Zadanie 11.1. (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: 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 […] beta (β^+, β^-).

Zasady oceniania

1 pkt – poprawne uzupełnienie schematu równania rozpadu β^- jądra żelaza $^{59}\mathrm{Fe}$ (tzn. wpisanie właściwych liczb atomowych i masowej powstałego jądra)

0 pkt – rozwiązanie niepoprawne lub niepełne albo brak rozwiązania.

Rozwiązanie

$$^{59}_{26}\mathrm{Fe} \rightarrow {}^{59}_{27}\mathrm{Co} + \beta^- + {}^{0}_{0}\tilde{\nu}$$

Zadanie 11.2. (0–3)

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.7) wyodrębnia z tekstów […], rysunków schematycznych lub blokowych informacje kluczowe dla opisywanego zjawiska […]; I.18) wyodrębnia zjawisko z kontekstu, nazywa je oraz wskazuje czynniki istotne i nieistotne dla jego przebiegu. XII. 2) […] posługuje się pojęciem energii spoczynkowej; XII.7) stosuje zasadę zachowania energii do opisu reakcji jądrowych; […]. XII.10) posługuje się pojęciem jądra stabilnego i niestabilnego; opisuje powstawanie promieniowania gamma.

Zasady oceniania

Rozwiązanie będzie podlegało ocenie, gdy zdający spełni co najmniej jeden z poniższych warunków lub ich kombinację, określoną dalej w schemacie punktowania.

Warunek ZZE

Zapisanie równania (lub dwóch równań) wynikającego (wynikających) z zasady zachowania energii dla rozpadu β^- jądra żelaza oraz dla przemiany γ jądra kobaltu (może być dla dowolnego stanu wzbudzonego $n \in \{X, Y\}$), np. zapisy równoważne poniższym:

$$E_{0\,\mathrm{Fe}} = E_{n\,\mathrm{Co}} + E_{kin\,max\,\beta} \quad \text{oraz} \quad E_{n\,\mathrm{Co}} = E_{0\,\mathrm{Co}} + E_{\gamma}$$

albo w jednym równaniu

$$E_{0\,\mathrm{Fe}} = E_{0\,\mathrm{Co}} + E_{\gamma} + E_{kin\,max\,\beta}$$

albo bezpośrednia identyfikacja energii kinetycznej całej reakcji

$$E_r = E_{\gamma} + E_{kin\,max\,\beta}$$

Warunek E_FOTON

Identyfikacja energii fotonu emitowanego w przemianie gamma jako różnicy pomiędzy energią spoczynkową jądra kobaltu w *n*-tym stanie wzbudzonym ($n \in \{X, Y\}$), a energią spoczynkową jądra kobaltu w stanie podstawowym, np. zapisy równoważne poniższym:

$$E_{\gamma_n} = E_{n\,\mathrm{Co}} - E_{0\,\mathrm{Co}}$$

Warunek DIAGRAM1

Identyfikacja diagramu 1. jako tego, który opisuje schemat reakcji, w której cząstka beta ma największą możliwą energię. Nie musi to być zapisane zdaniem, wystarczy jednoznaczny kontekst, np. oznaczenie indeksem $_X$ energii fotonu lub cząstki beta lub wykorzystanie energii spoczynkowej $E_{X\,\mathrm{Co}}$ wzbudzonego jądra kobaltu.

Schemat punktowania

3 pkt – poprawna metoda obliczenia maksymalnej energii kinetycznej cząstki β^- **oraz** podanie prawidłowego wyniku liczbowego z jednostką: $E_{kin\ max\ \beta} = 0{,}47\ \mathrm{MeV}$

2 pkt – spełnienie warunków **ZZE oraz E_FOTON**
LUB
– spełnienie warunków **ZZE oraz DIAGRAM1**
LUB
– spełnienie warunków **E_FOTON oraz DIAGRAM1**

1 pkt – spełnienie warunku **ZZE**
LUB
– spełnienie warunku **E_FOTON**
LUB
– spełnienie warunku **DIAGRAM1**

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

Przykładowe pełne rozwiązanie

Krok 1. (identyfikacja diagramu z największą energią kinetyczną cząstki beta)

Z diagramów 1.–2. wynika, że największą łączną energię kinetyczną mają cząstka β^- i $\tilde{\nu}$ na diagramie 1. W przypadku, gdy energia antyneutrina jest pomijalnie mała, to największą energię kinetyczną ma cząstka β^- w procesie opisanym na diagramie 1.

Krok 2. (wykorzystanie zasady zachowania energii dla całego procesu)

Sposób 1. rozpisania zasady zachowania energii

Zapiszemy zasadę zachowania energii dla rozpadu β^- jądra żelaza. Pomijamy energię kinetyczną antyneutrina, energię spoczynkową antyneutrina oraz energię kinetyczną jądra kobaltu:

$$1)\quad E_{0\,\mathrm{Fe}} = E_{\mathrm{X\,Co}} + E_{kin\ max\ \beta}$$

Zapiszemy zasadę zachowania energii dla przemiany γ jądra kobaltu. Pomijamy energię kinetyczną odrzutu jądra kobaltu:

$$2)\quad E_{\mathrm{X\,Co}} = E_{0\,\mathrm{Co}} + E_{\gamma}$$

Z równań 1) i 2) wynika zasada zachowania energii dla całego procesu zilustrowanego na diagramie 1.:

$$3)\quad E_{0\,\mathrm{Fe}} = E_{0\,\mathrm{Co}} + E_{\gamma} + E_{kin\ max\ \beta}$$

Z treści zadania wynika, że:

$$4)\quad E_{0\,\mathrm{Fe}} = E_{0\,\mathrm{Co}} + E_{r}$$

Z równań 3) i 4) wynika, że:

$$5)\quad E_{r} = E_{\gamma} + E_{kin\ max\ \beta}$$

Sposób 2. rozpisania zasady zachowania energii

Zapiszemy zasadę zachowania energii dla całego procesu: rozpadu β^- jądra żelaza i przemiany γ jądra kobaltu. Pomijamy energię kinetyczną antyneutrina, energię spoczynkową antyneutrina oraz energię kinetyczną jądra kobaltu (zarówno uzyskaną przy rozpadzie beta jak i przemianie gamma):

$$3)\quad E_{0\,\mathrm{Fe}} = E_{0\,\mathrm{Co}} + E_{kin\,max\,\beta} + E_{\gamma}$$

Zatem energia produktów całej reakcji wynosi:

$$5)\quad E_r = E_{\gamma} + E_{kin\,max\,\beta}$$

Krok 3. (identyfikacja energii fotonu i obliczenia)

Różnice energii spoczynkowych jąder kobaltu w stanach energetycznych n i k jądra są równe energii fotonu emitowanego podczas przejścia jądra kobaltu między tymi stanami. Zatem dla $n = \mathrm{X}$ i $k = 0$ mamy:

$$6)\quad E_{\mathrm{X\,Co}} = E_{0\,\mathrm{Co}} + E_{\gamma_{\mathrm{X}}}$$

W treści zadania podano, że:

$$7)\quad E_{\mathrm{X\,Co}} = E_{0\,\mathrm{Co}} + 1{,}10\ \mathrm{MeV}$$

Zatem:

$$8)\quad E_{\gamma_{\mathrm{X}}} = 1{,}10\ \mathrm{MeV}$$

Do równania 5) podstawimy powyższą wartość oraz energię całej reakcji, podaną w zadaniu:

$$9)\quad 1{,}57\ \mathrm{MeV} = 1{,}10\ \mathrm{MeV} + E_{kin\,max\,\beta_{\mathrm{X}}}$$

$$10)\quad E_{kin\,max\,\beta_{\mathrm{X}}} = 0{,}47\ \mathrm{MeV}$$

Ponieważ $E_{kin\,max\,\beta} = E_{kin\,max\,\beta_{\mathrm{X}}}$ zatem $E_{kin\,max\,\beta} = 0{,}47\ \mathrm{MeV}$.

Zadanie 11.3. (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.7) wyodrębnia z tekstów […], rysunków schematycznych lub blokowych informacje kluczowe dla opisywanego zjawiska […]; I.18) wyodrębnia zjawisko z kontekstu, nazywa je oraz wskazuje czynniki istotne i nieistotne dla jego przebiegu. III.5) (SP) wykorzystuje zasadę zachowania energii do opisu zjawisk. XII. 2) […] posługuje się pojęciem energii spoczynkowej; XII.10) posługuje się pojęciem jądra stabilnego i niestabilnego; opisuje powstawanie promieniowania gamma.

Zasady oceniania

2 pkt – poprawna metoda obliczenia energii emitowanego fotonu **oraz** podanie prawidłowego wyniku liczbowego z jednostką: $E_{\gamma YX} = 0{,}19\ \text{MeV}$

1 pkt – zapisanie, że energia fotonu emitowanego w wyniku przejścia między stanami wzbudzonymi $^{59}\text{Co}^{(Y)}$ oraz $^{59}\text{Co}^{(X)}$ jądra kobaltu jest równa różnicy energii spoczynkowych jąder w tych stanach wzbudzonych, np. zapisy równoważne poniższym:

$$E_{\gamma YX} = E_{Y\,Co} - E_{X\,Co}$$

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

Przykładowe pełne rozwiązanie

Różnice energii spoczynkowych jąder kobaltu w stanach wzbudzonych n i k są równe energii fotonu emitowanego podczas przejścia jądra kobaltu między tymi stanami. Zatem energia $E_{\gamma YX}$ fotonu emitowanego podczas przejścia między stanami wzbudzonymi $^{59}\text{Co}^{(Y)}$ oraz $^{59}\text{Co}^{(X)}$ jądra kobaltu dana jest wzorem:

$$E_{\gamma YX} = E_{Y\,Co} - E_{X\,Co}$$

Do powyższego wzoru podstawimy dane z treści zadania i wykonamy rachunek:

$$E_{\gamma YX} = (E_{0\,Co} + 1{,}29\ \text{MeV}) - (E_{0\,Co} + 1{,}10\ \text{MeV}) = 0{,}19\ \text{MeV}$$

Zadanie 11.4. (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.7) wyodrębnia z tekstów […], rysunków schematycznych lub blokowych informacje kluczowe dla opisywanego zjawiska […]. XII. 2) […] posługuje się pojęciem energii spoczynkowej; XII.3) opisuje równoważność masy i energii spoczynkowej; XII.7) […] posługuje się pojęciem energii wiązania; XII.10) posługuje się pojęciem jądra stabilnego i niestabilnego; […].

Zasady oceniania

1 pkt – poprawne zaznaczenia w dwóch stwierdzeniach.

0 pkt – odpowiedź niepoprawna lub niepełna albo brak odpowiedzi.

Pełne rozwiązanie

PF