SPRAWDZIAN · FIZYKA

Sprawdzian z fizyki jądrowej **Grupa A**

Fizyka: jądro atomowe, promieniotwórczość i energia jądrowa

Imię i nazwisko: _____

Klasa: _____

Data: _____

Punkty: _____ / 22

10 zadań, 22 pkt. Czytaj uważnie polecenia. W zadaniach otwartych zapisz obliczenia.

Zadanie 1. (0–1 pkt)

Jądro radonu $^{222}_{86}$Rn ulega rozpadowi alfa. Jądro potomne, które powstaje w wyniku tego rozpadu, to:

(A) $^{218}_{84}$Po

(B) $^{218}_{85}$At

(C) $^{220}_{84}$Po

(D) $^{222}_{85}$At

Zaznacz jedną poprawną odpowiedź.

Zadanie 2. (0–1 pkt)

Które stwierdzenia dotyczące rozpadu promieniotwórczego są prawdziwe?

[A] Po upływie dwóch okresów połowicznego rozpadu pozostaje 1/4 początkowej liczby jąder

[B] Rozpad beta minus zwiększa liczbę atomową jądra o 1

[C] Aktywność promieniotwórcza rośnie wykładniczo w czasie

[D] Rozpad alfa zmniejsza liczbę masową jądra o 4

[E] Czas połowicznego rozpadu jest stały dla danego izotopu i niezależny od warunków zewnętrznych (temperatury, ciśnienia)

Zaznacz wszystkie poprawne odpowiedzi.

Zadanie 3. (0–3 pkt)

Oceń prawdziwość stwierdzeń dotyczących energetyki jądrowej:

1.	Synteza jądrowa (fuzja) jest procesem niemożliwym do przeprowadzenia na Ziemi w warunkach laboratoryjnych lub eksperymentalnych.	**P**	**F**
2.	Reaktory jądrowe cywilne wykorzystują reakcję rozszczepienia jąder uranu lub plutonu do produkcji energii.	**P**	**F**
3.	Moderator w reaktorze przyspiesza neutrony, zwiększając skuteczność inicjowania kolejnych rozszczepień.	**P**	**F**

Przy każdym zdaniu zakreśl P (prawda) albo F (fałsz).

Zadanie 4. (0–4 pkt)

Dopasuj izotop do jego głównego zastosowania.

1.	$^{131}\mathrm{I}$	...	A. Datowanie obiektów archeologicznych
2.	$^{99m}\mathrm{Tc}$	...	B. Radioterapia nowotworów
3.	$^{60}\mathrm{Co}$	...	C. Diagnostyka tarczycy
4.	$^{14}\mathrm{C}$	...	D. Scyntygrafia (obrazowanie narządów)

Przy każdym numerze wpisz literę pasującego elementu.

Zadanie 5. (0–3 pkt)

Dopasuj typ reakcji jądrowej do jego opisu.

1. Rozszczepienie jądra (fisja)	…	A. Łączenie lekkich jąder (np. $^{2}_{1}\mathrm{H} + {}^{3}_{1}\mathrm{H}$) w cięższe z wyzwoleniem dużej energii; zachodzi w Słońcu i gwiazdach; wymaga ogromnej temperatury
2. Synteza jądrowa (fuzja)	…	B. Podział ciężkiego jądra (np. $^{235}_{92}\mathrm{U}$) na dwa lżejsze pod wpływem neutronu; wyzwolenie dużej energii i dodatkowych neutronów; reakcja łańcuchowa w reaktorach
3. Transmutacja jądrowa	…	C. Przemiana jądra wywołana bombardowaniem cząstkami (np. neutronami lub protonami); stosowana do produkcji sztucznych izotopów promieniotwórczych

Przy każdym numerze wpisz literę pasującego elementu.

Zadanie 6. (0–2 pkt)

Uzupełnij zdania dotyczące rozpadu promieniotwórczego: (1) W rozpadzie beta-minus neutron w jądrze przekształca się w proton z emisją (1) _____ i antyneutrina elektronowego. (2) Promieniowanie gamma powstaje przy przejściu jądra ze stanu wzbudzonego do stanu (2) _____

Zadanie 7. (0–2 pkt)

Energia wiązania jądra $^{56}_{26}\mathrm{Fe}$ wynosi $E_b = 492{,}3\ \mathrm{MeV}$. (a) Oblicz energię wiązania na jeden nukleon. (b) Dlaczego żelazo jest jednym z najbardziej trwałych jąder?

Zadanie 8. (0–2 pkt)

Masa deuteronu $m_d = 2{,}01355\ \mathrm{u}$, masa protonu $m_p = 1{,}00728\ \mathrm{u}$, masa neutronu $m_n = 1{,}00866\ \mathrm{u}$ ($1\ \mathrm{u} = 931{,}5\ \mathrm{MeV}/c^2$). Oblicz defekt masy i energię wiązania deuteronu.

Zadanie 9. (0–2 pkt)

Izotop $^{14}_{6}\mathrm{C}$ ulega rozpadowi β^- z okresem połowicznego zaniku $T_{1/2} = 5730\ \mathrm{lat}$. Ile procent pierwotnej liczby jąder $^{14}\mathrm{C}$ pozostaje po upływie $t = 11460\ \mathrm{lat}$? Podaj równanie reakcji.

Zadanie 10. (0–2 pkt)

Wymień cztery fundamentalne oddziaływania w przyrodzie w kolejności od najsilniejszego do najsłabszego i podaj po jednym przykładzie każdego.

Rozwiąż ten sprawdzian online, z wyjaśnieniem każdej odpowiedzi: matury-online.pl/sprawdzian/fizyka/fizyka-jadrowa

SPRAWDZIAN · FIZYKA

Sprawdzian z fizyki jądrowej **Grupa B**

Fizyka: jądro atomowe, promieniotwórczość i energia jądrowa

Imię i nazwisko: _____

Klasa: _____

Data: _____

Punkty: _____ / 22

10 zadań, 22 pkt. Czytaj uważnie polecenia. W zadaniach otwartych zapisz obliczenia.

Zadanie 1. (0–1 pkt)

Jądro atomu uranu $^{238}_{92}\mathrm{U}$ ulega rozpadowi α. Jakie są liczba masowa i liczba atomowa jądra powstałego w wyniku tego rozpadu?

(A) $A = 236,\ Z = 90$

(B) $A = 238,\ Z = 90$

(C) $A = 236,\ Z = 92$

(D) $A = 234,\ Z = 90$

Zaznacz jedną poprawną odpowiedź.

Zadanie 2. (0–1 pkt)

Jądro $^{210}_{83}\mathrm{Bi}$ emituje cząstkę β^-. Jądro potomne posiada:

(A) 82 protonów i 128 neutronów

(B) 84 protony i 126 neutronów

(C) 81 protonów i 129 neutronów

(D) 84 protony i 128 neutronów

Zaznacz jedną poprawną odpowiedź.

Zadanie 3. (0–3 pkt)

Oceń prawdziwość stwierdzeń:

1. W rozpadzie promieniotwórczym zachowana jest liczba protonów i liczba neutronów w jądrze.	**P**	**F**
2. Rozszczepienie jąder uranu jest źródłem energii Słońca.	**P**	**F**
3. Czas połowicznego rozpadu danego izotopu zależy od temperatury.	**P**	**F**

Przy każdym zdaniu zakreśl P (prawda) albo F (fałsz).

Zadanie 4. (0–4 pkt)

Dopasuj rodzaj promieniowania jonizującego do jego podstawowej cechy fizycznej.

1. Promieniowanie α	…	A. Strumień jąder helu, najmniejsza przenikliwość, zatrzymywana już przez kartkę papieru
2. Promieniowanie β	…	B. Fala elektromagnetyczna powstająca m.in. przy gwałtownym hamowaniu szybkich elektronów w materiale
3. Promieniowanie γ	…	C. Fala elektromagnetyczna o bardzo dużej energii, największa przenikliwość, wymaga grubej osłony z ołowiu lub betonu
4. Promieniowanie X (rentgenowskie)	…	D. Strumień elektronów (lub pozytonów), średnia przenikliwość, zatrzymywana przez kilkumilimetrową warstwę aluminium

Przy każdym numerze wpisz literę pasującego elementu.

Zadanie 5. (0–3 pkt)

Dopasuj pojęcie z fizyki jądrowej do jego opisu.

1. reakcja termojądrowa	…	A. najczęściej wywołane zderzeniem z neutronem
2. rozszczepienie jądra	…	B. różnica między masą nukleonów a masą jądra
3. deficyt masy	…	C. główne źródło energii gwiazd

Przy każdym numerze wpisz literę pasującego elementu.

Zadanie 6. (0–2 pkt)

Uzupełnij zdania dotyczące reakcji jądrowych: (1) W każdej reakcji jądrowej suma liczb masowych substratów jest równa sumie liczb masowych (1) _____ . (2) W każdej reakcji jądrowej suma liczb atomowych (ładunków jądrowych) substratów jest równa sumie liczb atomowych (2) _____

Zadanie 7. (0–2 pkt)

Wyjaśnij zasadę działania PET (pozytonowej tomografii emisyjnej). Jaki rodzaj rozpadu wykorzystuje i co detektujemy?

Zadanie 8. (0–2 pkt)

Opisz ogólną zasadę działania elektrowni jądrowej. Wymień jedną korzyść i jedno zagrożenie związane z energetyką jądrową.

Zadanie 9. (0–2 pkt)

Wyjaśnij pojęcie masy krytycznej w kontekście reakcji łańcuchowej rozszczepienia jąder uranu $^{235}\mathrm{U}$. Jak kontroluje się reakcję w reaktorze jądrowym?

Zadanie 10. (0–2 pkt)

Tryt $^{3}_{1}\mathrm{H}$ ulega rozpadowi beta-minus do helu-3 $^{3}_{2}\mathrm{He}$. (a) Napisz równanie tego rozpadu jądrowego. (b) Czas połowicznego zaniku trytu wynosi $T_{1/2} = 12{,}3\ \mathrm{lat}$. Oblicz, po jakim czasie masa trytu zmniejszy się do $\frac{1}{8}$ masy początkowej.

Rozwiąż ten sprawdzian online, z wyjaśnieniem każdej odpowiedzi: matury-online.pl/sprawdzian/fizyka/fizyka-jadrowa

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} 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} 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**.