Pierwsza Ławka · zestaw działowy · liceum i technikum

Dział 5

Fizyka jądrowa

Skład jądra, izotopy, reakcje jądrowe, rozpady α i β, promieniowanie γ, czas połowicznego rozpadu, energia wiązania i deficyt masy, rozszczepienie i synteza, promieniowanie a organizmy; zastosowania, energetyka jądrowa, ewolucja gwiazd (fakultatywnie). Osiem kart: najważniejsze wiadomości z przykładami, ćwiczenia, utrwalenie, doświadczenie i materiał źródłowy, kartkówka (A i B) i sprawdzian (A i B) – z kluczem i zasadami oceniania.

Fizyka | klasa 3 LO i technikum | Dział 5 | zakres podstawowy (ZP)

	Karta	Rodzaj	Poziom	Zadania
1	**Fizyka jądrowa – najważniejsze wiadomości** Teoria w pigułce, przykłady rozwiązane krok po kroku, rozgrzewka	Najważniejsze wiadomości	ZP	4 zad. · 8 pkt
2	**Fizyka jądrowa – ćwiczenia podstawowe** Ćwiczę umiejętności z działu	Ćwiczenia	ZP	8 zad. · 19 pkt
3	**Fizyka jądrowa – utrwalenie** Zadania łączące wiadomości z całego działu	Ćwiczenia	ZP	7 zad. · 16 pkt
4	**Fizyka jądrowa – w praktyce: doświadczenie i materiał źródłowy** Pomiary, wykres, niepewność, tekst i dane	Praca z materiałem źródłowym	ZP	3 zad. · 14 pkt
5	**Kartkówka: fizyka jądrowa – grupa A**	Kartkówka	ZP	4 zad. · 7 pkt · 15 min
6	**Kartkówka: fizyka jądrowa – grupa B**	Kartkówka	ZP	4 zad. · 7 pkt · 15 min
7	**Sprawdzian: Fizyka jądrowa – grupa A**	Sprawdzian	ZP	10 zad. · 20 pkt · 45 min
8	**Sprawdzian: Fizyka jądrowa – grupa B**	Sprawdzian	ZP	10 zad. · 20 pkt · 45 min

Jak korzystać z zestawu

- Karta 1 przypomina najważniejsze prawa i wzory działu oraz pokazuje przykłady rozwiązane krok po kroku – od niej warto zacząć.
- Karta 2 to ćwiczenia podstawowe, karta 3 – utrwalenie, karta 4 – fizyka w praktyce: doświadczenie i materiał źródłowy (pomiary, wykres, tekst, dane).
- Karty 5–6 to kartkówka (15 minut), a karty 7–8 – sprawdzian (45 minut), każda w grupach A i B: te same typy zadań i ta sama punktacja, inne dane.
- Klucz na końcu: odpowiedzi, wymaganie z podstawy przy każdym zadaniu, przykładowe rozwiązania i zasady oceniania etapami, w stylu zasad oceniania CKE. Osobny plik „Powtórka": prawa i wzory (co jest w broszurze CKE), typowe błędy, test „Sprawdź się".

Oznaczenia

ZP	zakres podstawowy
ZR	zakres rozszerzony (treści tylko dla ZR)
(0–2 pkt)	liczba punktów możliwych do zdobycia za zadanie
Zadanie 4.1.	wiązka zadań do wspólnego materiału źródłowego

Wymagania z podstawy programowej (Dz.U. 2024 poz. 1019)

- **ZP XI.1** posługuje się pojęciami pierwiastek, jądro atomowe, izotop, proton, neutron, elektron do opisu składu materii; opisuje skład jądra atomowego na podstawie liczb masowej i atomowej;
- **ZP XI.2** zapisuje reakcje jądrowe, stosując zasadę zachowania liczby nukleonów i zasadę zachowania ładunku;
- **ZP XI.3** wymienia właściwości promieniowania jądrowego; opisuje rozpady alfa, beta;
- **ZP XI.4** opisuje powstawanie promieniowania gamma;
- **ZP XI.5** opisuje rozpad izotopu promieniotwórczego; posługuje się pojęciem czasu połowicznego rozpadu;
- **ZP XI.6** stosuje zasadę zachowania energii do opisu reakcji jądrowych; posługuje się pojęciami energii wiązania i deficytu masy; posługuje się pojęciem energii spoczynkowej;
- **ZP XI.7** wskazuje wpływ promieniowania jonizującego na organizmy żywe;
- **ZP XI.8** wymienia przykłady zastosowania zjawiska promieniotwórczości w technice i medycynie;
- **ZP XI.9** opisuje jakościowo reakcję rozszczepienia jądra uranu 235U zachodzącą w wyniku pochłonięcia neutronu; podaje warunki zajścia reakcji łańcuchowej;
- **ZP XI.10** opisuje ogólną zasadę działania elektrowni jądrowej oraz wymienia korzyści i niebezpieczeństwa płynące z energetyki jądrowej;
- **ZP XI.11** wskazuje reakcję termojądrową przemiany wodoru w hel jako źródło energii gwiazd;
- **ZP XI.12** opisuje elementy ewolucji gwiazd; omawia supernowe i czarne dziury.

Materiał oryginalny – zadania nie są kopiami zadań CKE ani podręczników. Podstawa programowa LO i technikum w brzmieniu z 2024 r. (Dz.U. 2024 poz. 1019). Wymagania (PP): XI.1, XI.2, XI.3, XI.4, XI.5, XI.6, XI.7, XI.8, XI.9, XI.10, XI.11, XI.12. Stałe fizyczne – według broszury CKE „Wybrane wzory i stałe fizykochemiczne na egzamin maturalny z biologii, chemii i fizyki". Do użytku własnego i pracy z własnymi uczniami.

Fizyka jądrowa – najważniejsze wiadomości

Teoria w pigułce, przykłady rozwiązane krok po kroku, rozgrzewka

ZP KARTA 1/8

Imię i nazwisko: ..... Klasa: ..... Data: ..... Wynik: ..... / 8 pkt

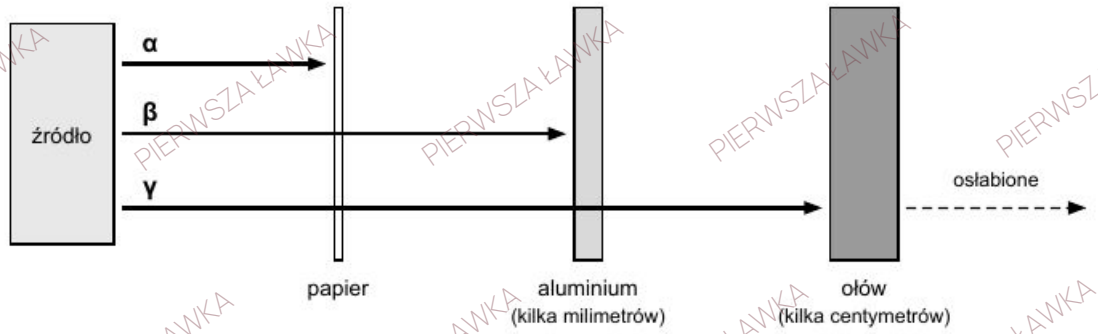
Najważniejsze wiadomości · 8 pkt

Przypomnij sobie

- **Skład jądra.** Jądro atomowe składa się z **protonów** i **neutronów** (nukleonów). Zapis ${}^{A}_{Z}X$: Z – liczba atomowa (liczba protonów, wyznacza pierwiastek), A – liczba masowa (liczba nukleonów), liczba neutronów $N = A - Z$. Elektrony tworzą powłokę atomu poza jądrem. **Izotopy** – jądra tego samego pierwiastka (to samo Z) o różnej liczbie neutronów, np. ${}^{12}_{6}C$ i ${}^{14}_{6}C$.
- **Reakcje jądrowe** zapisujemy jak równania: suma liczb masowych i suma liczb atomowych (ładunków) po obu stronach są równe – **zasada zachowania liczby nukleonów** i **zasada zachowania ładunku**. Przykład (powstawanie węgla-14 w atmosferze): ${}^{14}_{7}N + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{14}_{6}C + {}^{1}_{1}p$.

Promieniowanie	Czym jest	Zmiana jądra	Co je zatrzymuje	Jonizacja
α	jądra helu ${}^{4}_{2}He$	A maleje o 4, Z maleje o 2	kartka papieru, kilka cm powietrza, naskórek	bardzo silna
β^-	elektrony powstałe w jądrze (neutron → proton + elektron + antyneutrino)	A bez zmian, Z rośnie o 1	kilka milimetrów aluminium	średnia
γ	fala elektromagnetyczna o bardzo dużej częstotliwości (fotony o dużej energii)	A i Z bez zmian	tylko osłabia je gruba warstwa ołowiu lub betonu	najsłabsza

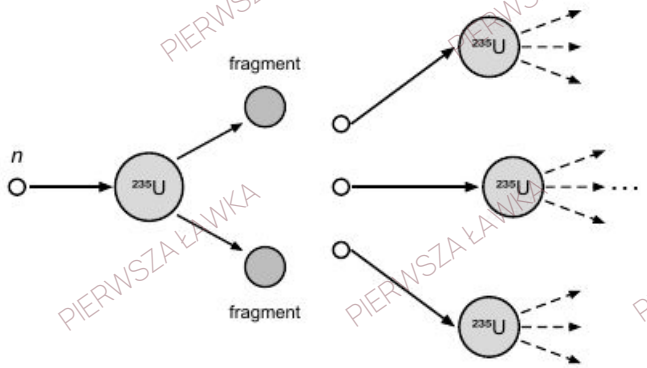
- **Przenikliwość promieniowania** (rysunek): im słabiej promieniowanie jonizuje, tym głębiej wnika w materię. Cząstki α i β mają ładunek, więc pole elektryczne i magnetyczne odchyla je; promieniowanie γ nie ma ładunku.



- **Promieniowanie γ** powstaje, gdy jądro w **stanie wzbudzonym** (np. tuż po rozpadzie α lub β) przechodzi do stanu o mniejszej energii – nadmiar energii unosi kwant γ. Liczby A i Z się nie zmieniają.
- **Czas połowicznego rozpadu** $T_{1/2}$ – czas, po którym rozpada się (w przybliżeniu) połowa jąder danego izotopu w próbce. Rozpad jest zjawiskiem losowym: nie wiadomo, kiedy rozpadnie się konkretne jądro, ale dla bardzo wielu jąder po czasie $t = nT_{1/2}$ zostaje $N = \frac{N_0}{2^n}$ jąder (i tyle razy mniejsza masa izotopu). $T_{1/2}$ zależy tylko od rodzaju izotopu: węgiel-14 – 5700 lat, cez-137 – 30,08 roku, radon-222 – 3,82 doby, uran-238 – $4{,}468 \cdot 10^9$ lat (dane: IAEA, Live Chart of Nuclides).
- **Energia spoczynkowa** ciała o masie m: $E_0 = mc^2$. Masa jądra jest **mniejsza** od sumy mas jego nukleonów – różnicę nazywamy **deficytem masy** Δm. **Energia wiązania** $E_w = \Delta m\, c^2$ to energia potrzebna do rozdzielenia jądra na nukleony. W jednostkach atomowych: $1\ u \cdot c^2 = 931{,}5$ MeV. W

reakcji jądrowej masa produktów jest mniejsza od masy substratów, gdy energia się wydziela – zasada zachowania energii: $E = (m_{\text{substratów}} - m_{\text{produktów}})c^2$.

- **Energia wiązania na nukleon** jest największa (ok. 8,8 MeV) dla jąder o liczbie masowej w pobliżu 56–62 (żelazo, nikiel). Dlatego energię wydziela zarówno **rozszczepienie** jąder ciężkich, jak i **synteza** (łączenie) jąder lekkich – produkty są silniej związane.
- **Rozszczepienie uranu-235:** jądro $^{235}_{92}U$ pochłania (powolny) neutron i rozpada się na dwa fragmenty średniej masy, emitując 2–3 neutrony i ok. 200 MeV energii. Neutrony mogą rozszczepić kolejne jądra – **reakcja łańcuchowa**. Warunki: masa uranu-235 co najmniej równa **masie krytycznej** (mniej neutronów ucieka na zewnątrz), wystarczająco dużo neutronów wywołujących kolejne rozszczepienia (w reaktorze: neutrony spowalniane przez moderator).



z każdego rozszczepienia: 2–3 neutrony i energia ok. 200 MeV

- **Reakcje termojądrowe** – synteza lekkich jąder w bardzo wysokiej temperaturze (miliony kelwinów). W Słońcu i innych gwiazdach w łańcuchu reakcji z czterech jąder wodoru (protonów) powstaje jądro helu-4, a wydziela się ok. 26,7 MeV – to **źródło energii gwiazd**.
- **Promieniowanie jonizujące a organizmy:** jonizuje atomy i cząsteczki w komórkach, może uszkadzać DNA (mutacje, nowotwory), przy dużych dawkach – choroba popromienna. Skutki zależą od dawki (siwert, Sv), rodzaju promieniowania i napromienionego narządu. Ochrona: **czas** (krótko), **odległość** (daleko), **osłona**. W Polsce statystyczny mieszkaniec otrzymał w 2023 r. od źródeł naturalnych ok. 2,55 mSv, z czego ok. 1,2 mSv od radonu i produktów jego rozpadu (Państwowa Agencja Atomistyki).

Dla zainteresowanych (wymaganie XI.8 – fakultatywne, realizuje się z decyzji nauczyciela; nie ma go na maturze). **Zastosowania promieniotwórczości:** datowanie węglem-14 (archeologia), kobalt-60 – sterylizacja sprzętu medycznego i napromienianie żywności (żywność nie staje się promieniotwórcza), ameryk-241 – czujki dymu, izotopy promieniotwórcze w diagnostyce (scyntygrafia) i radioterapii nowotworów.

Dla zainteresowanych (wymaganie XI.10 – fakultatywne, realizuje się z decyzji nauczyciela; nie ma go na maturze). **Elektrownia jądrowa:** w reaktorze zachodzi kontrolowana reakcja łańcuchowa (pręty sterujące pochłaniają nadmiar neutronów, moderator je spowalnia); wydzielona energia ogrzewa wodę, para napędza turbinę połączoną z prądnicą. Korzyści: brak emisji CO_2 i pyłów podczas pracy, mało paliwa, stabilna produkcja. Niebezpieczeństwa: odpady promieniotwórcze, ryzyko awarii (Czarnobyl 1986, Fukushima 2011), wysokie koszty budowy.

Dla zainteresowanych (wymaganie XI.12 – fakultatywne, realizuje się z decyzji nauczyciela; nie ma go na maturze). **Ewolucja gwiazd:** gwiazda świeci, dopóki w jej jądrze zachodzi synteza. Gwiazda o masie zbliżonej do Słońca staje się czerwonym olbrzymem, a na końcu białym karłem. Gwiazdy wielokrotnie masywniejsze kończą wybuchem **supernowej**; pozostaje gwiazda neutronowa albo – dla najmasywniejszych – **czarna dziura**, z której nie może uciec nawet światło.

Przykłady z rozwiązaniem

Przykład 1. **Rad $^{226}_{88}Ra$ ulega rozpadowi α. Podaj skład jądra radu i zapisz równanie rozpadu.**

Protony: $Z = 88$, neutrony: $N = A - Z = 226 - 88 = \mathbf{138}$.

Rozpad α: A maleje o 4, Z o 2 → $A = 222$, $Z = 86$ (radon, Rn).

$^{226}_{88}Ra \rightarrow {}^{222}_{86}Rn + {}^{4}_{2}He$. Kontrola: 226 = 222 + 4 i 88 = 86 + 2.

Przykład 2. **Próbka zawiera 8000 jąder radonu-222. Ile jąder radonu pozostanie po 11,4 doby? Przyjmij, że $T_{1/2}$ = 3,8 doby.**

Liczba okresów: $n = \frac{t}{T_{1/2}} = 11{,}4 : 3{,}8 = 3$.

$N = \frac{N_0}{2^3} = 8000 : 8 = \mathbf{1000}$ jąder (w przybliżeniu – rozpad jest losowy).

Przykład 3. **Oblicz deficyt masy i energię wiązania jądra helu-4. Masy atomowe: wodór ^1H – 1,007825 u, neutron – 1,008665 u, hel ^4He – 4,002603 u. Przyjmij, że 1 u·c² = 931,5 MeV. Wynik podaj z dokładnością do trzech cyfr znaczących.**

Jądro ^4He ma 2 protony i 2 neutrony (masy elektronów się znoszą, bo używamy mas atomowych).

$\Delta m = 2 \cdot 1{,}007825$ u + $2 \cdot 1{,}008665$ u − 4,002603 u = 0,030377 u.

$E_w = 0{,}030377 \cdot 931{,}5$ MeV ≈ **28,3 MeV**, czyli ok. 7,07 MeV na nukleon.

Przykład 4. **Oblicz energię wydzieloną w rozpadzie α radu-226. Masy atomowe: ^{226}Ra – 226,025408 u, ^{222}Rn – 222,017576 u, ^4He – 4,002603 u. Przyjmij, że 1 u·c² = 931,5 MeV.**

Zasada zachowania energii: $E = (m_{Ra} - m_{Rn} - m_{He})c^2$.

Δm = 226,025408 − 222,017576 − 4,002603 = 0,005229 u; $E = 0{,}005229 \cdot 931{,}5$ MeV ≈ **4,87 MeV** – głównie energia kinetyczna cząstki α.

Zadania

Zadanie 1. (0–3 pkt) ..... / 3

Uzupełnij zdania dotyczące jądra kobaltu $^{60}_{27}Co$.

1. Jądro zawiera _____ protonów.
2. Jądro zawiera _____ neutronów.
3. Liczba nukleonów w jądrze jest równa _____ .

Zadanie 2. (0–3 pkt) ..... / 3

Oceń, czy zdanie jest prawdziwe (P), czy fałszywe (F).

1. Jądra izotopów tego samego pierwiastka mają taką samą liczbę protonów.	**P**	**F**
2. Cząstki α przenikają przez kilkumilimetrową płytkę aluminiową.	**P**	**F**
3. W rozpadzie β^- liczba masowa jądra się nie zmienia.	**P**	**F**

Zadanie 3. (0–1 pkt) ..... / 1

Dokończ zdanie. Wybierz właściwą odpowiedź spośród podanych.

Po czasie równym dwóm czasom połowicznego rozpadu w próbce pozostaje w przybliżeniu następująca część jąder izotopu:

A. ⅛ **B.** ¼ **C.** ⅓ **D.** ½

Fizyka jądrowa – ćwiczenia podstawowe

Ćwiczę umiejętności z działu

ZP KARTA 2/8

Imię i nazwisko: ..... Klasa: ..... Data: ..... Wynik: ..... / 19 pkt

Ćwiczenia · 19 pkt

Zadanie 1. (0–3 pkt) ..... / 3

Uzupełnij zdania. Wpisz odpowiednie liczby w wykropkowanych miejscach, aby zdania były prawdziwe.

1. W rozpadzie α jądra uranu $^{238}_{92}U$ powstaje jądro toru o liczbie masowej _____ i liczbie atomowej _____ .
2. W rozpadzie β^- jądra strontu $^{90}_{38}Sr$ powstaje jądro itru o liczbie masowej _____ i liczbie atomowej _____ .
3. W reakcji $^{14}_{7}N + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{14}_{6}C + X$ cząstka X ma liczbę masową _____ i liczbę atomową _____ .

Zadanie 2. (0–2 pkt) ..... / 2

Po awarii w Czarnobylu (1986 r.) do środowiska trafił m.in. cez-137. Próbka zawiera 80 mg cezu-137. Oblicz, ile miligramów cezu-137 pozostanie w niej po 90 latach. Przyjmij, że czas połowicznego rozpadu cezu-137 jest równy 30 lat. Zapisz obliczenia.

Miejsce na rozwiązanie

Zadanie 3. (0–1 pkt) ..... / 1

Dokończ zdanie. Wybierz właściwą odpowiedź spośród podanych.
Promieniowanie γ jest emitowane, gdy

A. elektron w atomie przechodzi na niższą powłokę.

B. jądro pochłania cząstkę α.

C. neutron w jądrze zamienia się w proton.

D. jądro przechodzi ze stanu wzbudzonego do stanu o mniejszej energii.

Zadanie 4. (0–4 pkt) ..... / 4

Przyporządkuj każdemu izotopowi (1–4) jego zastosowanie (a–d).

1. węgiel-14	a) czujka dymu (jonizacja powietrza w komorze)
2. kobalt-60	b) diagnostyka medyczna – obrazowanie narządów (scyntygrafia)
3. ameryk-241	c) określanie wieku szczątków organicznych
4. technet-99m	d) sterylizacja sprzętu medycznego promieniowaniem γ

1 ____ 2 ____ 3 ____ 4 ____

Zadanie 5. (0–3 pkt) ..... / 3

Oceń, czy zdanie jest prawdziwe (P), czy fałszywe (F).

1. Promieniowanie jonizujące może uszkadzać DNA w komórkach.	**P**	**F**
2. Żywność napromieniona promieniowaniem γ staje się promieniotwórcza.	**P**	**F**
3. W Polsce radon i produkty jego rozpadu dają w przybliżeniu połowę rocznej dawki od źródeł naturalnych.	**P**	**F**

Zadanie 6. (0–3 pkt) ..... / 3

Oceń, czy zdanie dotyczące elektrowni jądrowej jest prawdziwe (P), czy fałszywe (F).

1. Pręty sterujące pochłaniają neutrony i pozwalają regulować przebieg reakcji łańcuchowej.	**P**	**F**
2. Podczas pracy elektrownia jądrowa emituje do atmosfery duże ilości dwutlenku węgla.	**P**	**F**
3. Para wodna ogrzana energią z reaktora napędza turbinę połączoną z prądnicą.	**P**	**F**

Zadanie 7. (0–1 pkt) ..... / 1

Dokończ zdanie. Wybierz właściwą odpowiedź spośród podanych.
Gwiazda o masie zbliżonej do masy Słońca zakończy swoją ewolucję jako

A. pulsar po wybuchu supernowej.

B. czarna dziura.

C. biały karzeł.

D. gwiazda neutronowa.

Zadanie 8. (0–2 pkt) ..... / 2

W jednej z reakcji rozszczepienia ${}_{0}^{1}n + {}_{92}^{235}U \rightarrow {}_{56}^{141}Ba + {}_{36}^{92}Kr + 3{}_{0}^{1}n$ masa produktów jest mniejsza od masy substratów o 0,1860 u. Oblicz energię wydzieloną w tej reakcji. Przyjmij, że $1\ u \cdot c^2 = 931{,}5$ MeV. Wynik podaj w MeV z dokładnością do trzech cyfr znaczących. Zapisz obliczenia.

Miejsce na rozwiązanie

PIERWSZA ŁAWKA

Fizyka jądrowa – utrwalenie

Zadania łączące wiadomości z całego działu

ZP

KARTA 3/8

Imię i nazwisko: Klasa: Data: Wynik: ..... / 16 pkt

Ćwiczenia · 16 pkt

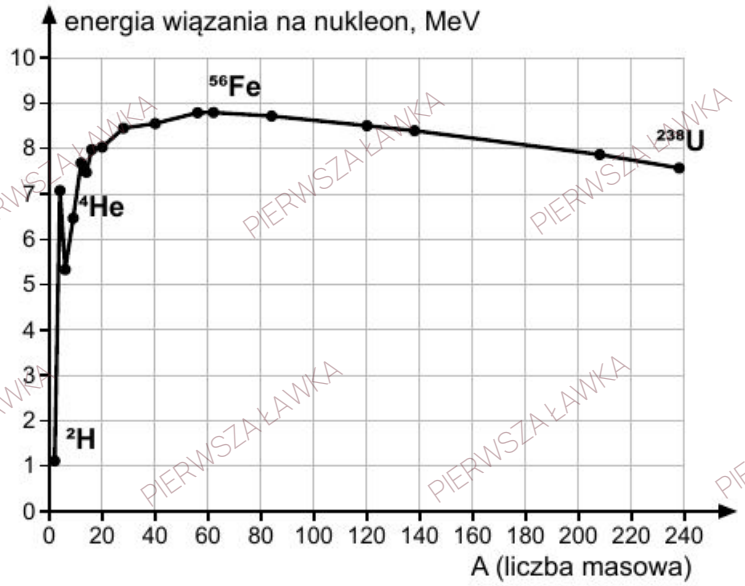
Zadanie 1. (0–2 pkt) ..... / 2

Uran $^{238}_{92}U$ przekształca się w szeregu kolejnych rozpadów α i β^- w rad $^{226}_{88}Ra$. Oblicz, ile rozpadów α i ile rozpadów β^- zaszło po drodze. Zapisz obliczenia.

Miejsce na rozwiązanie

Zadanie 2. (0–4 pkt)

Wykres przedstawia energię wiązania przypadającą na jeden nukleon dla wybranych jąder (dane: AME2020).



Zadanie 2.1. (0–2 pkt) ..... / 2

Oceń prawdziwość poniższych stwierdzeń. Wybierz P, jeśli stwierdzenie jest prawdziwe, albo F – jeśli jest fałszywe.

1. Najsilniej związane (w przeliczeniu na nukleon) są jądra o liczbie masowej w pobliżu 60.	P	F
2. Energia wiązania na nukleon jądra ^4He jest większa niż jądra ^{238}U.	P	F
3. Rozdzielenie jądra ^2H na proton i neutron wymaga dostarczenia energii.	P	F

Zadanie 2.2. (0–2 pkt) ..... / 2

Wyjaśnij, korzystając z wykresu, dlaczego energia wydziela się zarówno przy rozszczepieniu jądra uranu, jak i przy syntezie jąder wodoru w hel.

Miejsce na odpowiedź

Zadanie 3. (0–2 pkt) ..... / 2

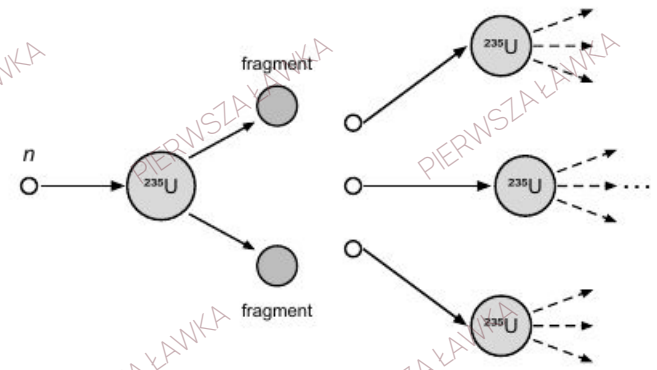
W Słońcu w łańcuchu reakcji z czterech jąder wodoru powstaje jedno jądro helu-4. Masa czterech atomów wodoru ^{1}H jest równa 4,031300 u, a masa atomu helu ^{4}He – 4,002603 u. Oblicz energię wydzieloną przy powstaniu jednego jądra helu (łącznie z energią unoszoną przez neutrina; obliczenia prowadź na masach atomowych – masy elektronów są w nich uwzględnione). Przyjmij, że 1 u·c² = 931,5 MeV. Wynik podaj z dokładnością do trzech cyfr znaczących. Zapisz obliczenia.

Miejsce na rozwiązanie

Zadanie 4. (0–2 pkt) ..... / 2

Rysunek przedstawia schemat reakcji łańcuchowej. Wyjaśnij, na czym polega reakcja łańcuchowa w uranie-235, i podaj warunek, który musi spełniać kawałek uranu, aby mogła się ona podtrzymywać.

Miejsce na odpowiedź



z każdego rozszczepienia: 2–3 neutrony i energia ok. 200 MeV

Zadanie 5. (0–2 pkt) ..... / 2

W tabeli podano liczbę zliczeń na minutę zarejestrowaną licznikiem Geigera–Müllera przy próbce izotopu promieniotwórczego (dane modelowe, po odjęciu promieniowania tła). Odczytaj z danych czas połowicznego rozpadu tego izotopu i oblicz, ile zliczeń na minutę należy oczekiwać po 12 godzinach od pierwszego pomiaru. Zapisz obliczenia.

Miejsce na rozwiązanie

t, h	0	2	4	6	8
zliczenia na minutę	3200	1610	790	405	198

Zadanie 6. (0–1 pkt) ..... / 1

Dokończ zdanie. Wybierz właściwą odpowiedź spośród podanych.
Promieniowanie, które przechodzi przez kartkę papieru, ale zatrzymuje je kilkumilimetrowa płytka aluminiowa, to

A. promieniowanie β.
B. promieniowanie α.
C. promieniowanie α i γ.
D. promieniowanie γ.

Zadanie 7. (0–3 pkt) ..... / 3

Oceń, czy zdanie jest prawdziwe (P), czy fałszywe (F).

1. Źródło promieniowania α jest najgroźniejsze, gdy dostanie się do wnętrza organizmu (np. z wdychanym powietrzem).	P	F
2. Dwukrotne zwiększenie odległości od źródła promieniowania γ nie zmienia dawki otrzymanej w tym samym czasie.	P	F
3. Skutki napromienienia zależą od dawki i od tego, który narząd został napromieniony.	P	F

Fizyka jądrowa – w praktyce: doświadczenie i materiał źródłowy

Pomiary, wykres, niepewność, tekst i dane

ZP

KARTA 4/8

Imię i nazwisko: Klasa: Data: Wynik: ..... / 14 pkt

Praca z materiałem źródłowym · 14 pkt

Zadanie 1. (0–6 pkt)

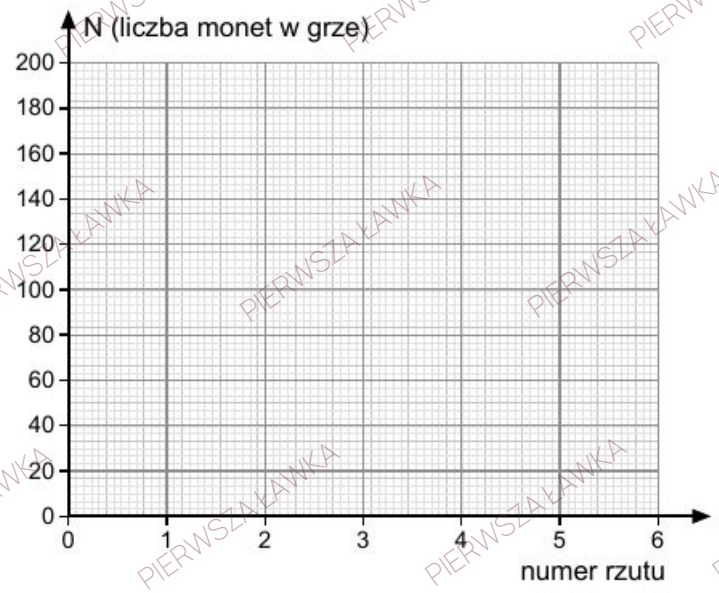
Uczniowie modelowali rozpad promieniotwórczy za pomocą 200 monet. Po każdym rzucie wszystkimi monetami pozostającymi w grze odkładali na bok te, które wypadły orłem („rozpadnięte jądra"), i liczyli monety pozostałe w grze. Wyniki jednej serii zapisano w tabeli.

Numer rzutu	0	1	2	3	4	5	6
Liczba monet w grze	200	96	51	27	12	7	3

Zadanie 1.1. (0–2 pkt) ..... / 2

Na siatce zaznacz punkty pomiarowe z tabeli i narysuj łagodną krzywą, która najlepiej pasuje do punktów.

Miejsce na odpowiedź



Zadanie 1.2. (0–2 pkt) ..... / 2

Podaj, jaka wielkość w tym modelu odpowiada czasowi połowicznego rozpadu. Wyjaśnij, dlaczego po kolejnych rzutach liczba monet nie maleje dokładnie o połowę.

Miejsce na odpowiedź

CO JESZCZE JEST W ŚRODKU

Fizyka jądrowa – kartkówka, sprawdzian i karty pracy z powtórką, fizyka, klasa 3 LO i technikum (zakres podstawowy)

Podgląd pokazał 11 z 36 stron. Pełna wersja: 36 stron A4, PDF do druku i DOCX do edycji.

- Karta 1: Fizyka jądrowa – najważniejsze wiadomości – 4 zadania, 8 pkt
- Karta 2: Fizyka jądrowa – ćwiczenia podstawowe – 8 zadań, 19 pkt
- Karta 3: Fizyka jądrowa – utrwalenie – 7 zadań, 16 pkt
- Karta 4: Fizyka jądrowa – w praktyce: doświadczenie i materiał źródłowy – 3 zadania, 14 pkt
- Karta 5: Kartkówka: fizyka jądrowa – grupa A – 4 zadania, 7 pkt
- Karta 6: Kartkówka: fizyka jądrowa – grupa B – 4 zadania, 7 pkt
- Karta 7: Sprawdzian: Fizyka jądrowa – grupa A – 10 zadań, 20 pkt
- Karta 8: Sprawdzian: Fizyka jądrowa – grupa B – 10 zadań, 20 pkt Karta 1 przypomina teorię i pokazuje przykłady rozwiązane krok po kroku, dalej ćwiczenia, utrwalenie oraz doświadcz

Kup pełną wersję – plik od razu na e-mail
pierwszalawka.pl/material/fizyka-liceum-klasa-3-dzial-05-fizyka-jadrowa