Zadanie 10.1. (0–2)

Wymagania egzaminacyjne 2024	
Wymagania ogólne	**Wymagania szczegółowe**
IV. Posługiwanie się informacjami pochodzącymi z analizy materiałów źródłowych, w tym tekstów popularnonaukowych. I. Wykorzystanie pojęć i wielkości fizycznych do opisu zjawisk oraz wskazywanie ich przykładów w otaczającej rzeczywistości.	Zdający: I.2) posługuje się […] tablicami fizycznymi i chemicznymi oraz kartą wybranych wzorów i stałych fizykochemicznych. 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.9) […] opisuje rozpady alfa, beta (β^+, β^-).

Zasady oceniania

2 pkt – poprawne uzupełnienie schematu równania reakcji rozpadu beta minus jądra węgla $^{14}\mathrm{C}$, tzn. wpisanie właściwych liczb atomowej i masowej **oraz** zapisanie symbolu lub nazwy powstałego jądra:
$^{14}_{7}\mathrm{N}$ albo N albo azot

1 pkt – poprawne uzupełnienie schematu równania reakcji rozpadu beta minus jądra węgla $^{14}\mathrm{C}$, tzn. wpisanie właściwych liczb atomowej i masowej

LUB

– poprawne zapisanie symbolu lub nazwy jądra pierwiastka X (azot).

0 pkt – rozwiązanie niepoprawne lub niepełne albo brak rozwiązania.

Pełne rozwiązanie

$$^{14}_{6}\mathrm{C} \rightarrow {}^{14}_{7}\mathrm{X} + \beta^{-}$$

gdzie X oznacza jądro pierwiastka ..... $^{14}_{7}\mathrm{N}$ lub N lub azot

Zadanie 10.2. (0–3)

Wymagania egzaminacyjne 2024	
Wymagania ogólne	**Wymagania szczegółowe**
II. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem praw i zależności fizycznych. IV. Posługiwanie się informacjami pochodzącymi z analizy materiałów źródłowych, w tym tekstów popularnonaukowych.	Zdający: I.4) przeprowadza obliczenia liczbowe posługując się kalkulatorem; I.16) przeprowadza obliczenia i zapisuje wynik zgodnie z zasadami zaokrąglania oraz zachowaniem liczby cyfr znaczących wynikającej z dokładności pomiaru lub z danych. XII.11) opisuje przypadkowy charakter rozpadu jąder atomowych; XII.12) opisuje rozpad izotopu promieniotwórczego; posługuje się pojęciem czasu połowicznego rozpadu.

Zasady oceniania

3 pkt – poprawna metoda obliczenia ilorazu $\frac{m_C}{m_0}$ **oraz** prawidłowy wynik liczbowy zaokrąglony do dwóch cyfr znaczących.

2 pkt – zapisanie równania wiążącego m_0 i m_C, wynikającego z prawa rozpadu promieniotwórczego **oraz** obliczenie wyrażenia $\frac{t}{T}$, **oraz** zapisanie wyrażenia równoważnego poniższemu:

$$\frac{m_\mathrm{C}}{m_0} = \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{1}{2}} \quad \text{albo} \quad \frac{m_\mathrm{C}}{m_0} = \sqrt{\left(\frac{1}{2}\right)}$$

1 pkt – zapisanie równania wiążącego m_0 i m_C, wynikającego z prawa rozpadu promieniotwórczego, np. zapisy równoważne poniższym:

$$m_\mathrm{C} = m_0\left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{T}}$$

LUB

– obliczenie wartości wyrażenia $\frac{t}{T}$, np. zapisy równoważne poniższym:

$$\frac{t}{T} = \frac{2\,865\ \mathrm{lat}}{5\,730\ \mathrm{lat}} = \frac{1}{2}$$

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

Rozwiązanie

Zapiszemy równanie wynikające z prawa rozpadu promieniotwórczego:

$$1) \quad \frac{N(t)}{N_0} = \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{T}}$$

gdzie N_0 to liczba jąder węgla $^{14}\mathrm{C}$ w przedmiocie w chwili t_0, a $N(t)$ to liczba jąder tego węgla w chwili t (aktualna liczba jąder). Ponieważ masa izotopu węgla $^{14}\mathrm{C}$ jest proporcjonalna do liczby jąder tego węgla $^{14}\mathrm{C}$, to otrzymujemy analogiczne równanie na masę tego węgla $^{14}\mathrm{C}$ pozostającą w próbce w chwili t:

$$2) \quad \frac{m(t)}{m_0} = \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{T}}$$

Zgodnie z oznaczeniami w zadaniu oraz zgodnie z danymi, dla $t = 2\,865\ \mathrm{lat}$ mamy:

$$3a) \quad \frac{m_\mathrm{C}}{m_0} = \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{2\,865\ \mathrm{lat}}{5\,730\ \mathrm{lat}}} \qquad \rightarrow \qquad 3b) \quad \frac{m_\mathrm{C}}{m_0} = \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{1}{2}}$$

Obliczenie potęgi wykonujemy na kalkulatorze (używając od razu funkcji potęgi albo funkcji pierwiastka po zamianie potęgi na pierwiastek):

$$4) \quad \frac{m_\mathrm{C}}{m_0} = \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{1}{2}} = \sqrt{\frac{1}{2}} = 0{,}7071\ldots \approx 0{,}71$$

Uwaga dodatkowa

Gdy zdający poprawnie obliczy $\frac{t}{T} = \frac{1}{2}$ oraz następnie błędnie wywnioskuje z prawa rozpadu, że po upływie połowy czasu połowicznego rozpadu rozpada się ¼ początkowej masy/liczby jąder izotopu węgla $^{14}\mathrm{C}$ i zapisze wynik $\frac{m_\mathrm{C}}{m_0} = \frac{3}{4}$ to otrzymuje dwa punkty.

Zadanie 10.3. (0–3)

Wymagania egzaminacyjne 2024	
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: I.2) posługuje się […] tablicami fizycznymi i chemicznymi oraz kartą wybranych wzorów i stałych fizykochemicznych; I.7) wyodrębnia z tekstów […] informacje kluczowe dla opisywanego zjawiska bądź problemu […]. 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 […].

Zasady oceniania

3 pkt – poprawna metoda obliczenia łącznej energii kinetycznej produktów rozpadu beta minus jądra węgla $^{14}\mathrm{C}$ **oraz** podanie prawidłowego wyniku liczbowego wyrażonego w MeV.

2 pkt – poprawne zapisanie równania wynikającego z zasady zachowania energii dla rozpadu beta minus z uwzględnieniem energii spoczynkowej jądra węgla $^{14}\mathrm{C}$, energii spoczynkowej i kinetycznej produktów rozpadu: jądra X oraz cząstki β^- **oraz** zastosowanie wzoru Einsteina na energie spoczynkowe, np. zapisy równoważne poniższym:

$$m_{\mathrm{C}}c^2 = m_{\mathrm{X}}c^2 + m_{\beta}c^2 + E_{kin}$$

1 pkt – zapisanie równania wynikającego z zasady zachowania energii dla rozpadu beta minus z uwzględnieniem (wystarczy poprzez oznaczenie) energii spoczynkowej substratów (jądra węgla $^{14}\mathrm{C}$) i energii kinetycznej i energii spoczynkowej produktów rozpadu (jądra X oraz cząstki β^-), np. zapisy równoważne poniższym:

$$E_{kin\,przed} + E_{0\,przed} = E_{kin\,po} + E_{0\,po} \qquad \text{oraz} \qquad E_{kin\,przed} = 0$$

albo

$$E_{0\,przed} = E_{kin\,po} + E_{0\,po}$$

albo

$$E_{0\,\mathrm{C}} = E_{0\,\mathrm{X}} + E_{0\,\beta} + E_{kin}$$

albo

$$E_{0\,\mathrm{C}} + E_{kin\,\mathrm{C}} = E_{0\,\mathrm{X}} + E_{0\,\beta} + E_{0\,\tilde{\nu}} + E_{kin\,\mathrm{X},\beta,\tilde{\nu}} \quad \text{oraz} \quad E_{kin\,\mathrm{C}} = 0 \quad \text{oraz} \quad E_{0\,\tilde{\nu}} \approx 0$$

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

Przykładowe pełne rozwiązania

Zastosujemy zasadę zachowania energii – energia całkowita układu przed rozpadem jest równa energii całkowitej układu po rozpadzie:

$$E_{kin\,przed} + E_{0\,przed} = E_{kin\,po} + E_{0\,po}$$

Energia całkowita układu przed i po rozpadzie jest sumą energii kinetycznych oraz energii spoczynkowych wszystkich jąder i cząstek biorących udział w rozpadzie. Wykorzystamy związek między masą a energią spoczynkową i uwzględnimy założenia zadania (jądro węgla spoczywa, masę antyneutrina pomijamy):

$$E_{0\,\mathrm{C}} = E_{0\,\mathrm{X}} + E_{0\,\beta} + E_{kin\,\mathrm{X},\beta,\tilde{\nu}}$$

$$m_{\mathrm{C}}c^2 = m_{\mathrm{X}}c^2 + m_{\beta}c^2 + E_{kin} \quad \rightarrow$$

$$E_{kin} = (m_{\mathrm{C}} - m_{\mathrm{X}} - m_{\beta})c^2 \quad \rightarrow$$

$$E_{kin} = (13{,}99995\ \mathrm{u} - 13{,}99923\ \mathrm{u} - 0{,}00055\ \mathrm{u})c^2 \quad \rightarrow$$

$$E_{kin} = 0{,}00017 \cdot \mathrm{u} \cdot c^2 = 0{,}00017 \cdot 931{,}5\ \mathrm{MeV} \approx 0{,}16\ \mathrm{MeV}$$