Zadanie 12.1. (0–2)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
IV. Posługiwanie się informacjami pochodzącymi z analizy materiałów źródłowych, w tym tekstów popularnonaukowych i źródeł internetowych, oraz ocenianie wiarygodności źródeł. 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. 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 […].

Zasady oceniania

2 pkt – poprawne uzupełnienie schematu równania rozpadu α jądra plutonu $^{238}_{94}\mathrm{Pu}$, tzn. wpisanie właściwych liczb atomowej i masowej **oraz** zapisanie symbolu lub nazwy pierwiastka, którego jądro powstaje: $^{234}_{92}\mathrm{U}$ albo U albo *uran*

1 pkt – poprawne uzupełnienie schematu równania rozpadu α jądra plutonu $^{238}_{94}\mathrm{Pu}$, tzn. wpisanie właściwych liczb atomowej i masowej powstałego jądra

LUB

– poprawne zapisanie symbolu lub nazwy pierwiastka X: *uran* albo U albo $^{234}_{92}\mathrm{U}$

0 pkt – rozwiązanie niepoprawne lub niepełne albo brak rozwiązania.

Pełne rozwiązanie

Sposób 1.

$$^{238}_{94}\mathrm{Pu} \rightarrow {}^{234}_{92}\mathrm{X} + \alpha$$

symbol (lub nazwa) pierwiastka X: .....$^{234}_{92}\mathrm{U}$.....

Sposób 2.

$$^{238}_{94}\mathrm{Pu} \rightarrow {}^{234}_{92}\mathrm{X} + \alpha$$

symbol (lub nazwa) pierwiastka X: .....U.....

Sposób 3.

$$^{238}_{94}\mathrm{Pu} \rightarrow {}^{234}_{92}\mathrm{X} + \alpha$$

symbol (lub nazwa) pierwiastka X: .....*uran*.....

Zadanie 12.2. (0–3)

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 i źródeł internetowych, oraz ocenianie wiarygodności źródeł.	Zdający: II.15) wykorzystuje zasadę zachowania pędu do opisu zachowania się izolowanego układu ciał; II.20) posługuje się pojęciami […] energii kinetycznej […]. XII.5) posługuje się pojęciami pierwiastek, jądro atomowe […]; XII.9) […] opisuje rozpady alfa […].

Zasady oceniania

3 pkt – poprawna metoda obliczenia ilorazu energii kinetycznych jądra X i cząstki α **oraz** podanie prawidłowego wyniku liczbowego: $\frac{E_{kin\,\mathrm{X}}}{E_{kin\,\alpha}} = \frac{1}{58{,}5}$ albo $\frac{E_{kin\,\mathrm{X}}}{E_{kin\,\alpha}} \approx 0{,}017$

2 pkt – poprawne zapisanie zasady zachowania pędu układu (przed i po rozpadzie jądra $^{238}_{94}\mathrm{Pu}$) z uwzględnieniem wartości pędów jądra X i cząstki α i z uwzględnieniem zwrotów prędkości/pędów jądra X i cząstki α **oraz** poprawne zapisanie stosunku energii kinetycznych jądra X i cząstki α z uwzględnieniem wzorów na energie kinetyczne, np. zapisy równoważne poniższym:

$m_{\mathrm{X}}v_{\mathrm{X}} - m_{\alpha}v_{\alpha} = 0$ oraz $\frac{E_{kin\,\mathrm{X}}}{E_{kin\,\alpha}} = \frac{m_{\mathrm{X}}v_{\mathrm{X}}^2}{m_{\alpha}v_{\alpha}^2}$

albo

$p_{\mathrm{X}} - p_{\alpha} = 0$ oraz $\frac{E_{kin\,\mathrm{X}}}{E_{kin\,\alpha}} = \frac{\frac{p_{\mathrm{X}}^2}{2m_{\mathrm{X}}}}{\frac{p_{\alpha}^2}{2m_{\alpha}}}$

1 pkt – poprawne zapisanie zasady zachowania pędu układu (przed i po rozpadzie jądra $^{238}_{94}\mathrm{Pu}$) z uwzględnieniem wartości pędów jądra X i cząstki α i z uwzględnieniem zwrotów prędkości/pędów jądra X i cząstki α, np. zapisy równoważne poniższym:

$m_{\mathrm{X}}v_{\mathrm{X}} - m_{\alpha}v_{\alpha} = 0$ (lub $m_{\mathrm{X}}v_{\mathrm{X}} = m_{\alpha}v_{\alpha}$) albo $p_{\mathrm{X}} - p_{\alpha} = 0$ (lub $p_{\mathrm{X}} = p_{\alpha}$)

LUB

– poprawne zapisanie stosunku energii kinetycznych jądra X i cząstki α z uwzględnieniem wzorów na energie kinetyczne, np. zapisy równoważne poniższym:

$\frac{E_{kin\,\mathrm{X}}}{E_{kin\,\alpha}} = \frac{\frac{m_{\mathrm{X}}v_{\mathrm{X}}^2}{2}}{\frac{m_{\alpha}v_{\alpha}^2}{2}}$ albo $\frac{E_{kin\,\mathrm{X}}}{E_{kin\,\alpha}} = \frac{\frac{p_{\mathrm{X}}^2}{2m_{\mathrm{X}}}}{\frac{p_{\alpha}^2}{2m_{\alpha}}}$

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

Przykładowe pełne rozwiązania

Sposób 1.

Zapiszemy wyrażenie pozwalające wyznaczyć iloraz energii kinetycznych jądra X i cząstki α:

$$1)\quad \frac{E_{kin\,\mathrm{X}}}{E_{kin\,\alpha}} = \frac{\frac{1}{2}m_{\mathrm{X}}v_{\mathrm{X}}^2}{\frac{1}{2}m_{\alpha}v_{\alpha}^2} = \frac{m_{\mathrm{X}}v_{\mathrm{X}}^2}{m_{\alpha}v_{\alpha}^2}$$

Obliczymy stosunek prędkości tych jąder. W tym celu skorzystamy z zasady zachowania pędu. Pęd układu przed rozpadem (pęd jądra $^{238}_{94}\mathrm{Pu}$) jest równy zero, a pęd układu po rozpadzie jest równy wektorowej sumie pędów jądra X i cząstki α:

$$2)\quad \vec{p}_{\mathrm{Pu}} = \vec{p}_{\mathrm{X}} + \vec{p}_{\alpha} \quad\rightarrow\quad 3)\ 0 = m_{\mathrm{X}}v_{\mathrm{X}} - m_{\alpha}v_{\alpha} \quad\rightarrow\quad 4)\ \frac{v_{\mathrm{X}}}{v_{\alpha}} = \frac{m_{\alpha}}{m_{\mathrm{X}}}$$

Równanie uzyskane w pkt 4) podstawimy do wzoru w pkt 1) i w ten sposób wyznaczymy stosunek energii kinetycznych jądra X i cząstki α w zależności od ich mas:

$$5)\quad \frac{E_{kin\,\mathrm{X}}}{E_{kin\,\alpha}} = \frac{m_{\mathrm{X}}}{m_{\alpha}} \cdot \left(\frac{v_{\mathrm{X}}}{v_{\alpha}}\right)^2 = \frac{m_{\mathrm{X}}}{m_{\alpha}} \cdot \left(\frac{m_{\alpha}}{m_{\mathrm{X}}}\right)^2 = \frac{m_{\alpha}}{m_{\mathrm{X}}}$$

Do prawej strony równania podstawimy dane liczbowe:

$$6)\quad \frac{E_{kin\,\mathrm{X}}}{E_{kin\,\alpha}} = \frac{1}{58{,}5} \approx 0{,}017$$

Sposób 2.

Zapiszemy wyrażenie pozwalające wyznaczyć iloraz energii kinetycznych jądra X i cząstki α:

$$1)\quad \frac{E_{kin\,\mathrm{X}}}{E_{kin\,\alpha}} = \frac{\frac{p_{\mathrm{X}}^2}{2m_{\mathrm{X}}}}{\frac{p_{\alpha}^2}{2m_{\alpha}}}$$

Skorzystamy z zasady zachowania pędu. Pęd układu przed rozpadem jest równy zero, a pęd układu po rozpadzie jest równy wektorowej sumie pędów jądra X i cząstki α:

$$2)\quad \vec{p}_{\mathrm{Pu}} = \vec{p}_{\mathrm{X}} + \vec{p}_{\alpha} \quad\rightarrow\quad 3)\ 0 = p_{\mathrm{X}} - p_{\alpha} \quad\rightarrow\quad 4)\ p_{\mathrm{X}} = p_{\alpha}$$

Równanie uzyskane w pkt 4) wykorzystamy we wzorze w pkt 1) i w ten sposób wyznaczymy stosunek energii kinetycznych jądra X i cząstki α w zależności od ich mas:

$$5)\quad \frac{E_{kin\,\mathrm{X}}}{E_{kin\,\alpha}} = \frac{\frac{p_{\mathrm{X}}^2}{2m_{\mathrm{X}}}}{\frac{p_{\alpha}^2}{2m_{\alpha}}} = \frac{\frac{1}{2m_{\mathrm{X}}}}{\frac{1}{2m_{\alpha}}} = \frac{m_{\alpha}}{m_{\mathrm{X}}}$$

Do prawej strony równania podstawimy dane liczbowe:

$$6)\quad \frac{E_{kin\,\mathrm{X}}}{E_{kin\,\alpha}} = \frac{1}{58{,}5} \approx 0{,}017$$

Zadanie 12.3. (0–3)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
V. Budowanie modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk oraz ilustracji praw i zależności fizycznych. IV. Posługiwanie się informacjami pochodzącymi z analizy materiałów źródłowych, w tym tekstów popularnonaukowych i źródeł internetowych, oraz ocenianie wiarygodności źródeł. II. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem praw i zależności fizycznych.	Zdający: I.4) przeprowadza obliczenia liczbowe, posługując się kalkulatorem; I.15) […] zapisuje wynik zaokrąglony do zadanej liczby cyfr znaczących. II.20) posługuje się pojęciami […] mocy […]. VI.2) rozróżnia przekaz energii w postaci ciepła między układami o różnych temperaturach i przekaz energii w formie pracy. XII.12) opisuje rozpad izotopu promieniotwórczego; posługuje się pojęciem czasu połowicznego rozpadu; oblicza liczbę jąder izotopu promieniotwórczego, które pozostają w próbce po dowolnym czasie […].

Zasady oceniania

3 pkt – poprawna metoda obliczenia czasu połowicznego rozpadu izotopu plutonu $^{238}_{94}\mathrm{Pu}$ **oraz** podanie prawidłowego wyniku liczbowego wyrażonego w latach i zaokrąglonego do dwóch cyfr znaczących: $T \approx 88\ \mathrm{lat}$

Uwaga! W tym zadaniu, jeśli zdający stosuje poprawną metodę i otrzymuje wynik liczbowy w latach, pozostawiając go niezaokrąglonym do dwóch cyfr znaczących, to może otrzymać 3 pkt pod warunkiem, że ten wynik po zaokrągleniu dałby wartość $\boldsymbol{T \approx 88\ lat}$.

2 pkt – poprawne zapisanie jednego równania, z którego bezpośrednio można obliczyć T, wynikającego z prawa rozpadu promieniotwórczego i warunku zadania **oraz** prawidłowe uwzględnienie danych liczbowych w tym równaniu, np. zapisy równoważne poniższym:

$$\frac{96{,}13\ \mathrm{J/s}}{100\ \mathrm{J/s}} = \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{5\ \mathrm{lat}}{T}} \qquad \text{albo} \qquad 0{,}9613 = \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{5\ \mathrm{lat}}{T}}$$

LUB

– poprawne zapisanie jednego równania, z którego bezpośrednio można obliczyć T, wynikającego z prawa rozpadu promieniotwórczego i warunku zadania **oraz** przekształcenie tego równania i wyznaczenie $\frac{t}{T}$:

$$\frac{P_t}{P_0} = \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{T}} \qquad \rightarrow \qquad \frac{t}{T} = \log_{\frac{1}{2}}\left(\frac{P_t}{P_0}\right)$$

1 pkt – poprawne zapisanie równania prawa rozpadu promieniotwórczego (z uwzględnieniem poprzez oznaczenie czasu połowicznego rozpadu) **oraz** poprawne zapisanie/wykorzystanie warunku zadania o proporcjonalności mocy cieplnej do liczby jąder, np. zapisy równoważne poniższym:

$$\frac{N_t}{N_0} = \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{T}} \quad \text{oraz} \quad \frac{P_t}{P_0} = \frac{N_t}{N_0}$$

albo (w jednym równaniu)

$$\frac{P_t}{P_0} = \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{T}} \quad \text{albo} \quad P(t) \propto \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{T}}$$

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

Przykładowe pełne rozwiązanie

Z prawa rozpadu promieniotwórczego wynika, że:

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

gdzie N_0 jest liczbą jąder izotopu plutonu $^{238}_{94}\mathrm{Pu}$ w próbce $\mathcal{Z}$ w chwili $t_0 = 0$, a N_t jest liczbą jąder izotopu plutonu $^{238}_{94}\mathrm{Pu}$ w tej próbce w chwili t. Ponieważ moc cieplna wytwarzana przez próbkę $\mathcal{Z}$ jest wprost proporcjonalna do liczby jąder izotopu plutonu $^{238}_{94}\mathrm{Pu}$ pozostających w próbce $\mathcal{Z}$, to:

$$2) \quad \frac{P_t}{P_0} = \frac{N_t}{N_0}$$

Z równań 1) i 2) wynika, że

$$3) \quad \frac{P_t}{P_0} = \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{T}}$$

Podstawimy dane liczbowe zadania i rozwiążemy równanie względem T:

- przykładowy sposób 1. prowadzenia rachunku

$$4) \quad \frac{96{,}13\ \mathrm{J/s}}{100\ \mathrm{J/s}} = \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{5\ \mathrm{lat}}{T}} \quad \rightarrow \quad 0{,}9613 = \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{5\ \mathrm{lat}}{T}}$$

$$5) \quad \frac{5\ \mathrm{lat}}{T} = \log_{\frac{1}{2}} 0{,}9613 \quad \xrightarrow{\text{kalkulator naukowy}}$$

$$6) \quad T = \frac{5\ \mathrm{lat}}{\log_{\frac{1}{2}} 0{,}9613} = 87{,}80\ldots\ \mathrm{lat} \approx 88\ \mathrm{lat}$$

- przykładowy sposób 2. prowadzenia rachunku

$$4) \quad \frac{96{,}13\ \mathrm{J/s}}{100\ \mathrm{J/s}} = 2^{-\frac{5\ \mathrm{lat}}{T}} \quad \rightarrow \quad \frac{100\ \mathrm{J/s}}{96{,}13\ \mathrm{J/s}} = 2^{\frac{5\ \mathrm{lat}}{T}}$$

$$5) \quad \frac{5\ \mathrm{lat}}{T} \approx \log_2 1{,}04026 \quad \xrightarrow{\text{kalkulator naukowy}}$$

$$6) \quad T = \frac{5\ \mathrm{lat}}{\log_2 1{,}04026} = 87{,}80\ldots\ \mathrm{lat} \approx 88\ \mathrm{lat}$$

- przykładowy sposób 3. prowadzenia rachunku

4) $\dfrac{96{,}13\ \mathrm{J/s}}{100\ \mathrm{J/s}} = \left(\dfrac{1}{2}\right)^{\frac{5\ \mathrm{lat}}{T}} \quad \rightarrow \quad 0{,}9613 = \left(\dfrac{1}{2}\right)^{\frac{5\ \mathrm{lat}}{T}}$

5) $\log_{10} 0{,}9613 = \log_{10}\left(\dfrac{1}{2}\right)^{\frac{5\ \mathrm{lat}}{T}} \quad \rightarrow$

$\log_{10} 0{,}9613 = \dfrac{5\ \mathrm{lat}}{T} \cdot \log_{10}\left(\dfrac{1}{2}\right) \quad \xrightarrow{\text{kalkulator naukowy}}$

6) $T = 5\ \mathrm{lat} \cdot \dfrac{\log_{10} 0{,}5}{\log_{10} 0{,}9613} = 87{,}80 \ldots \mathrm{lat} \approx 88\ \mathrm{lat}$