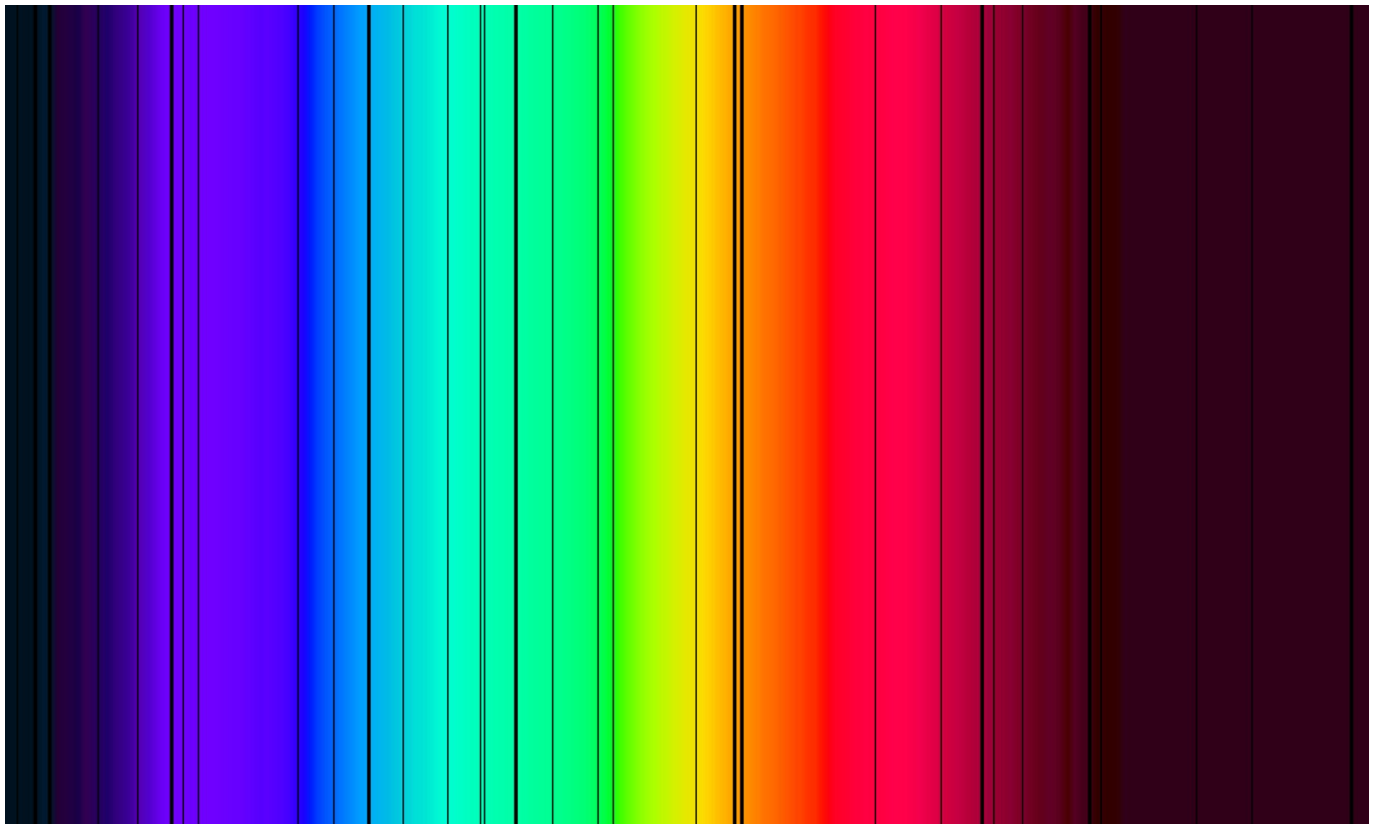




Jak powstają widma absorpcyjne gazów?

- [Wprowadzenie](#)
- [Przeczytaj](#)
- [Audiobook](#)
- [Sprawdź się](#)
- [Dla nauczyciela](#)

A background image showing a continuous spectrum of light with a rainbow color gradient from blue on the left to red on the right. Overlaid on this spectrum are numerous dark, vertical absorption lines of varying widths and depths, representing the Fraunhofer lines. A dark horizontal rectangular box is centered over the spectrum, containing white text.

Jak powstają widma absorpcyjne gazów?

Czy to nie ciekawe?

Galaktyka NGC 1803 sfotografowana przez teleskop Hubble'a oddalona jest od nas o 200 milionów lat świetlnych. Skoro światło potrzebowało aż 200 milionów lat, aby dolecieć z galaktyki do Ziemi, to na pewno nigdy człowiekowi nie uda się dotrzeć do tej odległej krainy. A jednak możemy poznać skład chemiczny gwiazd i materii międzygwiazdowej galaktyki. Umożliwia nam to analiza widm emisyjnych i absorpcyjnych promieniowania dochodzącego z galaktyki. W tym e-materiale zajmiemy się powstawaniem widma absorpcyjnego.



Rys. a. Galaktyka NGC 1803. Źródło: [solomon from USA / CC BY](#)

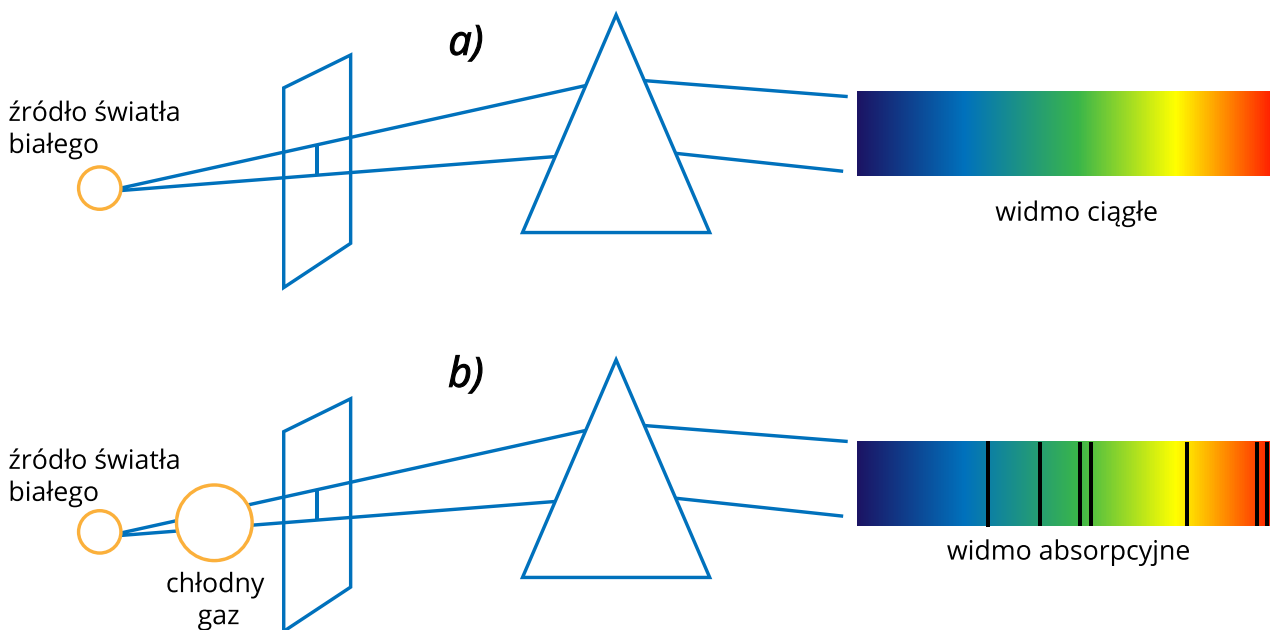
Twoje cele

- dowiesz się, czym jest widmo absorpcyjne,
- poznasz budowę atomu,
- zrozumiesz mechanizm absorpcji fotonów przez atomy,
- przeanalizujesz zasadę zachowania energii w procesie absorpcji.

Przeczytaj

Warto przeczytać

Gdy światło białe, które przeszło przez szczelinę, rozszczepimy w pryzmacie, otrzymamy widmo ciągłe – wszystkie barwy światła widzialnego, przechodzące płynnie jeden w drugi (Rys. 1. a). W pryzmacie promienie świetlne zostały odchylone, dla każdej długości fali pod nieco innym kątem. Dlatego na ekranie pojawiają się różne barwy: od fioletowej o najmniejszej długości fali do czerwonej, której długość fali jest największa. Jeśli na drodze światła białego znajdzie się chłodny gaz, na tle widma ciągłego pojawiają się ciemne linie (Rys. 1. b). Jakie jest pochodzenie tych linii? Skoro w miejscach, odpowiadającym określonym długościom fali, na ekranie są ciemne miejsca, znaczy to, że światło o tych właśnie długościach fali nie dotarło do ekranu. Zostało zaabsorbowane, czyli pochłonięte przez chłodny gaz. Widmo na Rys. 1. b nazywamy **widmem absorpcyjnym**.

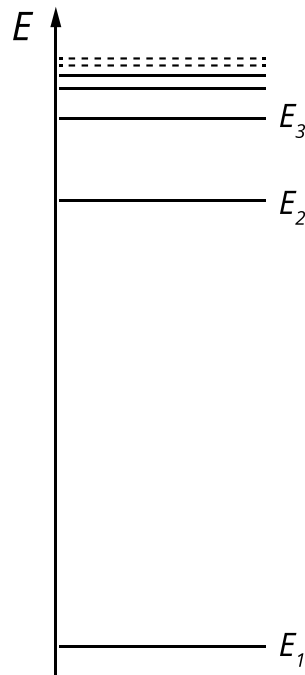


Rys. 1. a) Widmo ciągłe światła białego, b) widmo absorpcyjne, które powstało po przejściu światła białego przez chłodny gaz

Położenie ciemnych linii w widmie absorpcyjnym niesie wiele informacji o atomach, które zaabsorbowały światło. Analizując widmo absorpcyjne, możemy określić, jakie atomy zawiera gaz, znajdujący się na drodze promieniowania. Aby zrozumieć, jak powstaje widmo absorpcyjne, trzeba poznać budowę atomu.

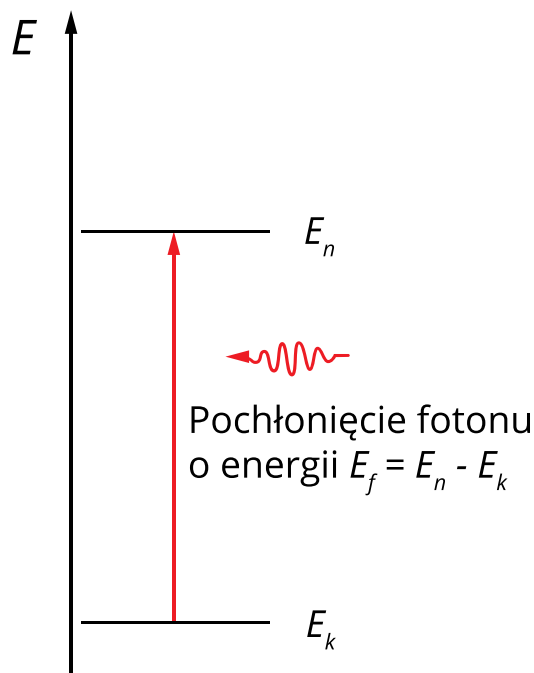
Atom składa się z jądra atomowego, które otaczają elektrony. Elektrony są uwięzione w atomie za sprawą oddziaływania elektrycznego między dodatnimi ładunkami jądra i ujemnymi ładunkami elektronów. Energie elektronów w atomie mogą przybierać tylko pewne, określone wartości – elektron może znajdować się tylko na **dozwolonych**

poziomach energetycznych. Mówimy, że energia elektronów w atomie jest skwantowana. Poziomy energetyczne w atomie przedstawia Rys. 2. Energia elektronu w atomie nie może zmieniać się w sposób ciągły. Elektron przeskakuje z jednego poziomu energetycznego na inny, a jego energia zmienia się skokowo. Atom jest w stanie stabilnym tylko wtedy, gdy ma najmniejszą możliwą energię (na Rys. 2. oznaczoną jako E_1). Taki stan atomu nazywamy **stanem podstawowym**. Gdy elektron w atomie przeskoczy na wyższy poziom energetyczny (na Rys. 2. oznaczone jako E_2 , E_3 itd.) atom znajdzie się w **stanie wzbudzonym**. Atom w stanie wzbudzonym znajduje się niedługo. Po około 10^{-8} s elektron przeskakuje do stanu podstawowego lub na niższy poziom wzbudzony, pozbywając się nadmiaru energii przez emisję fotonu.



Rys. 2. Dozwolone poziomy energetyczne elektronu w atomie

Elektron może znaleźć się na wyższym poziomie energetycznym, pochłaniając foton promieniowania elektromagnetycznego o odpowiedniej energii, równej dokładnie różnicy między poziomem końcowym i początkowym (Rys. 3.). Elektron przechodzi na wyższy poziom energetyczny skokowo. Trochę trudno nam pojąć, jak to się dzieje, ponieważ w świecie makroskopowym nie obserwujemy takich efektów, jak skwantowanie energii. Obraz mikroświata wydaje nam się egzotyczny, ale musimy uwierzyć, że jest prawdziwy, bo jest potwierdzony doświadczalnie.



Rys. 3. Aby elektron przeskoczył z niższego poziomu energetycznego E_k na wyższy poziom E_n , musi pochłoniąć foton o energii $E_f = E_n - E_k$

Gdy atom w stanie podstawowym zaabsorbuje foton, przechodząc do stanu wzbudzonego, spełniona jest zasada zachowania energii, wyrażona wzorem:

$$E_f = E_n - E_1$$

gdzie E_f jest energią fotonu pochłoniętego przez atom, E_n – energią stanu wzbudzonego, E_1 – energią stanu podstawowego.

A jeśli energia fotonu, padającego na atom, nie jest równa różnicy między poziomami energetycznymi atomu? Dla takiego fotonu atom jest przezroczysty. Nie może być pochłonięty, bo nie istnieje taki stan energetyczny atomu, który byłby stanem końcowym. Dozwolone energie elektronów w atomie wyznaczają więc energie fotonów, które mogą być pochłonięte. Gdy światło białe przechodzi przez gaz o budowie atomowej, większość fotonów przechodzi przez gaz bez zakłóceń, a pochłonięte są tylko te, które mają energie równe różnicy między poziomami energetycznymi atomów.

Długość fali promieniowania związana jest z energią E_f fotonu wzorem:

$$E_f = \frac{hc}{\lambda}$$

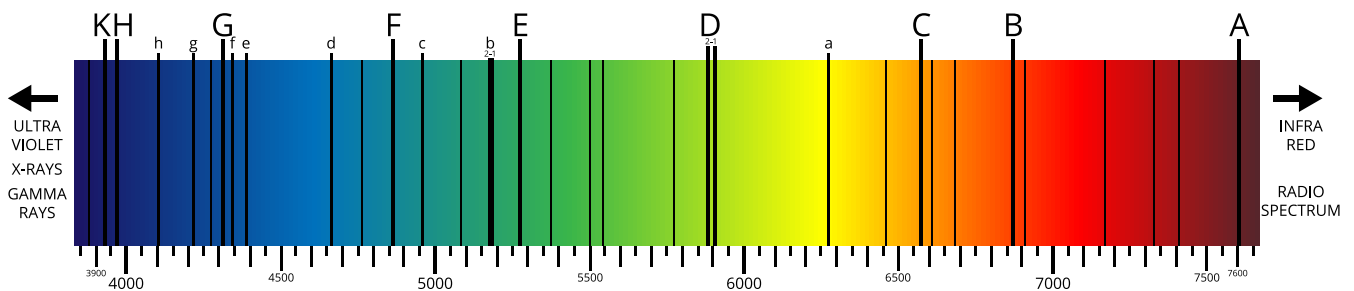
gdzie λ jest długością fali, $c = 3 \cdot 10^8 \frac{m}{s}$ – prędkością światła, h – stałą Plancka, $h = 6,63 \cdot 10^{-34} J \cdot s$ lub $4,14 \cdot 10^{-15} eV \cdot s$.

Energiom fotonów, które mogą być pochłonięte przez atom odpowiadają konkretne długości fal promieniowania. Układ ciemnych linii w widmie absorpcyjnym jest charakterystyczny dla każdego pierwiastka. Można powiedzieć, że widmo absorpcyjne jest „kodem kreskowym” atomu. Wykorzystuje się ten fakt w analizie spektroskopowej, służącej

do badania składu chemicznego substancji. Badaną próbkę przeprowadza się w stan pary, aby uwolnić atomy. Następnie przez pary substancji przepuszcza się światło białe. Atomy zawarte w parze absorbują promieniowanie o charakterystycznej długości fali. Porównując otrzymane widma absorpcyjne ze znanymi widmami różnych pierwiastków, możemy określić skład chemiczny badanej próbki.

Już 200 lat temu roku niemiecki fizyk Fraunhofer odkrył linie absorpcyjne w widmie światła słonecznego (Rys. 4.). Od jego nazwiska nazywamy je liniami Fraunhofera. Podczas analizy linii Fraunhofera odkryto gaz szlachetny – hel, wcześniej niż stwierdzono jego obecność w atmosferze ziemskiej.

Historię odkrycia linii Fraunhofera poznasz z audiobooka.



Rys. 4. Linie Fraunhofera – linie absorpcyjne w widmie światła słonecznego

Słowniczek

Elektronowolt (eV)

(ang.: *electronvolt*) – jednostka energii spoza układu SI używana w fizyce mikroświata. 1 eV to energia, jaką uzyskuje elektron przyspieszany w polu elektrycznym o różnicy potencjałów równej 1 wolt. $1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$.

Linia emisyjna

(ang.: *emission line*) – jasny prążek w widmie, które powstało po rozszczepieniu w pryzmacie światła emitowanego przez rozgrzany gaz o budowie atomowej.

Historia odkrycia linii Fraunhofera

Wysłuchaj informacji o życiu i naukowych dokonaniach Fraunhofera. Następnie wykonaj polecenia. W razie potrzeby odsłuchaj ponownie odpowiednie fragmenty audiobooka.

Audiobook można wysłuchać pod adresem: <https://zpe.gov.pl/b/PqMxGPYAZ>

Historia odkrycia linii Fraunhofera

Joseph Fraunhofer urodził się 1787 roku. Był jedenastym dzieckiem ubogiego szklarza. Gdy w wieku 11 lat został sierotą, oddano go na naukę do pracowni szklarskiej w Monachium. Chłopiec umiał tylko czytać i pisać, a jego majster nie pozwalał na żadne doksztalcanie się. Gdy Joseph miał 14 lat wydarzył się dramatyczny wypadek. Budynek, w którym mieścił się warsztat szklarski, zawalił się, grzebiąc pod gruzami ludzi. Z gruzów udało się wyciągnąć poturbowanego chłopca. Wydarzenie to wywarło takie wrażenie na władcy Bawarii, że obdarował chłopca osiemnastoma dukatami, co było w tych czasach znaczną sumą. Pozwoliło to Fraunhoferowi usamodzielnąć się i kupić podręczniki z zakresu optyki oraz maszynę do obróbki szkła. Chłopak tak szybko opanował zarówno teorię, jak i praktykę wytwarzania soczewek, że w wieku zaledwie 24 lat został dyrektorem oddziału przyrządów optycznych Instytutu Optycznego w Monachium, który zaopatrywał całą Europę w precyzyjne instrumenty optyczne.

Swoje największe odkrycie zawdzięczał przypadkowi. Gdy w 1814 roku zajmował się wyznaczaniem współczynnika załamania światła szkła dla różnych barw, przypadkowo spojrzął przez pryzmat na wąską szczelinę oświetloną lampą oliwną i ujrzał jasną żółtą linię. Dziś wiemy, że jest to linia emisyjna sodu. Fraunhofer sprawdzał, czy taką linię widać też w świetle z innych źródeł światła i stwierdził, że światło innych lamp, a także ogniska daje podobny efekt. Przeprowadził też obserwację światła słonecznego. Tak opisał swoje odkrycie: „*Chciałem sprawdzić,*

czy podobną jasną linię widać także w widmie światła słonecznego. Przy użyciu teleskopu stwierdziłem zamiast niej mnóstwo silnych i mniej wyraźnych ciemnych linii... Niektóre wydawały się zupełnie czarne".

Fraunhofer skatalogował odkryte linie, opisał aż 574 z nich, oznaczając najwyraźniejsze literami alfabetu.

Co ciekawe, Fraunhofer nie był pierwszym, który zauważył linie absorpcyjne w widmie Słońca. W 1802 roku angielski uczony Wollaston obserwował Słońce przez pryzmat i zauważył kilka ciemnych linii na tle widma ciągłego. Uznał je jednak po prostu za granice między barwami i stwierdził, że obserwacja ta jest bez znaczenia.

Słusznie więc linie absorpcyjne w widmie światła słonecznego nazwano liniami Fraunhofera. Ich odkrycie zapoczątkowało analizę widmową i możliwość poznania składu chemicznego odległych obiektów astronomicznych.

Opracowano na podstawie „Historia fizyki” Andrzej Kajetan Wróblewski,
Wydawnictwo naukowe PWN, Warszawa 2006.

Polecenie 1

Wyjaśnij, w jaki sposób linie Fraunhofera umożliwiają poznanie składu chemicznego atmosfery słonecznej.

Polecenie 2

Czy żółta linia sodu obserwowana przez Fraunhofera w świetle lampy naftowej była linią absorpcyjną czy emisyjną?

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Wybierz wszystkie poprawne stwierdzenia:

- ☐ W widmie absorpcyjnym występują ciemne linie na tle widma ciągłego.
- ☐ W widmie absorpcyjnym występują jasne linie na tle widma ciągłego.
- ☐ Widmo absorpcyjne powstaje po przejściu światła białego przez chłodny gaz.
- ☐ Widmo absorpcyjne powstaje, gdy chłodny gaz emituje promieniowanie.

Ćwiczenie 2



Uzupełnij zdanie:

Atom posiada (☐ jeden stan podstawowy / ☐ wiele stanów podstawowych) oraz (☐ jeden stan wzbudzony / ☐ wiele stanów wzbudzonych) i dlatego atom może absorbować fotony o (☐ jednej energii / ☐ wielu energiach).

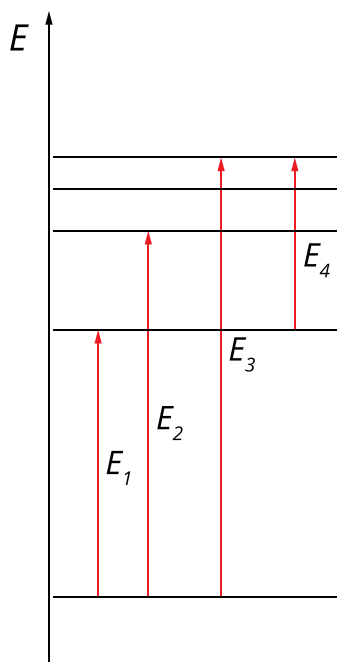
Ćwiczenie 3



Uzupełnij zdanie:

Energia elektronu w atomie wodoru, znajdującym się w stanie podstawowym, wynosi $-13,6$ eV. Atom przeszedł do stanu wzbudzonego o energii $-3,4$ eV i przy tym (☐ pochłoniął / ☐ wyemitował) foton o energii (☐ 17 eV / ☐ $10,2$ eV).

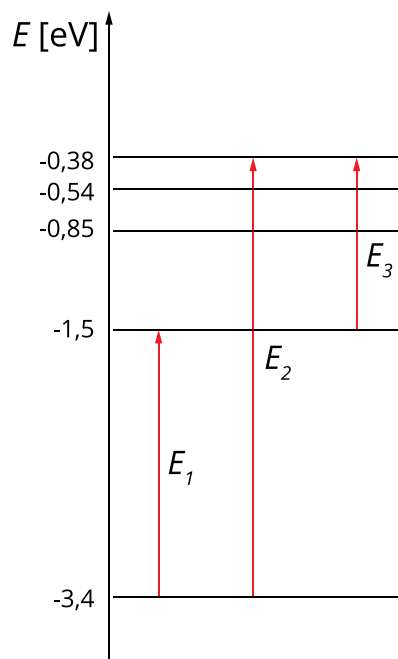
Ćwiczenie 4



Na rysunku za pomocą strzałek pokazane są przejścia między poziomami energetycznymi w atomie. E_1 , E_2 , E_3 i E_4 to energie fotonów zaabsorbowanych podczas tych przejść. Uszereguj od najmniejszej do największej energie fotonów.

Odpowiedź: < < <

Ćwiczenie 5



Na rysunku za pomocą strzałek pokazane są przejścia między poziomami energetycznymi w atomie wodoru. Oblicz energie E_1 , E_2 i E_3 , fotonów pochłoniętych podczas tych przejść.

Odpowiedź:

$$E_1 = \text{[input box]} \text{ eV}$$

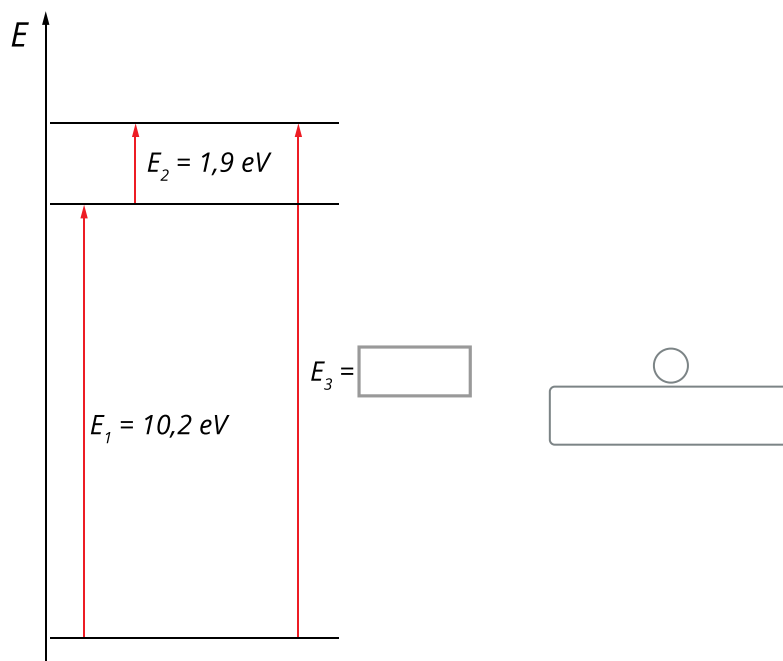
$$E_2 = \text{[input box]} \text{ eV}$$

$$E_3 = \text{[input box]} \text{ eV}$$

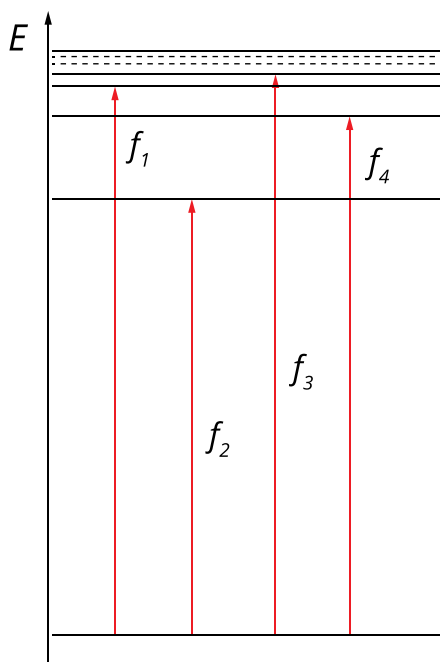
Ćwiczenie 6



Na rysunku za pomocą strzałek pokazane są przejścia między poziomami energetycznymi w atomie. E_1 , E_2 i E_3 to energie fotonów zaabsorbowanych podczas tych przejść. Uzupełnij wartość energii E_3 wraz z jednostką.



Ćwiczenie 7



Ilustracja przedstawia kilka dozwolonych poziomów energetycznych w atomie. Strzałkami pokazano przejścia między poziomami i literami f_1 , f_2 , f_3 , f_4 , oznaczono fotony pochłaniane podczas tych przejść. W widmie absorpcyjnym na tle widma ciągłego widoczne są cztery ciemne linie: w obszarze barwy czerwonej, barwy zielonej, barwy niebieskiej i barwy fioletowej. Przyporządkuj absorbowane fotony do linii w widmie absorpcyjnym:

Odpowiedź:

Linii w obszarze barwy czerwonej odpowiada foton

Linii w obszarze barwy zielonej odpowiada foton

Linii w obszarze barwy niebieskiej odpowiada foton

Linii w obszarze barwy fioletowej odpowiada foton

Ćwiczenie 8



Atom wodoru, który znajdował się w stanie wzbudzonym o energii $-3,4$ eV pochłoniął foton o długości fali $\lambda = 486$ nm. Oblicz końcową energię atomu wodoru. Podaj odpowiedź z dokładnością do dwóch cyfr znaczących.

Odpowiedź: $E_k =$ eV

Dla nauczyciela

Imię i nazwisko autora:	Krystyna Wosińska
Przedmiot:	Fizyka
Temat zajęć:	Jak powstają widma absorpcyjne gazów?
Grupa docelowa:	III etap edukacyjny, liceum, technikum, zakres podstawowy i rozszerzony
Podstawa programowa:	Cele kształcenia – wymagania ogólne II. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem praw i zależności fizycznych. Zakres podstawowy Treści nauczania – wymagania szczegółowe I. Wymagania przekrojowe. Uczeń: 3) prowadzi obliczenia szacunkowe i poddaje analizie otrzymany wynik; 7) wyodrębnia z tekstów, tabel, diagramów lub wykresów, rysunków schematycznych lub blokowych informacje kluczowe dla opisywanego zjawiska bądź problemu; przedstawia te informacje w różnych postaciach. X. Fizyka atomowa. Uczeń: 3) opisuje jakościowo pochodzenie widm emisyjnych i absorpcyjnych gazów. Zakres rozszerzony Treści nauczania – wymagania szczegółowe I. Wymagania przekrojowe. Uczeń: 3) prowadzi obliczenia szacunkowe i poddaje analizie otrzymany wynik; 7) wyodrębnia z tekstów, tabel, diagramów lub wykresów, rysunków schematycznych lub blokowych informacje kluczowe dla opisywanego zjawiska bądź problemu; przedstawia te informacje w różnych postaciach. XI. Fizyka atomowa. Uczeń: 4) rozróżnia widma emisyjne i absorpcyjne gazów; interpretuje linie widmowe jako skutek przejść między poziomami energetycznymi w atomach z emisją lub absorpcją kwantu światła; rozróżnia stan podstawowy i stany wzbudzone atomu.

Kształtowane kompetencje kluczowe:	Zalecenia Parlamentu Europejskiego i Rady UE z 2018 r.: • kompetencje w zakresie rozumienia i tworzenia informacji, • kompetencje matematyczne oraz kompetencje w zakresie nauk przyrodniczych, technologii i inżynierii, • kompetencje cyfrowe, • kompetencje osobiste, społeczne i w zakresie umiejętności uczenia się.
Cele operacyjne:	Uczeń: 1. rozpoznaje widmo absorpcyjne; 2. opisuje budowę atomu; 3. wyjaśnia mechanizm absorpcji fotonów przez atomy; 4. analizuje zasadę zachowania energii w procesie absorpcji.
Strategie nauczania:	strategia eksperymentalno-obserwacyjna (dostrzeganie i definiowanie problemów)
Metody nauczania:	wykład informacyjny, pokaz multimedialny, analiza pomysłów
Formy zajęć:	praca w grupach, praca indywidualna
Środki dydaktyczne:	komputer z rzutnikiem lub tablety do dyspozycji każdego ucznia
Materiały pomocnicze:	e-materiał: „Na czym polega stan podstawowy atomu”, „Na czym polega stan wzbudzony atomu”, „Czym są widma emisyjne gazów”
PRZEBIEG LEKCJI	
Faza wprowadzająca:	
Wprowadzenie zgodnie z treścią w części pierwszej „Czy to nie ciekawe?”. Odwołanie do wiedzy uczniów o korpuskularnej budowie materii.	
Faza realizacyjna:	
Nauczyciel wyświetla widmo ciągłe i widmo absorpcyjne (Rys. 1.). Uczniowie w dyskusji z pomocą nauczyciela starają się ustalić przyczynę powstania ciemnych linii w widmie absorpcyjnym. Dyskusja powinna doprowadzić do wniosku, że chłodny gaz pochłania fotony o określonych energiach. Następnie nauczyciel tłumaczy ideę skwantowania energii elektronu w atomie i wyjaśnia, czym jest stan podstawowy i stany wzbudzone oraz wyjaśnia, że stany wzbudzone są nietrwałe. Uczniowie w dyskusji starają się wyjaśnić, jak zastosować zasadę zachowania energii, gdy elektron w atomie przeskakuje na wyższy poziom energetyczny. W grupach rozwiązują zadanie 5 z zestawu ćwiczeń.	
Faza podsumowująca:	

Uczniowie wysłuchują audiobooka i dyskutują w grupach, jak odpowiedzieć na powiązane z nim polecenia. Uczniowie odnoszą się do postawionych sobie celów lekcji, ustalają które osiągnęli, a które wymagają jeszcze pracy, jakiej i kiedy. W razie potrzeby nauczyciel dostarcza im informację zwrotną kształtującą.

Praca domowa:

W ramach powtórzenia i utrwalenia wiadomości o widmach absorpcyjnych uczniowie rozwiązują zadania: 1 - 3 obowiązkowo i do wyboru jedno z pozostałych zadań z zestawu ćwiczeń.

**Wskazówki
metodyczne
opisujące różne
zastosowania
danego
multimedium**

Audiobook może też być wykorzystany przez uczniów po lekcji do powtórzenia i utrwalenia materiału.