SPRAWDZIAN · FIZYKA

Sprawdzian z fizyki atomowej **Grupa A**

Fizyka: kwanty światła, budowa atomu i widma

Imię i nazwisko: _____

Klasa: _____

Data: _____

Punkty: _____ / 24

10 zadań, 24 pkt. Czytaj uważnie polecenia. W zadaniach otwartych zapisz obliczenia.

Zadanie 1. (0–1 pkt)

Elektron w atomie wodoru przechodzi z poziomu $n = 4$ ($E_4 = -0{,}85\ \mathrm{eV}$) na poziom $n = 2$ ($E_2 = -3{,}4\ \mathrm{eV}$). Energia emitowanego fotonu wynosi:

(A) $4{,}25\ \mathrm{eV}$

(B) $0{,}85\ \mathrm{eV}$

(C) $3{,}4\ \mathrm{eV}$

(D) $2{,}55\ \mathrm{eV}$

Zaznacz jedną poprawną odpowiedź.

Zadanie 2. (0–1 pkt)

Które zjawiska lub fakty potwierdzają falowy charakter cząstek materialnych (dualność falowo-korpuskularna)?

[A] Mikroskop elektronowy — jego rozdzielczość wynika z krótkiej długości fali elektronu.

[B] Rozpraszanie cząstek alfa na jądrach atomowych (doświadczenie Rutherforda).

[C] Dyfrakcja wiązki elektronów na krysztale (doświadczenie Davissona i Germera).

[D] Efekt fotoelektryczny — emisja elektronów przez światło.

[E] Interferencja atomów helu w doświadczeniu z podwójną szczeliną.

Zaznacz wszystkie poprawne odpowiedzi.

Zadanie 3. (0–4 pkt)

Oceń prawdziwość stwierdzeń dotyczących efektu fotoelektrycznego:

1.	Dla danego metalu istnieje minimalna częstotliwość, poniżej której efekt fotoelektryczny nie zachodzi.	**P**	**F**
2.	Energia kinetyczna wybitych fotoelektronów wzrasta wraz ze wzrostem natężenia padającego światła.	**P**	**F**
3.	Energia fotonu jest proporcjonalna do jego długości fali ($E = h\lambda$).	**P**	**F**
4.	Emisja fotoelektronów następuje praktycznie natychmiastowo po oświetleniu metalu.	**P**	**F**

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

Zadanie 4. (0–4 pkt)

Dopasuj odkrycie lub teorię do jej twórcy.

1.	Efekt fotoelektryczny (teoria kwantów)	…	A. Niels Bohr (1913)
2.	Model atomu z orbitami kwantowymi	…	B. Louis de Broglie (1924)
3.	Dualizm korpuskularno-falowy materii	…	C. Erwin Schrödinger / Werner Heisenberg (1926)
4.	Kwantowo-mechaniczny model atomu (funkcja falowa)	…	D. Albert Einstein (1905)

Przy każdym numerze wpisz literę pasującego elementu.

Zadanie 5. (0–4 pkt)

Dopasuj pojęcia z fizyki kwantowej do odpowiadających im opisów.

1. Praca wyjścia	…	A. Fala materii przypisana cząstce o pędzie p; $\lambda = h/p$
2. Stała Plancka	…	B. Kwant energii promieniowania elektromagnetycznego; cząstka o zerowej masie spoczynkowej
3. Fala de Broglie'a	…	C. $h \approx 6{,}63 \cdot 10^{-34}\ \mathrm{J \cdot s}$; współczynnik w równaniu $E = hf$
4. Foton	…	D. Minimalna energia potrzebna do uwolnienia elektronu z powierzchni metalu

Przy każdym numerze wpisz literę pasującego elementu.

Zadanie 6. (0–2 pkt)

Uzupełnij zdania dotyczące modeli atomu: (1) W modelu Bohra elektrony poruszają się tylko po (1) _____ orbitach, nie emitując promieniowania. (2) Doświadczenie Rutherforda (bombardowanie folii złotej cząstkami alfa) doprowadziło do odkrycia, że prawie cała masa atomu skupiona jest w małym, dodatnio naładowanym (2) _____ .

Zadanie 7. (0–2 pkt)

Wyjaśnij różnicę między widmem emisyjnym a absorpcyjnym gazu. Dlaczego ciemne linie w widmie absorpcyjnym Słońca (linie Fraunhofera) odpowiadają jasnym liniom widma emisyjnego tych samych pierwiastków?

Zadanie 8. (0–2 pkt)

Fotoelektron wybity z metalu przez foton o długości fali $\lambda = 200\ \mathrm{nm}$ ma energię kinetyczną $E_k = 2{,}5\ \mathrm{eV}$. Oblicz pracę wyjścia ϕ tego metalu ($hc = 1240\ \mathrm{eV \cdot nm}$).

Zadanie 9. (0–2 pkt)

Wyjaśnij różnicę między emisją spontaniczną a wymuszoną (stymulowaną). Dlaczego do działania lasera potrzebna jest inwersja obsadzeń?

Zadanie 10. (0–2 pkt)

Metal o pracy wyjścia $\phi = 2{,}0\ \mathrm{eV}$ jest oświetlany fotonami o energii $E = 4{,}5\ \mathrm{eV}$. (a) Oblicz maksymalną energię kinetyczną wybitych fotoelektronów. (b) Oblicz maksymalną prędkość fotoelektronu ($m_e = 9{,}11 \times 10^{-31}\ \mathrm{kg}$, $1\ \mathrm{eV} = 1{,}6 \times 10^{-19}\ \mathrm{J}$).

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

SPRAWDZIAN · FIZYKA

Sprawdzian z fizyki atomowej **Grupa B**

Fizyka: kwanty światła, budowa atomu i widma

Imię i nazwisko: _____

Klasa: _____

Data: _____

Punkty: _____ / 24

10 zadań, 24 pkt. Czytaj uważnie polecenia. W zadaniach otwartych zapisz obliczenia.

Zadanie 1. (0–1 pkt)

Które twierdzenia są zgodne z modelem atomu Bohra?

A. Elektrony mogą przebywać na dowolnych orbitach o dowolnych energiach.

B. Elektron porusza się po dozwolonych orbitach kołowych bez emisji promieniowania.

C. Przy przejściu elektronu z wyższego na niższy poziom energetyczny atom emituje foton.

D. Energia elektronu na danej orbicie jest skwantowana.

E. Elektron emituje promieniowanie ciągłe podczas ruchu po orbicie stacjonarnej.

Zaznacz wszystkie poprawne odpowiedzi.

Zadanie 2. (0–1 pkt)

Które stwierdzenia dotyczące promieniowania laserowego są prawdziwe?

A. W laserze fotony są emitowane przez spontaniczne przejścia atomów.

B. Laser emituje promieniowanie o szerokim, ciągłym widmie, jak żarówka.

C. Promieniowanie laserowe jest koherentne (spójne fazowo).

D. Zasada działania lasera opiera się na wymuszonej (stymulowanej) emisji promieniowania.

E. Wiązka laserowa ulega silnej dyfrakcji podobnie jak fale radiowe.

Zaznacz wszystkie poprawne odpowiedzi.

Zadanie 3. (0–4 pkt)

Oceń prawdziwość stwierdzeń dotyczących budowy atomu:

1.	Wszystkie fotony, niezależnie od częstotliwości, niosą taką samą energię.	**P**	**F**
2.	Widmo emisyjne atomu wodoru jest widmem ciągłym, a nie liniowym.	**P**	**F**
3.	Elektron w modelu Bohra może znajdować się na dowolnej orbicie o dowolnym promieniu wokół jądra.	**P**	**F**
4.	Energia elektronu na orbicie o wyższym numerze n jest większa (mniej ujemna) niż na orbicie o niższym n.	**P**	**F**

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

Zadanie 4. (0–4 pkt)

Dopasuj stałą fizyczną do jej wartości.

1.	Stała Plancka h	...	A. $3{,}00 \times 10^{8}\ \mathrm{m/s}$
2.	Masa elektronu m_e	...	B. $9{,}11 \times 10^{-31}\ \mathrm{kg}$
3.	Ładunek elementarny e	...	C. $1{,}60 \times 10^{-19}\ \mathrm{C}$
4.	Prędkość światła c	...	D. $6{,}63 \times 10^{-34}\ \mathrm{J{\cdot}s}$

Przy każdym numerze wpisz literę pasującego elementu.

Zadanie 5. (0–4 pkt)

Dopasuj pojęcie z fizyki atomowej i kwantowej do jego opisu.

1. Praca wyjścia	…	A. Najmniejsza częstotliwość światła, przy której zachodzi zjawisko fotoelektryczne dla danego metalu
2. Częstotliwość progowa	…	B. Współczynnik proporcjonalności między energią fotonu a jego częstotliwością
3. Stała Plancka	…	C. Niemożność jednoczesnego, dokładnego wyznaczenia położenia i pędu cząstki
4. Zasada nieoznaczoności Heisenberga	…	D. Minimalna energia potrzebna do wybicia elektronu z powierzchni metalu

Przy każdym numerze wpisz literę pasującego elementu.

Zadanie 6. (0–2 pkt)

Uzupełnij zdania dotyczące budowy atomu: (1) Liczba atomowa Z określa liczbę (1) _____ w jądrze atomu. (2) Izotopy to atomy tego samego pierwiastka, różniące się liczbą (2) _____ w jądrze.

Zadanie 7. (0–2 pkt)

Podaj dwa postulaty szczególnej teorii względności Einsteina i krótko wyjaśnij jedną z ich zaskakujących konsekwencji (np. dylatację czasu lub skrócenie Lorentza).

Zadanie 8. (0–2 pkt)

Wyjaśnij pojęcie dualizmu korpuskularno-falowego. Podaj po jednym przykładzie zjawiska potwierdzającego falową i korpuskularną naturę światła.

Zadanie 9. (0–2 pkt)

Wyjaśnij znaczenie równania Einsteina $E = mc^2$. Podaj przykład procesu fizycznego, w którym ta równoważność masy i energii jest obserwowana.

Zadanie 10. (0–2 pkt)

Energia elektronu w atomie wodoru na n-tej orbicie wynosi $E_n = -\frac{13{,}6\ \mathrm{eV}}{n^2}$. (a) Oblicz energię fotonu emitowanego przy przejściu z $n = 3$ na $n = 1$. (b) Czy foton ten należy do zakresu widzialnego (380–780 nm)? Przelicz, wiedząc że $hc = 1240\ \mathrm{eV{\cdot}nm}$.

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

KLUCZ ODPOWIEDZI · DLA NAUCZYCIELA

Sprawdzian z fizyki atomowej

Grupa A

1. (1 pkt) **D**

2. (1 pkt) **A, C, E**

3. (4 pkt) **1. P; 2. F; 3. F; 4. P** — po 1 pkt za zdanie

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

5. (4 pkt) **1–D, 2–C, 3–A, 4–B** — po 1 pkt za parę

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

7. (2 pkt) Przykładowa odpowiedź: Widmo emisyjne: wzbudzony gaz emituje fotony o dyskretnych energiach (jasne linie). Widmo absorpcyjne: gaz pochłania fotony z ciągłego widma dokładnie w tych samych długościach fali, w których emituje (ciemne linie na tle ciągłym). Linie Fraunhofera: gazy w atmosferze Słońca pochłaniają te same fotony, które by wyemitowały — stąd ciemne linie pokrywają się z jasnymi liniami emisji tych pierwiastków.
Punktacja: Emisyjne: jasne linie na ciemnym tle (gaz emituje). Absorpcyjne: ciemne linie na ciągłym tle (gaz pochłania) (1 pkt). Linie w tych samych miejscach, bo te same przejścia między poziomami (1 pkt). Razem 2 pkt.

8. (2 pkt) Przykładowa odpowiedź: $\phi = 3{,}7\ \text{eV}$.
Punktacja: $E_{foton} = hc/\lambda = 1240/200 = 6{,}2\ \text{eV}$ (1 pkt). $\phi = E_{foton} - E_k = 6{,}2 - 2{,}5 = 3{,}7\ \text{eV}$ (1 pkt). Łącznie 2 pkt.

9. (2 pkt) Przykładowa odpowiedź: Emisja spontaniczna: atom sam opada na niższy poziom, emitując foton w losowym kierunku i z losową fazą. Emisja wymuszona: foton 'wymusza' na wzbudzonym atomie emisję identycznego fotonu — ta sama λ, faza, polaryzacja, kierunek (koherencja!). Inwersja obsadzeń: w normalnych warunkach większość atomów jest w stanie podstawowym → pochłanianie dominuje. Laser wymaga $N_{wzb} > N_{podst}$ → wzmocnienie netto. Uzyskanie inwersji: pompowanie optyczne lub elektryczne.
Punktacja: Spontaniczna: losowa, chaotyczna faza i kierunek. Wymuszona: foton indukuje identyczny foton (ta sama λ, faza, kierunek) (1 pkt). Inwersja: więcej atomów wzbudzonych niż w stanie podstawowym → wzmocnienie (1 pkt). Razem 2 pkt.

10. (2 pkt) Przykładowa odpowiedź: (a) $E_k = 2{,}5\ \text{eV} = 4{,}0 \times 10^{-19}\ \text{J}$. (b) $v \approx 9{,}4 \times 10^5\ \text{m/s}$.
Punktacja: (a) $E_k = E - \phi = 4{,}5 - 2{,}0 = 2{,}5\ \text{eV} = 4{,}0 \times 10^{-19}\ \text{J}$ (1 pkt). (b) $v = \sqrt{2E_k/m_e} = \sqrt{2 \times 4{,}0 \times 10^{-19}/9{,}11 \times 10^{-31}} \approx 9{,}4 \times 10^5\ \text{m/s}$ (1 pkt). Łącznie 2 pkt.

Grupa B

1. (1 pkt) **B, C, D**

2. (1 pkt) **C, D**

3. (4 pkt) **1. F; 2. F; 3. F; 4. P** — po 1 pkt za zdanie

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

5. (4 pkt) **1–D, 2–A, 3–B, 4–C** — po 1 pkt za parę

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

7. (2 pkt) Przykładowa odpowiedź: 1. Prawa fizyki mają tę samą postać we wszystkich inercjalnych układach odniesienia. 2. Prędkość światła w próżni jest stała (c) i nie zależy od ruchu źródła ani obserwatora. Konsekwencja — dylatacja czasu: zegar poruszający się względem obserwatora 'tyka' wolniej. Czas τ w laboratorium = $\gamma\tau_0 > \tau_0$. Potwierdzone doświadczalnie (miony kosmiczne, zegary atomowe w samolotach).
Punktacja: Postulat 1: prawa fizyki identyczne we wszystkich inercjalnych układach (0,5 pkt). Postulat 2: c = const, niezależna od ruchu źródła i obserwatora (0,5 pkt). Konsekwencja z wyjaśnieniem (1 pkt). Razem 2 pkt.

8. (2 pkt) Przykładowa odpowiedź: Dualizm: światło (i materia) przejawia zarówno cechy falowe, jak i korpuskularne, zależnie od doświadczenia. Dowód falowy: interferencja światła na dwóch szczelinach (prążki). Dowód korpuskularny: zjawisko fotoelektryczne — foton o energii hf przekazuje energię elektronowi jako cząstka. Hipoteza de Broglie'a: $\lambda = h/p$ — każda cząstka materii ma długość fali.
Punktacja: Dualizm: obiekty kwantowe mają cechy fali i cząstki (1 pkt). Falowe: dyfrakcja/interferencja. Korpuskularne: efekt fotoelektryczny/Compton (1 pkt). Razem 2 pkt.

9. (2 pkt) Przykładowa odpowiedź: $E = mc^2$: masa jest formą energii. Nawet niewielka masa zawiera ogromną energię (bo $c^2 \approx 9 \cdot 10^{16}$). Przykłady: 1) Deficyt masy w reakcjach jądrowych — produkty mają mniejszą masę niż substraty, różnica zamieniona na energię kinetyczną i promieniowanie. 2) Anihilacja: $e^- + e^+ \to 2\gamma$ — cała masa zamieniona na energię fotonów. 3) Kreacja par: $\gamma \to e^- + e^+$ — energia fotonu zamieniona na masę.
Punktacja: Masa i energia są równoważne / zamienne (1 pkt). Przykład: reakcje jądrowe, anihilacja, kreacja par (1 pkt). Razem 2 pkt.

10. (2 pkt) Przykładowa odpowiedź: (a) $E_f \approx 12{,}09\ \mathrm{eV}$. (b) $\lambda \approx 103\ \mathrm{nm}$ – UV, poza zakresem widzialnym.
Punktacja: (a) $E_f = E_3 - E_1 = \left(-\frac{13{,}6}{9}\right) - (-13{,}6) \approx -1{,}51 + 13{,}6 = 12{,}09\ \mathrm{eV}$ (1 pkt). (b) $\lambda = hc/E_f = 1240/12{,}09 \approx 103\ \mathrm{nm}$ – zakres ultrafioletowy (poza widzialnym) (1 pkt). Łącznie 2 pkt.

Skala ocen (orientacyjna, 24 pkt w każdej grupie)

bardzo dobry (5)	22–24 pkt
dobry (4)	18–21 pkt
dostateczny (3)	12–17 pkt
dopuszczający (2)	8–11 pkt
niedostateczny (1)	0–7 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-atomowa**. Nauczyciele i korepetytorzy ułożą własną kartę z banku ponad 20 tys. zadań: **matury-online.pl/dla-korepetytorow**.