Pierwsza Ławka · zestaw działowy · liceum i technikum

Dział 4

Fizyka atomowa – foton, widma, zjawisko fotoelektryczne

Foton i jego energia, dualizm korpuskularno-falowy, widma emisyjne i absorpcyjne, poziomy energetyczne, jonizacja i fotoefekt; promieniowanie termiczne i historia odkryć (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 4 | zakres podstawowy (ZP)

	Karta	Rodzaj	Poziom	Zadania
1	**Fizyka atomowa – foton, widma, zjawisko fotoelektryczne – najważniejsze wiadomości** Teoria w pigułce, przykłady rozwiązane krok po kroku, rozgrzewka	Najważniejsze wiadomości	ZP	4 zad. · 8 pkt
2	**Fizyka atomowa – foton, widma, zjawisko fotoelektryczne – ćwiczenia podstawowe** Ćwiczę umiejętności z działu	Ćwiczenia	ZP	7 zad. · 17 pkt
3	**Fizyka atomowa – foton, widma, zjawisko fotoelektryczne – utrwalenie** Zadania łączące wiadomości z całego działu	Ćwiczenia	ZP	6 zad. · 12 pkt
4	**Fizyka atomowa – foton, widma, zjawisko fotoelektryczne – w praktyce: doświadczenie i materiał źródłowy** Pomiary, wykres, niepewność, tekst i dane	Praca z materiałem źródłowym	ZP	3 zad. · 11 pkt
5	**Kartkówka: fizyka atomowa – grupa A**	Kartkówka	ZP	4 zad. · 7 pkt · 15 min
6	**Kartkówka: fizyka atomowa – grupa B**	Kartkówka	ZP	4 zad. · 7 pkt · 15 min
7	**Sprawdzian: Fizyka atomowa – foton, widma, zjawisko fotoelektryczne – grupa A**	Sprawdzian	ZP	10 zad. · 20 pkt · 45 min
8	**Sprawdzian: Fizyka atomowa – foton, widma, zjawisko fotoelektryczne – 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 I.16** przedstawia wybrane informacje z historii odkryć kluczowych dla rozwoju fizyki.
- **ZP X.1** analizuje na wybranych przykładach promieniowanie termiczne ciał i jego zależność od temperatury;
- **ZP X.2** opisuje dualizm korpuskularno-falowy światła; posługuje się pojęciem fotonu oraz oblicza jego energię;
- **ZP X.3** opisuje jakościowo pochodzenie widm emisyjnych i absorpcyjnych gazów;
- **ZP X.4** interpretuje linie widmowe jako skutek przejść między poziomami energetycznymi w atomach z emisją lub absorpcją fotonu; rozróżnia stan podstawowy i stany wzbudzone atomu;
- **ZP X.5** opisuje zjawiska jonizacji i fotoelektryczne jako wywołane tylko przez promieniowanie o częstotliwości większej od granicznej.

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): I.16, X.1, X.2, X.3, X.4, X.5. 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.

PIERWSZA ŁAWKA

Fizyka atomowa – foton, widma, zjawisko fotoelektryczne – najważniejsze wiadomości

Teoria w pigułce, przykłady rozwiązane krok po kroku, rozgrzewka

ZP

KARTA 1/8

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

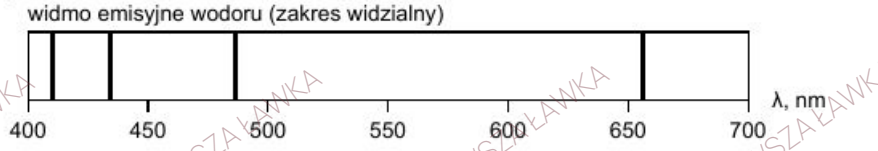
Najważniejsze wiadomości · 8 pkt

Przypomnij sobie

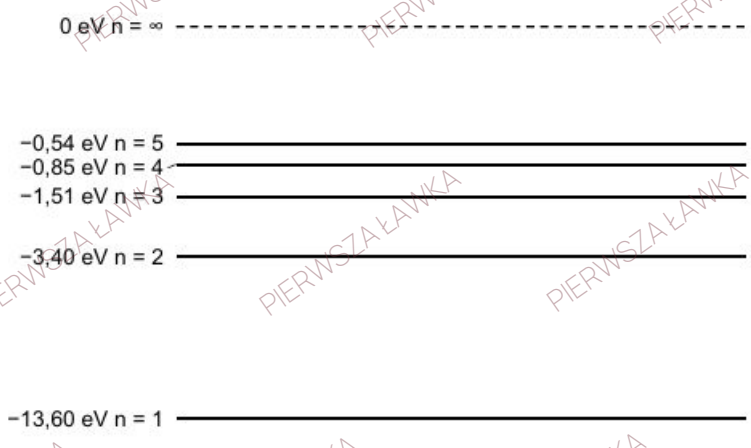
- **Dualizm korpuskularno-falowy światła:** w interferencji i dyfrakcji światło zachowuje się jak **fala**, a w zjawisku fotoelektrycznym, emisji i pochłanianiu – jak strumień porcji energii, **fotonów**. Oba opisy są potrzebne.
- **Energia fotonu:** $E = hf = \frac{hc}{\lambda}$, gdzie $h = 6{,}626 \cdot 10^{-34}$ J·s (stała Plancka), $c = 3{,}00 \cdot 10^{8}$ m/s. Większa częstotliwość (mniejsza długość fali) – większa energia: foton fioletowy ma większą energię niż czerwony, a ultrafioletowy – jeszcze większą. W fizyce atomowej energię podaje się często w elektronowoltach: $1\ \text{eV} = 1{,}602 \cdot 10^{-19}$ J.

Widmo	Jak powstaje	Wygląd
ciągłe	świecące ciała stałe i ciecze (włókno żarówki, rozżarzony metal)	wszystkie barwy bez przerw
emisyjne liniowe	świecący rozrzedzony gaz pobudzony prądem lub płomieniem (neon, lampa sodowa)	jasne linie na ciemnym tle
absorpcyjne	światło o widmie ciągłym przechodzi przez chłodniejszy gaz	ciemne linie na tle widma ciągłego – w tych samych miejscach co linie emisyjne gazu

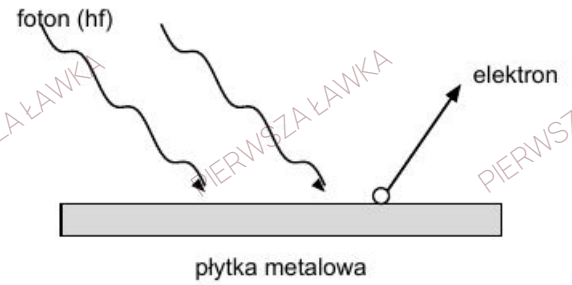
- Każdy pierwiastek ma własny układ linii widmowych – „odcisk palca", po którym rozpoznaje się skład gazów, także w atmosferze Słońca i gwiazd. Na rysunku: linie emisyjne wodoru (656, 486, 434 i 410 nm) – czarne kreski oznaczają jasne linie.



- **Poziomy energetyczne:** elektron w atomie może mieć tylko określone energie. Najniższa to **stan podstawowy**, wyższe – **stany wzbudzone**. Przejście na niższy poziom – **emisja** fotonu o energii $E_f = E_{\text{wyższy}} - E_{\text{niższy}}$; pochłonięty (**absorpcja**) może być foton o energii równej różnicy poziomów (atom przechodzi na wyższy poziom) albo foton o energii co najmniej równej energii jonizacji (elektron zostaje oderwany). Stąd linie widmowe. W atomie wodoru $E_n = -\frac{13{,}6}{n^2}$ eV.



- **Jonizacja** – oderwanie elektronu od atomu. Atom wodoru w stanie podstawowym jonizuje foton o energii co najmniej 13,6 eV (ultrafiolet); z poziomu $n = 2$ wystarczy 3,40 eV.
- **Zjawisko fotoelektryczne:** światło wybija elektrony z powierzchni metalu tylko wtedy, gdy jego częstotliwość jest **większa od częstotliwości granicznej** danego metalu, czyli gdy energia fotonu jest większa od pracy wyjścia W: $hf > W$, $f_{gr} = \frac{W}{h}$. Poniżej granicy nawet bardzo jasne światło elektronów nie wybija; jaśniejsze światło (powyżej granicy) wybija ich więcej. Praca wyjścia (przykładowe wartości): cez 2,1 eV, potas 2,3 eV, cynk 4,3 eV. Zastosowania: czujniki światła, fotokomórki.



Dla zainteresowanych (wymaganie X.1 – fakultatywne, realizuje się z decyzji nauczyciela; nie ma go na maturze). Każde ciało wysyła promieniowanie termiczne (cieplne). Im wyższa temperatura, tym więcej energii wypromieniowuje i tym większy udział mają fale krótsze: rozgrzewany pręt świeci najpierw czerwono, potem żółto, w końcu biało; ciało ludzkie promieniuje głównie w podczerwieni (kamera termowizyjna).

Dla zainteresowanych (wymaganie I.16 – fakultatywne, realizuje się z decyzji nauczyciela; nie ma go na maturze). Z historii: J. Fraunhofer opisał w 1814 r. ciemne linie w widmie Słońca; G. Kirchhoff i R. Bunsen ok. 1859–1860 wykazali, że odpowiadają one liniom pierwiastków; A. Einstein w 1905 r. wyjaśnił zjawisko fotoelektryczne fotonami (Nagroda Nobla za 1921 r.); N. Bohr w 1913 r. zaproponował model atomu z poziomami energetycznymi.

Przykłady z rozwiązaniem

Przykład 1. Oblicz energię fotonu światła zielonego o długości fali 532 nm. Wynik podaj w dżulach i w elektronowoltach z dokładnością do trzech cyfr znaczących.

$\lambda = 532\ \text{nm} = 532 \cdot 10^{-9}\ \text{m}$.

$E = \frac{hc}{\lambda} = 6{,}626 \cdot 10^{-34}\ \text{J·s} \cdot 3{,}00 \cdot 10^{8}\ \text{m/s} : 532 \cdot 10^{-9}\ \text{m} \approx \mathbf{3{,}74 \cdot 10^{-19}\ J}$.

$E = 3{,}74 \cdot 10^{-19}\ \text{J} : 1{,}602 \cdot 10^{-19}\ \text{J/eV} \approx \mathbf{2{,}33\ eV}$.

Przykład 2. Elektron w atomie wodoru przechodzi z poziomu $n = 3$ na poziom $n = 2$. Oblicz energię i długość fali emitowanego fotonu.

$E_3 = -13{,}6\ \text{eV} : 9 \approx -1{,}51\ \text{eV}$, $E_2 = -13{,}6\ \text{eV} : 4 = -3{,}40\ \text{eV}$.

$E_f = E_3 - E_2 \approx \mathbf{1{,}89\ eV} = 3{,}03 \cdot 10^{-19}\ \text{J}$.

$\lambda = \frac{hc}{E_f} \approx \mathbf{657\ nm}$ – czerwona linia w widmie wodoru (w tablicach NIST: 656,3 nm – niewielka różnica wynika z zaokrągleń stałych).

Przykład 3. Czy światło o długości fali 532 nm wybija elektrony z cezu ($W = 2{,}1$ eV) i z cynku ($W = 4{,}3$ eV)? Oblicz częstotliwość graniczną dla cynku.

Energia fotonu: 2,33 eV (przykład 1).

Cez: 2,33 eV > 2,1 eV – **tak**; cynk: 2,33 eV < 4,3 eV – **nie**.

$f_{gr} = \frac{W}{h} = 4{,}3 \cdot 1{,}602 \cdot 10^{-19}\ \text{J} : 6{,}626 \cdot 10^{-34}\ \text{J·s} \approx \mathbf{1{,}0 \cdot 10^{15}\ Hz}$ (ultrafiolet, $\lambda \approx 2{,}9 \cdot 10^{2}$ nm).

Zadania

Zadanie 1. (0–3 pkt) ..... / 3

Uzupełnij zdania.

1. Porcję energii światła nazywamy _____.
2. Stan atomu o najniższej energii to stan _____.
3. Widmo złożone z ciemnych linii na tle widma ciągłego to widmo _____.

Zadanie 2. (0–3 pkt) ..... / 3

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

1. Foton światła fioletowego ma większą energię niż foton światła czerwonego.	**P**	**F**
2. Włókno żarówki daje widmo liniowe.	**P**	**F**
3. Atom wodoru w stanie podstawowym może pochłonąć foton o energii 10,2 eV (równej różnicy energii poziomów 2 i 1).	**P**	**F**

Zadanie 3. (0–1 pkt) ..... / 1

Dokończ zdanie. Wybierz właściwą odpowiedź spośród podanych.
Największą energię ma foton promieniowania o długości fali

A. 400 nm. **B.** 500 nm. **C.** 600 nm. **D.** 700 nm.

Zadanie 4. (0–1 pkt) ..... / 1

Oblicz energię fotonu o częstotliwości $5{,}0 \cdot 10^{14}$ Hz. Wynik podaj w notacji wykładniczej z dokładnością do dwóch cyfr znaczących. Zapisz obliczenia.

Miejsce na rozwiązanie

PIERWSZA ŁAWKA

Fizyka atomowa – foton, widma, zjawisko fotoelektryczne – ćwiczenia podstawowe

Ćwiczę umiejętności z działu

ZP

KARTA 2/8

Imię i nazwisko: Klasa: Data: Wynik: ..... / 17 pkt

Ćwiczenia · 17 pkt

Zadanie 1. (0–2 pkt) ..... / 2

Oblicz energię fotonu światła niebieskiego o długości fali 450 nm. Wynik podaj w dżulach i w elektronowoltach z dokładnością do dwóch cyfr znaczących. Zapisz obliczenia.

Miejsce na rozwiązanie

Zadanie 2. (0–4 pkt) ..... / 4

Przyporządkuj każdemu źródłu światła (1–4) rodzaj widma, które obserwujemy (a–c). Jeden rodzaj widma pasuje do dwóch źródeł.

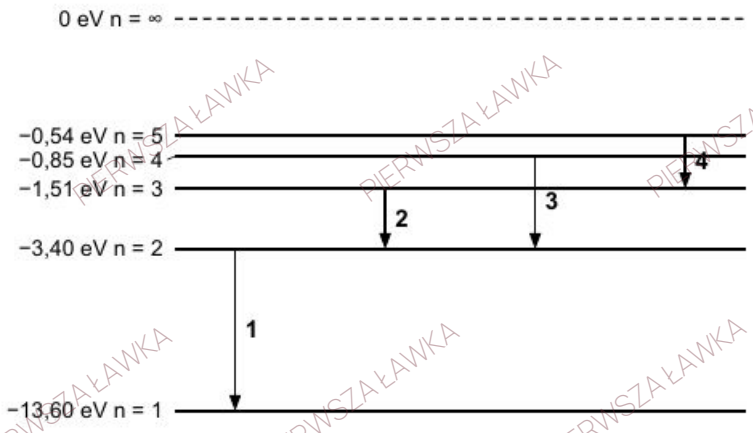
1. żarówka z włóknem wolframowym
2. lampa sodowa (świecące pary sodu)
3. światło Słońca po rozszczepieniu w spektroskopie
4. świecąca rurka z neonem

a) widmo ciągłe
b) widmo emisyjne liniowe
c) widmo absorpcyjne (ciemne linie na tle ciągłym)

1 ____ 2 ____ 3 ____ 4 ____

Zadanie 3. (0–1 pkt) ..... / 1

Dokończ zdanie. Wybierz właściwą odpowiedź spośród podanych.
Na diagramie poziomów energetycznych atomu wodoru zaznaczono przejścia 1–4. Foton o największej energii jest emitowany podczas przejścia



A. 1 (n = 2 → n = 1).
B. 2 (n = 3 → n = 2).
C. 3 (n = 4 → n = 2).
D. 4 (n = 5 → n = 3).

Zadanie 4. (0–3 pkt) ..... / 3

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

1. Elektrony są wybijane z metalu tylko wtedy, gdy częstotliwość światła jest większa od częstotliwości granicznej.	P	F
2. Bardzo jasne światło o częstotliwości mniejszej od granicznej wybija z metalu dużo elektronów.	P	F
3. Częstotliwość graniczna jest taka sama dla wszystkich metali.	P	F

Zadanie 5. (0–4 pkt) ..... / 4

Przyporządkuj każdemu uczonemu (1–4) jego odkrycie (a–d).

1. Joseph Fraunhofer (1814)	a) model atomu wodoru z poziomami energetycznymi
2. Gustav Kirchhoff i Robert Bunsen (ok. 1859–1860)	b) wyjaśnienie zjawiska fotoelektrycznego za pomocą fotonów
3. Albert Einstein (1905)	c) opis ciemnych linii w widmie Słońca
4. Niels Bohr (1913)	d) przypisanie linii widmowych pierwiastkom – początek analizy widmowej

1 ____ 2 ____ 3 ____ 4 ____

Zadanie 6. (0–2 pkt) ..... / 2

Praca wyjścia elektronu z potasu wynosi 2,3 eV. Oblicz częstotliwość graniczną dla potasu. Wynik podaj z dokładnością do dwóch cyfr znaczących. Zapisz obliczenia.

Miejsce na rozwiązanie

Zadanie 7. (0–1 pkt) ..... / 1

Dokończ zdanie. Wybierz właściwą odpowiedź spośród podanych.

Atom wodoru jest w stanie podstawowym (E_1 = −13,6 eV). Atom może pochłonąć foton o energii

A. 5,0 eV. B. 10,2 eV. C. 11,0 eV. D. 12,5 eV.

Fizyka atomowa – foton, widma, zjawisko fotoelektryczne – utrwalenie

Zadania łączące wiadomości z całego działu

ZP

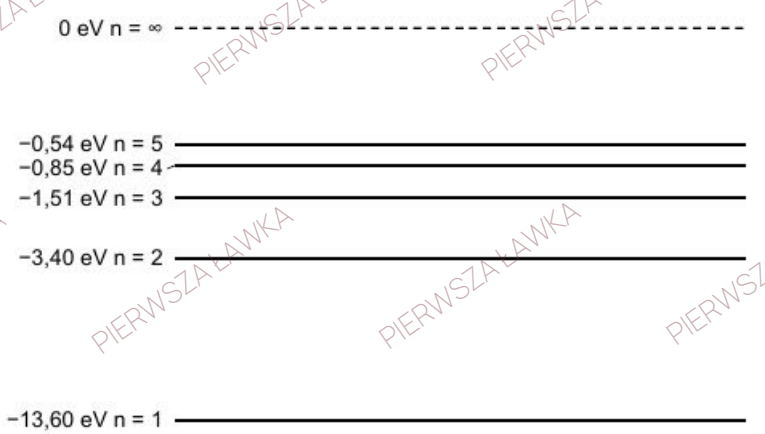
KARTA 3/8

Imię i nazwisko: Klasa: Data: Wynik: ..... / 12 pkt

Ćwiczenia · 12 pkt

Zadanie 1. (0–4 pkt)

Na diagramie przedstawiono poziomy energetyczne atomu wodoru ($E_n = -\frac{13{,}6}{n^2}$ eV).



Zadanie 1.1. (0–2 pkt) ..... / 2

Oblicz energię fotonu emitowanego przy przejściu z poziomu $n = 4$ na $n = 2$ oraz długość jego fali. Długość fali podaj w nm z dokładnością do trzech cyfr znaczących. Zapisz obliczenia.

Miejsce na rozwiązanie

Zadanie 1.2. (0–1 pkt) ..... / 1

W zbiorze wielu atomów wodoru wzbudzonych do poziomu $n = 4$ obserwujemy fotony emitowane przy wszystkich możliwych przejściach na niższe poziomy.
Uzupełnij zdanie. Wpisz odpowiednią liczbę w wykropkowanym miejscu, aby zdanie było prawdziwe.

Fotony te mają _____ różnych energii.

Zadanie 1.3. (0–1 pkt) ..... / 1

Dokończ zdanie. Wybierz właściwą odpowiedź spośród podanych.
Atom wodoru jest na poziomie $n = 2$. Aby go zjonizować, wystarczy foton o energii co najmniej

A. 0,85 eV. B. 3,40 eV. C. 10,2 eV. D. 13,6 eV.

Podgląd – Pierwsza Ławka

Zadanie 2. (0–1 pkt) ..... / 1

Porównaj energię fotonu ultrafioletu o długości fali 250 nm z energią fotonu podczerwieni o długości fali 1000 nm. Oblicz, ile razy jest większa. Zapisz obliczenia.

Miejsce na rozwiązanie

Zadanie 3. (0–2 pkt) ..... / 2

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

1. Zjawisko fotoelektryczne świadczy o korpuskularnej (cząstkowej) naturze światła.	**P**	**F**
2. Dyfrakcja światła na wąskiej szczelinie świadczy o falowej naturze światła.	**P**	**F**
3. Energia fotonu nie zależy od częstotliwości światła.	**P**	**F**

Zadanie 4. (0–2 pkt) ..... / 2

Płytkę cynkową oświetla się bardzo jasnym światłem czerwonym, a potem słabą lampą ultrafioletową. Wyjaśnij, dlaczego elektrony są wybijane tylko w drugim przypadku (praca wyjścia cynku – 4,3 eV).

Miejsce na odpowiedź

Zadanie 5. (0–1 pkt) ..... / 1

Dokończ zdanie. Wybierz właściwą odpowiedź spośród podanych.
Światło białe przechodzi przez chłodne pary sodu i pada na spektroskop. Obserwujemy

A. widmo ciągłe z ciemnymi liniami w miejscach linii emisyjnych sodu.

B. widmo ciągłe z ciemnymi liniami w miejscach innych niż linie emisyjne sodu.

C. jasne linie sodu na ciemnym tle.

D. widmo ciągłe bez linii.

Zadanie 6. (0–2 pkt) ..... / 2

Wskaźnik laserowy o mocy 1,0 mW wysyła światło o długości fali 650 nm. Oblicz liczbę fotonów emitowanych w ciągu 1 s. Wynik podaj z dokładnością do dwóch cyfr znaczących. Zapisz obliczenia.

Miejsce na rozwiązanie

Zadanie 1.3. (0–1 pkt) ..... / 1

Wyjaśnij, dlaczego w obserwacji 4 listki nie opadają, chociaż płytka jest oświetlona ultrafioletem.

Miejsce na odpowiedź

Zadanie 2. (0–2 pkt) ..... / 2

Masz kawałek płyty CD (rozszczepia światło na barwy), kartonowe pudełko z wąską szczeliną, żarówkę z włóknem i świetlówkę. Zaplanuj prostą obserwację widm obu źródeł. Opisz kolejne kroki i przewidywane wyniki.

Miejsce na odpowiedź

Zadanie 3. (0–5 pkt)

Przeczytaj tekst i wykonaj zadania. Energie poziomów atomu wodoru: $E_n = -\frac{13{,}6}{n^2}$ eV.

Linie widmowe wodoru i sodu

Rozgrzany wodór świeci czterema liniami widzialnymi. Najjaśniejsza, czerwona linia Hα ma długość fali 656,28 nm, a kolejne linie Hβ, Hγ i Hδ – 486,13 nm, 434,05 nm i 410,17 nm (długości fal w powietrzu).

Lampy sodowe świecą żółto: w ich widmie dominuje para linii o długościach fal 589,0 nm i 589,6 nm. W widmie Słońca w tym samym miejscu widać ciemną linię, którą w 1814 r. Joseph Fraunhofer oznaczył literą D. Dopiero Kirchhoff i Bunsen wyjaśnili, że to sód w atmosferze Słońca.

Opracowano na podstawie: NIST, Basic Atomic Spectroscopic Data – Hydrogen (https://physics.nist.gov/PhysRefData/Handbook/Tables/hydrogentable2.htm); HyperPhysics, Sodium Spectrum (https://hyperphysics.gsu.edu/hbase/phyopt/Na.html); Fraunhofer lines (https://en.wikipedia.org/wiki/Fraunhofer_lines).

Zadanie 3.1. (0–2 pkt) ..... / 2

Oblicz energię fotonu linii Hα. Wynik podaj w eV z dokładnością do trzech cyfr znaczących. Zapisz obliczenia.

Miejsce na rozwiązanie

Zadanie 3.2. (0–1 pkt) ..... / 1

Dokończ zdanie. Wybierz właściwą odpowiedź spośród podanych.
Linia Hα powstaje przy przejściu elektronu w atomie wodoru

A. z $n = 2$ na $n = 1$.
B. z $n = 3$ na $n = 2$.
C. z $n = 4$ na $n = 2$.
D. z $n = 4$ na $n = 3$.

Podgląd – Pierwsza Ławka

CO JESZCZE JEST W ŚRODKU

Fizyka atomowa – foton, widma, zjawisko fotoelektryczne – kartkówka, sprawdzian i karty pracy z powtórką, fizyka, klasa 3 LO i technikum (zakres…

Podgląd pokazał 10 z 31 stron. Pełna wersja: 31 stron A4, PDF do druku i DOCX do edycji.

- Karta 1: Fizyka atomowa – foton, widma, zjawisko fotoelektryczne – najważniejsze wiadomości – 4 zadania, 8 pkt
- Karta 2: Fizyka atomowa – foton, widma, zjawisko fotoelektryczne – ćwiczenia podstawowe – 7 zadań, 17 pkt
- Karta 3: Fizyka atomowa – foton, widma, zjawisko fotoelektryczne – utrwalenie – 6 zadań, 12 pkt
- Karta 4: Fizyka atomowa – foton, widma, zjawisko fotoelektryczne – w praktyce: doświadczenie i materiał źródłowy – 3 zadania, 11 pkt
- Karta 5: Kartkówka: fizyka atomowa – grupa A – 4 zadania, 7 pkt
- Karta 6: Kartkówka: fizyka atomowa – grupa B – 4 zadania, 7 pkt
- Karta 7: Sprawdzian: Fizyka atomowa – foton, widma, zjawisko fotoelektryczne – grupa A – 10 zadań, 20 pkt
- Karta 8: Sprawdzian: Fizyka atomowa – foton, widma, zjawisko fotoelektryczne – grupa B – 10 zadań, 20 pkt Karta 1 przypomina teorię i pokazuje przykłady rozwiązane krok po kroku, d

Kup pełną wersję – plik od razu na e-mail
pierwszalawka.pl/material/fizyka-liceum-klasa-3-dzial-04-fizyka-atomowa