Zadanie 10.1. (0–2)

Wymaganie 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: I.7) wyodrębnia z […] wykresów […] informacje kluczowe dla opisywanego zjawiska bądź problemu; przedstawia te informacje w różnych postaciach. XII.5) posługuje się pojęciami pierwiastek, jądro atomowe, izotop, proton, neutron, elektron; opisuje skład jądra atomowego na podstawie liczb masowej i atomowej; XII.7) […] posługuje się pojęciem energii wiązania; XII.8) oblicza dla dowolnego izotopu energię spoczynkową, deficyt masy i energię wiązania.

Zasady oceniania

2 pkt – poprawne zaznaczenia w trzech zdaniach.
1 pkt – poprawne zaznaczenia w dwóch zdaniach.
0 pkt – odpowiedź niepoprawna lub niepełna albo brak odpowiedzi.

Pełne rozwiązanie

FFP

Zadanie 10.2. (0–3)

Wymaganie ogólne	Wymagania szczegółowe
II. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem praw i zależności fizycznych.	Zdający: I.2) posługuje się materiałami pomocniczymi, w tym tablicami fizycznymi i chemicznymi oraz kartą wybranych wzorów i stałych fizykochemicznych; I.7) wyodrębnia z […] wykresów […] informacje kluczowe dla opisywanego zjawiska bądź problemu; przedstawia te informacje w różnych postaciach. XII.3) opisuje równoważność masy i energii spoczynkowej; XII.5) posługuje się pojęciami pierwiastek, jądro atomowe, izotop, proton, neutron, elektron; opisuje skład jądra atomowego na podstawie liczb masowej i atomowej; XII.8) oblicza dla dowolnego izotopu energię spoczynkową, deficyt masy i energię wiązania.

Zasady oceniania

3 pkt – poprawna metoda obliczenia masy jądra niklu **oraz** podanie prawidłowego wyniku z jednostką, zaokrąglonego do czterech cyfr znaczących.

2 pkt – zapisanie związku między deficytem masy Δm_{Ni} jądra niklu a energią wiązania E_{wNi} jądra niklu **oraz** zapisanie Δm_{Ni} jako różnicy między sumą oddzielnych mas protonów i neutronów tworzących jądro niklu a masą tego jądra **oraz** poprawna metoda obliczenia energii wiązania jądra niklu na podstawie danych odczytanych z wykresu, np. zapisy (lub zapisy równoważne):

$$\left(28m_{\mathrm{p}} + 34m_{\mathrm{n}} - m_{\mathrm{Ni}}\right)c^2 = E_{w\mathrm{Ni}} \qquad \text{oraz} \qquad E_{w\mathrm{Ni}} = 8{,}795\ \mathrm{MeV} \cdot 62$$

1 pkt – zapisanie związku między deficytem masy Δm_{Ni} jądra niklu a energią wiązania E_{wNi} jądra niklu (bez rozpisania Δm_{Ni} jako różnicy odpowiednich mas) **oraz** poprawna metoda obliczenia energii wiązania jądra niklu na podstawie danych odczytanych z wykresu, np. zapisy (lub zapisy równoważne):

$$\Delta m_{\mathrm{Ni}}c^2 = E_{w\mathrm{Ni}} \qquad \text{oraz} \qquad E_{w\mathrm{Ni}} = 8{,}795\ \mathrm{MeV} \cdot 62$$

LUB

– zapisanie związku między deficytem masy Δm_{Ni} jądra niklu a energią wiązania E_{wNi} jądra niklu **oraz** zapisanie Δm_{Ni} jako różnicy między sumą oddzielnych mas protonów i neutronów tworzących jądro niklu a masą tego jądra, np. zapisy (lub zapisy równoważne):

$$\Delta m_{\mathrm{Ni}}c^2 = E_{w\mathrm{Ni}} \qquad \text{oraz} \qquad \Delta m_{\mathrm{Ni}} = \left(28m_{\mathrm{p}} + 34m_{\mathrm{n}} - m_{\mathrm{Ni}}\right)$$

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

Przykładowe pełne rozwiązanie

Zapiszemy związek między deficytem masy a energią wiązania jądra niklu $^{62}_{28}\mathrm{Ni}$:

$$1)\ \Delta m_{\mathrm{Ni}} c^2 = E_{w\mathrm{Ni}}$$

Deficyt masy Δm_{Ni} rozpiszemy jako różnicę między sumą oddzielnych mas protonów i neutronów tworzących jądro niklu a masą tego jądra. Jądro niklu $^{62}_{28}\mathrm{Ni}$ ma 28 protonów i 34 neutrony, zatem:

$$2)\ \left(28m_{\mathrm{p}} + 34m_{\mathrm{n}} - m_{\mathrm{Ni}}\right)c^2 = E_{w\mathrm{Ni}}$$

$$3)\ \ 28m_{\mathrm{p}} + 34m_{\mathrm{n}} - m_{\mathrm{Ni}} = \frac{E_{w\mathrm{Ni}}}{c^2}$$

$$4)\ \ m_{\mathrm{Ni}} = 28m_{\mathrm{p}} + 34m_{\mathrm{n}} - \frac{E_{w\mathrm{Ni}}}{c^2}$$

Energię wiązania jadra niklu określimy na podstawie danych przedstawionych na wykresie zależności $\frac{E_w}{A}$ od liczby masowej A:

$$5)\ \ E_{w\mathrm{Ni}} = \frac{E_{w\mathrm{Ni}}}{A} \cdot A = 8{,}795\ \mathrm{MeV} \cdot 62 = 545{,}29\ \mathrm{MeV}$$

$$6)\ \ E_{w\mathrm{Ni}} = 545{,}29 \cdot 10^6 \cdot 1{,}6022 \cdot 10^{-19}\ \mathrm{J} = 873{,}66 \cdot 10^{-13}\ \mathrm{J}$$

Do wzoru 4) na masę jądra niklu podstawimy otrzymaną w równaniu 6) wartość energii wiązania jądra niklu oraz masy protonów i neutronów odczytane z *Wybranych wzorów i stałych fizykochemicznych na egzamin maturalny z biologii, chemii i fizyki*:

$$7)\ \ m_{\mathrm{Ni}} \approx 28 \cdot 1{,}6726 \cdot 10^{-27}\ \mathrm{kg} + 34 \cdot 1{,}6749 \cdot 10^{-27}\ \mathrm{kg} - \frac{873{,}66 \cdot 10^{-13}\ \mathrm{J}}{(2{,}998 \cdot 10^8)^2\ \frac{\mathrm{m}^2}{\mathrm{s}^2}}$$

$$m_{\mathrm{Ni}} \approx 103{,}78 \cdot 10^{-27}\ \mathrm{kg} - 97{,}203 \cdot 10^{-29}\ \mathrm{kg}$$

$$m_{\mathrm{Ni}} \approx 103{,}78 \cdot 10^{-27}\ \mathrm{kg} - 0{,}97 \cdot 10^{-27}\ \mathrm{kg} \approx 102{,}8 \cdot 10^{-27}\ \mathrm{kg}$$

Zadanie 10.3. (0–1)

Wymaganie ogólne	Wymagania szczegółowe
II. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem praw i zależności fizycznych.	Zdający: I.2) posługuje się materiałami pomocniczymi, w tym 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.13) opisuje reakcję rozszczepienia jądra uranu $^{235}\mathrm{U}$ zachodzącą w wyniku pochłonięcia neutronu.

Zasady oceniania

1 pkt – poprawne uzupełnienie równania reakcji: wpisanie właściwych liczb atomowych, liczby masowej **oraz** liczby powstałych neutronów.

0 pkt – rozwiązanie niepoprawne lub niepełne albo brak rozwiązania.

Pełne rozwiązanie

$$ {}^{1}_{0}\mathrm{n} + {}^{235}_{92}\mathrm{U} \rightarrow {}^{140}_{54}\mathrm{Xe} + {}^{94}_{38}\mathrm{Sr} + 2\,{}^{1}_{0}\mathrm{n} $$

Zadanie 10.4. (0–2)

Wymaganie ogólne	Wymagania szczegółowe
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 […] wykresów […] informacje kluczowe dla opisywanego zjawiska bądź problemu; przedstawia te informacje w różnych postaciach. 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

2 pkt – poprawna metoda obliczenia energii kinetycznej produktów rozszczepienia jądra uranu **oraz** podanie prawidłowego wyniku z wyrażonego w MeV.

1 pkt – zapisanie równania wynikającego z zasady zachowania energii w reakcji jądrowej, tzn. przyrównanie energii całkowitej (spoczynkowej, energię kinetyczną można pominąć) wszystkich substratów reakcji do energii całkowitej (spoczynkowej i kinetycznej) wszystkich produktów reakcji **oraz** uwzględnienie dla każdego jądra atomowego związku miedzy jego masą a energią spoczynkową, np. zapisy (lub zapisy równoważne):

$$m_{\mathrm{U}}c^2 + m_{\mathrm{n}}c^2 = m_{\mathrm{Xe}}c^2 + m_{\mathrm{Sr}}c^2 + 2m_{\mathrm{n}}c^2 + E_{kin}$$

LUB

– zapisanie związku między całkowitą energią kinetyczną produktów reakcji a energiami wiązań wszystkich jąder (substratów i produktów) uczestniczących w reakcji.

$$E_{kin} = E_{w\mathrm{Xe}} + E_{w\mathrm{Sr}} - E_{w\mathrm{U}}$$

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

Przykładowe pełne rozwiązanie

Zastosujemy związek między całkowitą energią kinetyczną produktów reakcji a energiami wiązań jąder uczestniczących w reakcji (zobacz komentarz):

$$E_{kin} = E_{w\ \text{produktów}} - E_{w\ \text{substratów}}$$

$$E_{kin} = E_{w\mathrm{Xe}} + E_{w\mathrm{Sr}} - E_{w\mathrm{U}}$$

$$E_{kin} = 8{,}3\ \mathrm{MeV} \cdot 140 + 8{,}6\ \mathrm{MeV} \cdot 94 - 7{,}6\ \mathrm{MeV} \cdot 235 \approx 184\ \mathrm{MeV}$$

Komentarz (wyprowadzenie związku między energią kinetyczną produktów rozszczepienia a energią wiązań jąder)

Całkowitą energię kinetyczną produktów reakcji jądrowej wyrazimy za pomocą energii wiązań jąder uczestniczących w reakcji. Zapiszemy bilans energii w reakcji rozszczepienia jądra uranu. Pominiemy energię kinetyczną neutronu inicjującego reakcję

$$m_{\mathrm{U}}c^2 + m_{\mathrm{n}}c^2 = m_{\mathrm{Xe}}c^2 + m_{\mathrm{Sr}}c^2 + 2m_{\mathrm{n}}c^2 + E_{kin}$$

$$m_{\mathrm{U}}c^2 = m_{\mathrm{Xe}}c^2 + m_{\mathrm{Sr}}c^2 + m_{\mathrm{n}}c^2 + E_{kin}$$

Od obu stron równania odejmiemy sumę mas oddzielnych składników jądra uranu, pomnożoną przez c^2 (i odpowiednio pogrupowaną po prawej stronie równania tak, aby uzyskać wyrażenia na energie wiązań jąder ksenonu i strontu):

$$\left(m_{\mathrm{U}} - 92m_{\mathrm{p}} - 143m_n\right)c^2 = \left(m_{\mathrm{Xe}} - 54m_{\mathrm{p}} - 86m_{\mathrm{n}}\right)c^2 + \left(m_{\mathrm{Sr}} - 38m_{\mathrm{p}} - 56m_{\mathrm{n}}\right)c^2 + (m_{\mathrm{n}} - m_{\mathrm{n}})c^2 + E_{kin}$$

Wyrażenia w nawiasach są równe defektowi masy jąder atomowych ze znakiem minus. Zastosujemy związek między defektem masy a energią wiązania, skąd otrzymujemy:

$$-E_{w\mathrm{U}} = -E_{w\mathrm{Xe}} - E_{w\mathrm{Sr}} + E_{kin}$$