KLUCZ ODPOWIEDZI · DLA NAUCZYCIELA

Sprawdzian z fizyki jądrowej

Grupa A

1. (1 pkt) **A**

2. (1 pkt) **A, B, D, E**

3. (3 pkt) **1. F; 2. P; 3. F** — po 1 pkt za zdanie

4. (4 pkt) **1–C, 2–D, 3–B, 4–A** — po 1 pkt za parę

5. (3 pkt) **1–B, 2–A, 3–C** — po 1 pkt za parę

6. (2 pkt) **(1) elektronu; (2) podstawowego** — po 1 pkt za lukę

7. (2 pkt) Przykładowa odpowiedź: (a) $\approx 8{,}79\ \mathrm{MeV/nukleon}$. (b) Szczyt krzywej E_b/A – naturalna granica procesów jądrowych.
Punktacja: (a) $E_b/A = 492{,}3/56 \approx 8{,}79\ \mathrm{MeV/nukleon}$ (1 pkt). (b) $^{56}\mathrm{Fe}$ ma jedną z najwyższych energii wiązania na nukleon (szczyt krzywej); zarówno synteza jak i rozszczepienie dla $A \approx 56$ pochłaniają energię zamiast ją wyzwalać (1 pkt). Łącznie 2 pkt.

8. (2 pkt) Przykładowa odpowiedź: $\Delta m = 0{,}00239\ \mathrm{u}$; $E_b \approx 2{,}23\ \mathrm{MeV}$.
Punktacja: $\Delta m = m_p + m_n - m_d = 1{,}00728 + 1{,}00866 - 2{,}01355 = 0{,}00239\ \mathrm{u}$ (1 pkt). $E_b = 0{,}00239 \times 931{,}5 \approx 2{,}23\ \mathrm{MeV}$ (1 pkt). Łącznie 2 pkt.

9. (2 pkt) Przykładowa odpowiedź: Pozostaje 25%. Równanie: $^{14}_{6}\mathrm{C} \to {}^{14}_{7}\mathrm{N} + e^- + \bar{\nu}_e$.
Punktacja: Liczba połowicznego czasu zaniku: $t/T_{1/2} = 11460/5730 = 2$ (1 pkt). Pozostała frakcja: $N/N_0 = (1/2)^2 = 25\%$; równanie: $^{14}_{6}\mathrm{C} \to {}^{14}_{7}\mathrm{N} + e^- + \bar{\nu}_e$ (1 pkt). Łącznie 2 pkt.

10. (2 pkt) Przykładowa odpowiedź: 1. Silne (jądrowe): wiąże kwarki w protony/neutrony, wiąże nukleony w jądrze. Zasięg ~$10^{-15}\ \mathrm{m}$. 2. Elektromagnetyczne: wiąże elektrony z jądrami (atomy, cząsteczki), światło, siły Coulomba i Lorentza. 3. Słabe: rozpady β, reakcje jądrowe w Słońcu (cykl pp). Zasięg ~$10^{-18}\ \mathrm{m}$. 4. Grawitacyjne: najsłabsze (stała sprzężenia rzędu 10^{-38} względem silnego), ale zasięg nieskończony i zawsze przyciąga → dominuje w skali kosmicznej.
Punktacja: Silne (jądrowe) > elektromagnetyczne > słabe > grawitacyjne (1 pkt). Przykłady poprawne (1 pkt). Razem 2 pkt.

Grupa B

1. (1 pkt) **D**

2. (1 pkt) **B**

3. (3 pkt) **1. F; 2. F; 3. F** — po 1 pkt za zdanie

4. (4 pkt) **1–A, 2–D, 3–C, 4–B** — po 1 pkt za parę

5. (3 pkt) **1–C, 2–A, 3–B** — po 1 pkt za parę

6. (2 pkt) **(1) produktów; (2) produktów** — po 1 pkt za lukę

7. (2 pkt) Przykładowa odpowiedź: PET: pacjentowi podaje się znacznik (np. $^{18}\mathrm{F}$-fluorodeoksyglukozę) emitujący pozytony (β^+). Pozyton anihiluje z elektronem tkanki → 2 fotony gamma ($E = 511\ \mathrm{keV}$) lecą w dokładnie przeciwnych kierunkach. Pierścieniowe detektory rejestrują jednoczesne (koincydentalne) trafienia → rekonstrukcja 3D miejsca anihilacji. Komórki nowotworowe metabolizują więcej glukozy → jasne na obrazie PET.
Punktacja: Rozpad β^+: emiter pozytonu (np. F-18) podany pacjentowi (1 pkt). Pozyton anihiluje z elektronem → 2 fotony γ (511 keV) w przeciwnych kierunkach → detektory rejestrują koincydencje (1 pkt). Razem 2 pkt.

8. (2 pkt) Przykładowa odpowiedź: W reaktorze jądrowym zachodzi kontrolowana reakcja łańcuchowa rozszczepienia jąder $^{235}\mathrm{U}$. Energia cieplna uwolniona w reakcji podgrzewa czynnik chłodzący (np. wodę), który zamienia się w parę napędzającą turbinę połączoną z generatorem prądu. Korzyść: brak emisji $\mathrm{CO_2}$ podczas pracy (energetyka niskoemisyjna). Zagrożenie: ryzyko awarii reaktora z uwolnieniem substancji promieniotwórczych (np. Czarnobyl, Fukushima) oraz problem składowania odpadów radioaktywnych.
Punktacja: Zasada: reakcja rozszczepienia U-235 → ciepło → para → turbina → generator (1 pkt). Korzyść + zagrożenie — po jednym konkretnym (1 pkt). Razem 2 pkt.

9. (2 pkt) Przykładowa odpowiedź: Masa krytyczna: minimalna masa materiału rozszczepialnego, przy której średnio co najmniej 1 neutron z rozszczepienia wywołuje kolejne rozszczepienie ($k = 1$ — stan krytyczny). Poniżej: reakcja gaśnie. Powyżej: niekontrolowana eksplozja. W reaktorze: pręty sterujące z materiału pochłaniającego neutrony (np. kadm, bor) regulują liczbę neutronów, utrzymując $k \approx 1$.
Punktacja: Masa krytyczna: minimalna masa, przy której reakcja się sama podtrzymuje ($k \geq 1$) (1 pkt). Kontrola: pręty sterujące pochłaniają neutrony ($k \approx 1$) (1 pkt). Razem 2 pkt.

10. (2 pkt) Przykładowa odpowiedź: (a) $^3_1\mathrm{H} \rightarrow ^3_2\mathrm{He} + e^- + \bar{\nu}_e$; (b) $t = 3 \times 12{,}3\ \mathrm{lat} \approx 37\ \mathrm{lat}$.
Punktacja: (a) $^3_1\mathrm{H} \rightarrow ^3_2\mathrm{He} + e^- + \bar{\nu}_e$ (1 pkt). (b) $\frac{m}{m_0} = \left(\frac{1}{2}\right)^{t/T_{1/2}} = \frac{1}{8} = \left(\frac{1}{2}\right)^3$, więc $t = 3T_{1/2} = 3 \times 12{,}3 = 36{,}9 \approx 37\ \mathrm{lat}$ (1 pkt). 2 pkt.

Skala ocen (orientacyjna, 22 pkt w każdej grupie)

bardzo dobry (5)	20–22 pkt
dobry (4)	17–19 pkt
dostateczny (3)	11–16 pkt
dopuszczający (2)	7–10 pkt
niedostateczny (1)	0–6 pkt

Progi: 90%, 75%, 50%, 30%. Progi w Twojej szkole mogą być inne. W zadaniach otwartych uznaj każdą odpowiedź poprawną merytorycznie, także sformułowaną inaczej niż przykład.

Ten sprawdzian online, z wyjaśnieniem każdej odpowiedzi: **matury-online.pl/sprawdzian/fizyka/fizyka-jadrowa**. Nauczyciele i korepetytorzy ułożą własną kartę z banku ponad 20 tys. zadań: **matury-online.pl/dla-korepetytorow**.