614 - 2 \cdot 1{,}675) \cdot 10^{-27}\ \mathrm{kg} - \frac{173{,}3 \cdot 10^{6} \cdot 1{,}602 \cdot 10^{-19}}{2{,}998^2 \cdot 10^{16}}\ \mathrm{kg}$$

$$m_{\mathrm{X}} \approx 234{,}252 \cdot 10^{-27}\ \mathrm{kg} - 0{,}309 \cdot 10^{-27}\ \mathrm{kg} = 233{,}943 \cdot 10^{-27}\ \mathrm{kg}$$

$$m_{\mathrm{X}} \approx 233{,}9 \cdot 10^{-27}\ \mathrm{kg}$$