Zadanie 10.1. (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. 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.

Zasady oceniania

2 pkt – poprawne uzupełnienie schematu równania reakcji fuzji dwóch protonów, tzn. wpisanie właściwych liczb atomowej i masowej **oraz** zapisanie symbolu lub nazwy powstałego jądra:
$^{2}_{1}\mathrm{H}$ lub H lub *wodór* lub *deuter* lub $^{2}_{1}\mathrm{D}$

1 pkt – poprawne uzupełnienie schematu równania reakcji fuzji dwóch protonów, tzn. wpisanie właściwych liczb atomowej i masowej

LUB

– poprawne zapisanie symbolu lub nazwy jądra izotopu pierwiastka X.

0 pkt – rozwiązanie niepoprawne lub niepełne albo brak rozwiązania.

Pełne rozwiązanie

$$\mathrm{p} + \mathrm{p} \rightarrow {}^{2}_{1}\mathrm{X} + \mathrm{e}^{+} + {}^{0}_{0}\nu_{\mathrm{e}}$$

gdzie X oznacza jądro izotopu pierwiastka ..... *wodór* $^{2}_{1}\mathrm{H}$ lub *deuter* lub $^{2}_{1}\mathrm{D}$ lub *wodór*

Zadanie 10.2. (0–1)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
IV. Posługiwanie się informacjami pochodzącymi z analizy materiałów źródłowych, w tym tekstów popularnonaukowych i źródeł internetowych, oraz ocenianie wiarygodności źródeł. 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.6) zapisuje reakcje jądrowe, stosując zasadę zachowania liczby nukleonów i zasadę zachowania ładunku; XII.7) stosuje zasadę zachowania energii do opisu reakcji jądrowych […].

Zasady oceniania

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

Pełne rozwiązanie

FP

Zadanie 10.3. (0–1)

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.18) wyodrębnia zjawisko z kontekstu, nazywa je oraz wskazuje czynniki istotne i nieistotne dla jego przebiegu. VII.2) oblicza wartość siły wzajemnego oddziaływania ładunków, stosując prawo Coulomba; VII.9) oblicza zmianę energii ładunku w polu centralnym […]. XII. 5) […] opisuje skład jądra atomowego […]; XII.17) wskazuje reakcję termojądrową przemiany wodoru w hel jako źródło energii gwiazd; analizuje reakcję termojądrową na podstawie podanego schematu reakcji.

Zasady oceniania

1 pkt – poprawne uzasadnienie, w którym odwołano się do konieczności pokonania dużej energii (albo siły) wzajemnego odpychania elektrycznego protonów, gdy zbliżają się one na odległości zasięgu oddziaływań jądrowych.
0 pkt – odpowiedź niepoprawna lub niepełna albo brak odpowiedzi.

Pełne rozwiązanie

Żeby mogło dojść do fuzji, to protony muszą zbliżyć się na odległość zasięgu oddziaływań jądrowych – rzędu femtometrów. Żeby protony mogły zbliżyć się w ogóle na tak małą odległość, to muszą najpierw pokonać wzajemne odpychanie elektryczne, które jest bardzo duże na tak małych odległościach. Zatem energia kinetyczna dwóch protonów musi być co najmniej równa energii potencjalnej oddziaływania (odpychania) elektrycznego protonów. Energia ta na odległościach rzędu femtometrów jest bardzo duża ($E_{pot\ el} \propto \frac{1}{r}$), zatem i energia kinetyczna protonów musi być bardzo duża.

Zadanie 10.4. (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: I.2) posługuje się […] tablicami fizycznymi i chemicznymi oraz kartą wybranych wzorów i stałych fizykochemicznych; I.15) przeprowadza obliczenia i zapisuje wynik zaokrąglony do zadanej liczby cyfr znaczących. XII.7) stosuje zasadę zachowania energii do opisu reakcji jądrowych […]; XII.8) oblicza dla dowolnego izotopu energię spoczynkową […]; XII.17) […] analizuje reakcję termojądrową na podstawie podanego schematu reakcji.

Zasady oceniania

3 pkt – poprawna metoda obliczenia energii uwalnianej podczas fuzji dwóch protonów **oraz** podanie prawidłowego wyniku liczbowego wyrażonego w MeV i zaokrąglonego do dwóch cyfr znaczących: $\Delta E_{kin} \approx 0{,}42\ \mathrm{MeV}$

2 pkt – poprawne zapisanie równania wynikającego z zasady zachowania energii dla fuzji dwóch protonów z uwzględnieniem energii kinetycznej i energii spoczynkowej obu protonów oraz energii kinetycznej i energii spoczynkowej produktów fuzji: jądra X i cząstki e^+ neutrina ν_e, **oraz** zastosowanie wzoru Einsteina na energie spoczynkowe (z uwzględnieniem <u>każdej masy</u> oprócz masy neutrina), np. zapisy równoważne poniższym:

$$2m_\mathrm{p}c^2 + E_{kin\ 2\mathrm{p}} = m_\mathrm{X}c^2 + m_\mathrm{e}c^2 + E_{kin\ \mathrm{X,e},\nu} \qquad (E_{0\,\nu} \approx 0)$$

albo

$$\Delta E_{kin} = (2m_\mathrm{p} - m_\mathrm{X} - m_\mathrm{e})c^2 \qquad (m_\nu \approx 0)$$

1 pkt – zapisanie równania wynikającego z zasady zachowania energii dla fuzji dwóch protonów z uwzględnieniem (wystarczy poprzez oznaczenie) energii kinetycznej i energii spoczynkowej substratów fuzji (dwóch protonów) oraz energii kinetycznej i energii spoczynkowej produktów fuzji (jądra X, cząstki e^+ i neutrina ν_e), np. zapisy równoważne poniższym:

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

albo

$$2E_{0\,\mathrm{p}} + E_{kin\,2\mathrm{p}} = E_{0\,\mathrm{X}} + E_{0\,\beta} + E_{kin\,\mathrm{X},\beta,\nu} \qquad (E_{0\,\nu} \approx 0)$$

LUB

– zapisanie równania wynikającego z zasady zachowania energii dla fuzji dwóch protonów z uwzględnieniem (wystarczy poprzez oznaczenie) różnicy energii kinetycznych całkowitych produktów fuzji i substratów fuzji oraz różnicy całkowitych energii spoczynkowych substratów fuzji i produktów fuzji, np. zapisy równoważne poniższym:

$$\Delta E_{kin} = E_{0\,przed} - E_{0\,po}$$

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

Przykładowe pełne rozwiązanie

Zastosujemy zasadę zachowania energii. Energia całkowita układu przed fuzją jest równa energii całkowitej układu po fuzji:

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

Uwzględnimy fakt, że energia całkowita jest sumą energii kinetycznych oraz energii spoczynkowych wszystkich jąder i cząstek przed i po fuzji:

$$2E_{0\,\mathrm{p}} + E_{kin\,2\mathrm{p}} = E_{0\,\mathrm{X}} + E_{0\,\mathrm{e}} + E_{0\,\nu} + E_{kin\,\mathrm{X},\mathrm{e},\nu}$$

Wykorzystamy dalej związek między masą a energią spoczynkową (wzór Einsteina) i uwzględnimy założenie zadania o pominięciu masy neutrina (czyli pomijamy energię spoczynkową neutrina: $E_{0\,\nu} \approx 0$):

$$2m_{\mathrm{p}}c^2 + E_{kin\,2\mathrm{p}} = m_{\mathrm{X}}c^2 + m_{\mathrm{e}}c^2 + E_{kin\,\mathrm{X},\mathrm{e},\nu} \quad \rightarrow$$

$$E_{kin\,\mathrm{e},\beta,\nu} - E_{kin\,2\mathrm{p}} = (2m_{\mathrm{p}} - m_{\mathrm{X}} - m_{\mathrm{e}})c^2 \quad \rightarrow$$

$$\Delta E_{kin} = (2 \cdot 1{,}007276\ \mathrm{u} - 2{,}013553\ \mathrm{u} - 0{,}000549\ \mathrm{u}) \cdot c^2 \quad \rightarrow$$

$$\Delta E_{kin} = 0{,}00045 \cdot \mathrm{u} \cdot c^2 = 0{,}00045 \cdot 931{,}5\ \mathrm{MeV} \approx 0{,}42\ \mathrm{MeV}$$