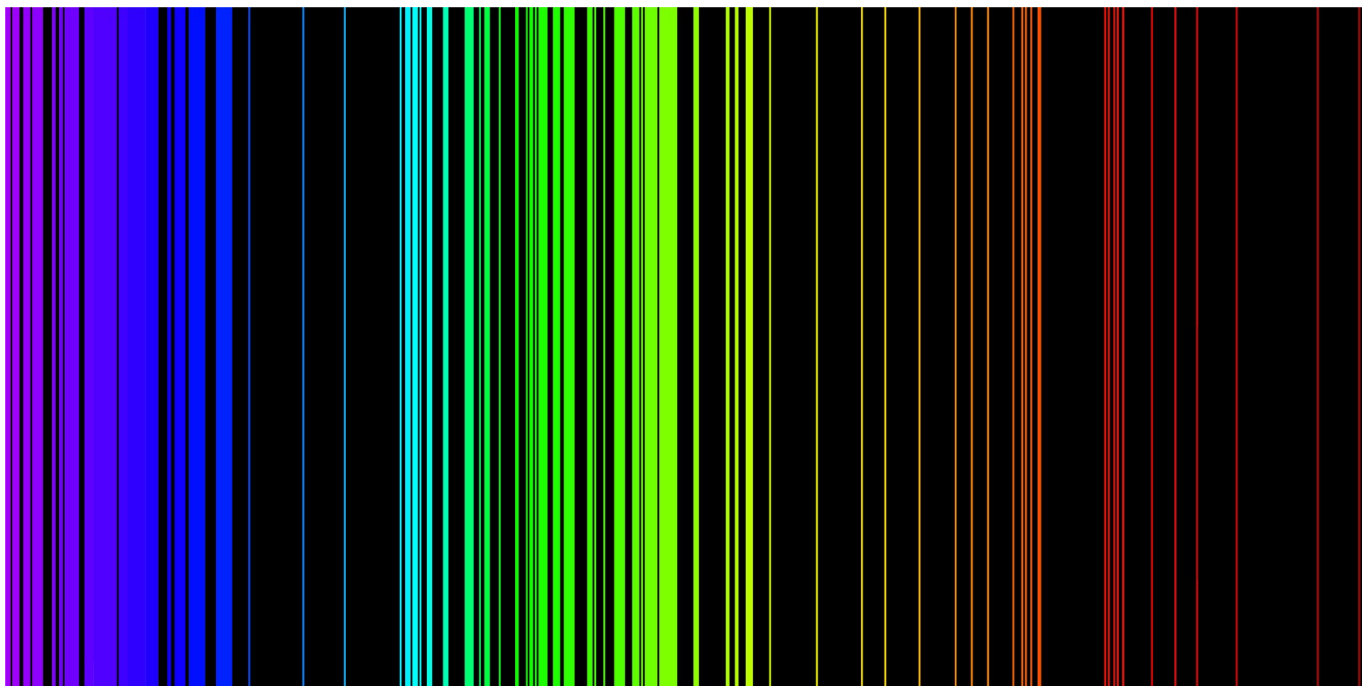




W jaki sposób możemy zinterpretować linie widmowe?

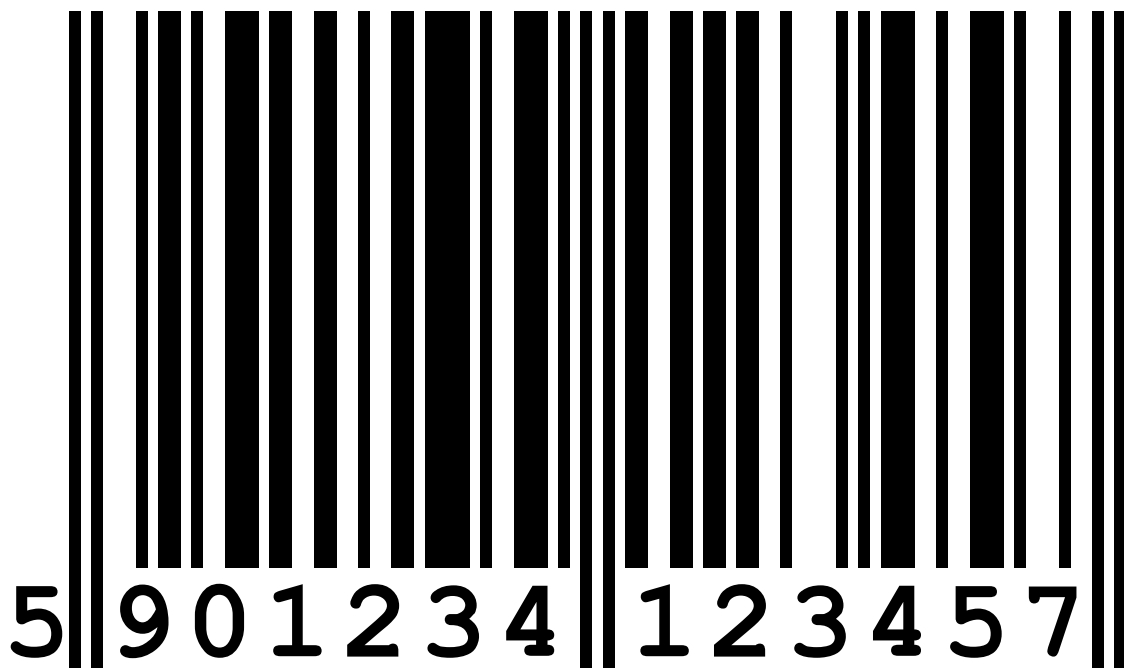
- [Wprowadzenie](#)
- [Przeczytaj](#)
- [Film Samouczek](#)
- [Sprawdź się](#)
- [Dla nauczyciela](#)



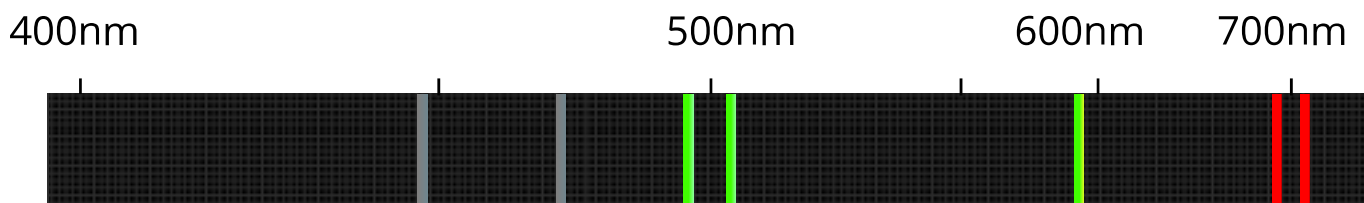
**W jaki sposób możemy zinterpretować linie widmowe?**

## Czy to nie ciekawe?

Towary w supermarketach zaopatrzone są w kody kreskowe (Rys. a.), które pozwalają szybko identyfikować sprzedawany produkt. Atomy też mają swoje „kody kreskowe”. To widma emisyjne i absorpcyjne atomów (Rys. b.). Z położenia linii widmowych możemy wywnioskować, jaki atom wyemitował lub pochłoniął promieniowanie. Analiza widm emisyjnych i absorpcyjnych odległych gwiazd i galaktyk pozwala nam badać ich skład chemiczny.



Rys. a. Kod kreskowy



Rys. b. Widmo emisyjne

### Twoje cele

- Dowiesz się, czym jest widmo emisyjne i absorpcyjne.
- Poznasz budowę atomu.
- Zrozumiesz mechanizm emisji i absorpcji fotonów przez atomy.
- Przeanalizujesz procesy związane ze zmianą energii atomu wodoru.

# Przeczytaj

---

## Warto przeczytać

**Widmo emisyjne liniowe** to widmo składające się z oddzielnych, barwnych linii (Rys. 1). Widmo takie powstaje, gdy rozszczepimy na poszczególne długości fal promieniowanie elektromagnetyczne wysyłane przez pojedyncze atomy. Na rysunku poniżej widzimy widma helu i neonu, które jako gazy szlachetne zawsze składają się z pojedynczych [atomów](#). Natomiast, aby otrzymać widmo liniowe sodu, należy sól odparować, aby uwolnić atomy.

hel



sód

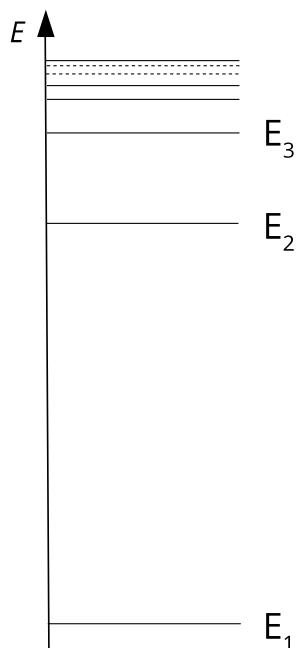


neon



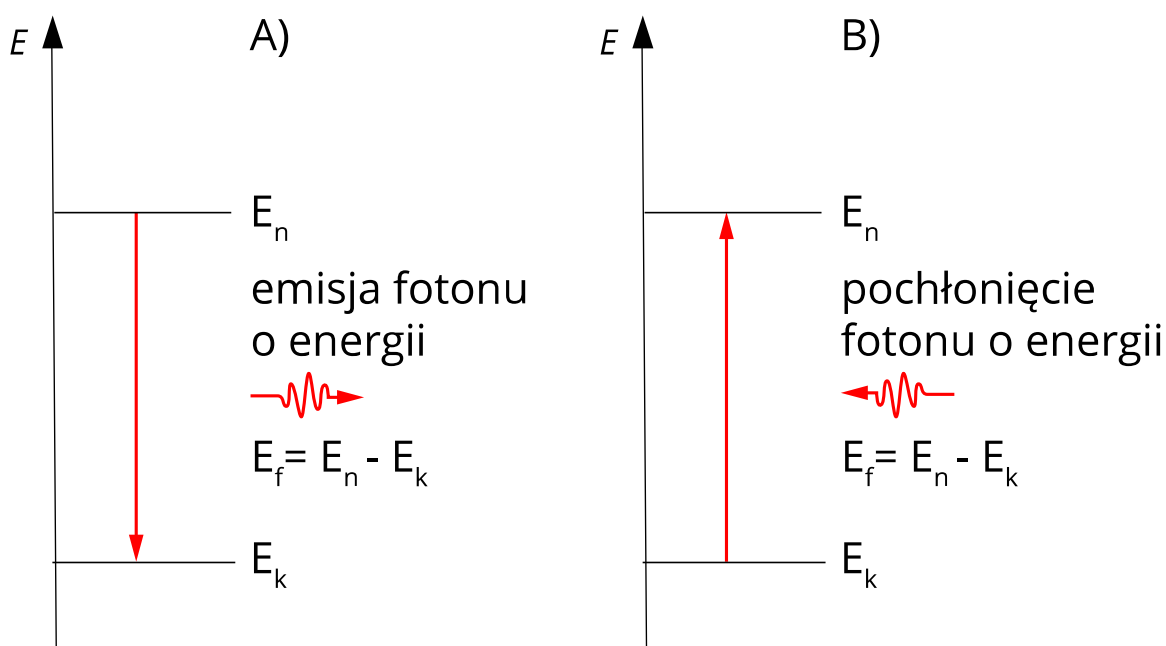
Rys. 1. Liniowe widmo emisyjne pojedynczych atomów helu, sodu i neonu.

Atomy gazu wysyłają fale elektromagnetyczne tylko o określonych długościach. Fakt ten związany jest z budową atomu, składającego 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 rysunek poniżej (Rys. 2.).



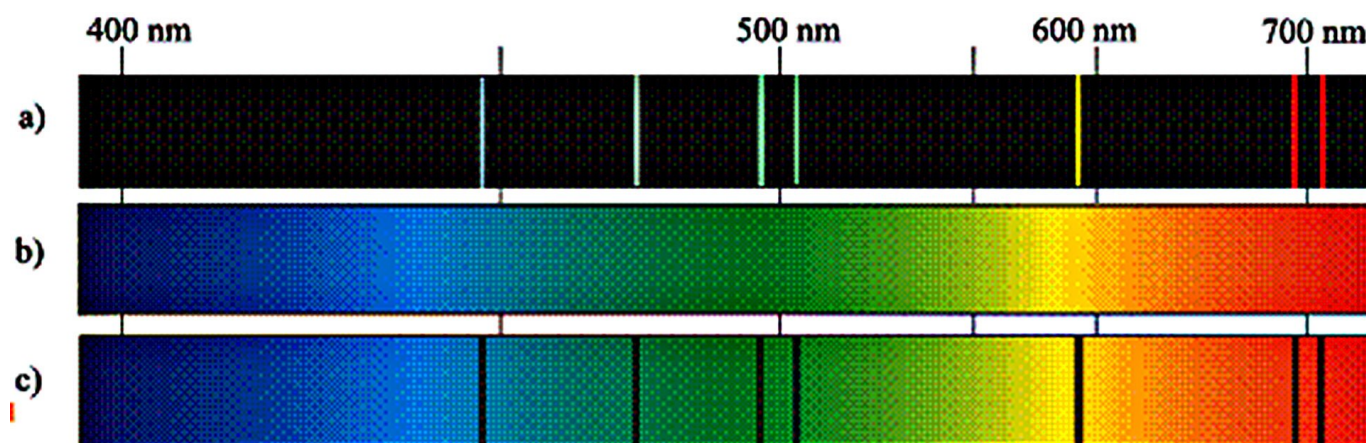
Rys. 2. Dozwolone poziomy energetyczne elektronu w atomie

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. Gdy atom ma najmniejszą możliwą energię, jest w **stanie podstawowym**. Stan podstawowy jest stanem stabilnym, atom pozostaje w nim dowolnie długo, o ile nie zostanie przekazana mu energia. Jednak pobranie przez atom odpowiedniej energii spowoduje, że elektron przeskoczy na wyższy poziom energetyczny i atom znajdzie się w **stanie wzbudzone**. Stan wzbudzony jest nietrwały. Po około  $10^{-8}$  s elektron przeskakuje do stanu podstawowego lub na niższy poziom wzbudzony, pozbywając się nadmiaru energii przez emisję **fotonu**. Energia tego fotonu jest równa różnicy energii atomu w stanie początkowym i końcowym (Rys. 3a).



Rys. 3. a) Przeskokowi elektronu z poziomu o wyższej energii  $E_n$  do poziomu o niższej energii  $E_k$ , towarzyszy emisja fotonu o energii  $E_f = E_n - E_k$ , b) Aby elektron przeskokowi z niższego poziomu energetycznego  $E_k$  na wyższy poziom  $E_n$ , musi pochłoniąć foton o energii  $E_f = E_n - E_k$

Elektron może znaleźć się na wyższym poziomie energetycznym, pochłaniając foton o odpowiedniej energii, równej dokładnie różnicy między poziomem końcowym i początkowym (Rys. 3b). Zarówno podczas emisji, jak i absorpcji fotonu przez atom, spełniona jest zasada zachowania energii. Absorpcja to inaczej pochłanianie. **Widmo absorpcyjne** powstaje, gdy białe światło, o ciągłym widmie, przechodzi przez chłodny gaz. Atomy gazu pochłaniają tylko te fotony, których energie równe są różnicom między stanami energetycznymi atomów, pozostałe fotony przechodzą przez gaz bez zakłóceń. Gdy światło, które przeszło przez gaz, rozszczepimy w pryzmacie, otrzymamy widmo, w którym na ciągłym, kolorowym tle widoczne są ciemne linie. Są to linie widma absorpcyjnego (Rys. 4c).



Rys. 4. a) Widmo emisyjne helu, b) Widmo ciągłe światła białego, padającego na gaz, c) Widmo absorpcyjne po przejściu światła białego przez chłodny gazowy hel

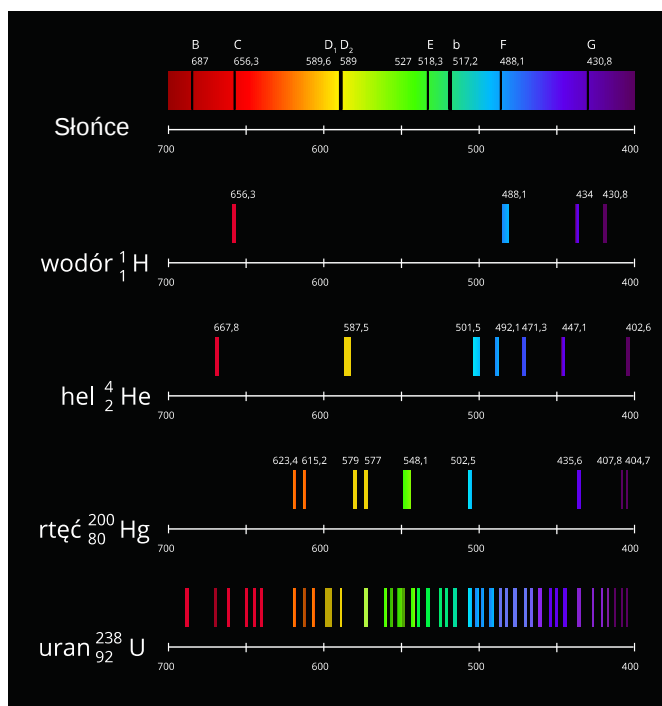
Analizując Rys. 4., widzimy, że ciemne linie absorpcyjne helu (Rys. 4c) występują dla tych samych długości fal, co jasne linie emisyjne (Rys. 4a). Długość fali promieniowania związana jest z energią fotonu wzorem:

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

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

Jednakowym długościom fal w widmie emisyjnym i absorpcyjnym odpowiadają więc jednakowe energie fotonów emitowanych i pochłanianych przez atomy. Bez względu na to, czy foton jest pochłaniany czy emitowany przez atom, jego energia jest równa różnicy między energiami dozwolonych poziomów energetycznych w atomie. Poziomy energetyczne są charakterystyczne dla każdego atomu. Widmo emisyjne i absorpcyjne jest „kodem kreskowym” pierwiastka. Analizując widma promieniowania pochodzącego z odległych obiektów – Słońca, gwiazd, galaktyk, możemy określić ich skład chemiczny.

Przykład takiej analizy pokazany jest na (Rys. 5.). Górna część to widmo światła słonecznego. Na tle widma ciągłego widzimy ciemne linie absorpcyjne (tzw. linie Fraunhofera). Powstały one, gdy promieniowanie przechodziło przez atmosferę Słońca i atomy w niej zawarte pochłonęły fotony o charakterystycznych dla tych atomów energiach i długościach fal. Poniżej widzimy widma emisyjne kilku pierwiastków: wodoru, helu, rtęci i uranu. Porównując długości fal linii absorpcyjnych w świetle słonecznym z liniami emisyjnymi wodoru, możemy zauważyć, że linia F w widmie słonecznym odpowiada niebieskiej linii emisyjnej wodoru o tej samej długości fali. Linia C również ma swój odpowiednik (czerwoną linię) w widmie emisyjnym wodoru. Natomiast linia D oprócz podwójnej linii sodu ( $D_1$  i  $D_2$ ) zawiera też blisko leżącą linię helu  $D_3$ , która odpowiada żółtej linii w emisyjnym widmie helu.



Rys. 5. Górna część – widmo światła słonecznego z liniami absorpcyjnymi, poniżej widma emisyjne wodoru, helu, rtęci i uranu.

Obecnie znanych jest około 25 tysięcy linii absorpcyjnych w widmie słonecznym, z których ponad 75% udało się przyporządkować do określonych pierwiastków.

Na podstawie natężenia linii widmowych można ustalić skład chemiczny atmosfery słonecznej. Wodór i hel, czyli dwa najlżejsze pierwiastki stanowią 97% masy Słońca, ale stwierdzono obecność niewielkich ilości wielu cięższych pierwiastków, jak magnez, sód, żelazo, wapń i inne.

## 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.  $1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$ .

### **atom**

(ang. *atom*) podstawowy składnik materii. Składa się z małego dodatnio naładowanego jądra o dużej gęstości i otaczającej go chmury elektronowej o ujemnym ładunku elektrycznym.

### **foton**

(ang. *photon*) cząstka elementarna z grupy bozonów, będąca nośnikiem oddziaływań elektromagnetycznych. Nie posiada ładunku elektrycznego ani momentu magnetycznego, jego masa spoczynkowa jest zerowa, a liczba spinowa ma wartość 1. Wykazuje dualizm korpuskularno-falowy, więc równocześnie ma cechy cząstki i fali elektromagnetycznej.

# Film Samouczek

---

## W jaki sposób możemy zinterpretować linie widmowe?

Obejrzyj film samouczek, w którym wyjaśniamy związek liniowego widma emisyjnego z poziomami energetycznymi atomu, emitującego promieniowanie.

Trwa wczytywanie danych...

Film dostępny na portalu [epodreczniki.pl](https://epodreczniki.pl)

Wysłuchaj ścieżki lektorskiej.

---

### Polecenie 1

Wyjaśnij, czy powstanie czerwonego prążka w widmie helu, może być spowodowane przeskokiem elektronu z któregoś z wyższych poziomów energetycznych na poziom drugi. Odpowiedź uzasadnij.

# Sprawdź się

---

Pokaż ćwiczenia:   

## Ćwiczenie 1



Wybierz poprawne stwierdzenie:

☐ Widmo liniowe to widmo składające się oddzielnych prążków.

☐ Widmo liniowe to widmo, które układa się wzdłuż jednej linii.

## Ćwiczenie 2



Uzupełnij zdanie:

Odpowiedź: Atomy gazu wysyłają fale elektromagnetyczne (o dowolnych / o ściśle określonych) długościach fal.

## Ćwiczenie 3



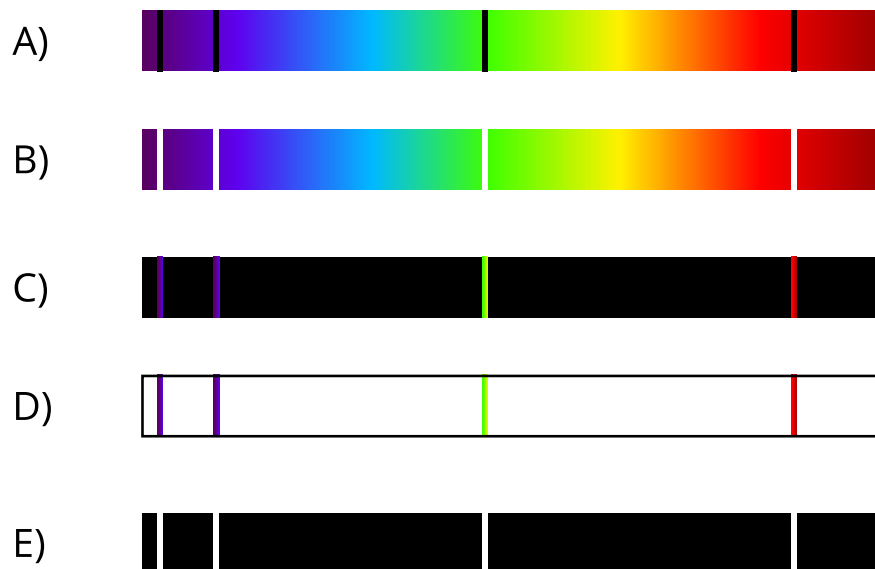
Uzupełnij stwierdzenie:

Odpowiedź: Energia atomu wodoru w stanie podstawowym wynosi -13,6 eV. Gdy atom, znajdujący się w stanie podstawowym, zaabsorbuje foton, jego energia będzie się różniła od zera (#mniej / więcej), niż przed absorpcją.

## Ćwiczenie 4



Który z rysunków przedstawia widmo emisyjne gazu o budowie atomowej, a który widmo absorpcyjne. Odpowiedź uzasadnij.



Który z rysunków przedstawia widmo emisyjne gazu o budowie atomowej, a który widmo absorpcyjne. Odpowiedź uzasadnij.

Odpowiedź: widmo emisyjne jest na rysunku , a widmo absorpcyjne .

## Ćwiczenie 5



Atom helu emituje foton o długości fali 587,6 nm. Podaj długość fali jednego z prążków w widmie absorpcyjnym helu. Odpowiedź uzasadnij.

Odpowiedź: Długość fali jednego z prążków w widmie absorpcyjnym helu wynosi

nm.

## Ćwiczenie 6



Rozwiąż krzyżówkę, aby dowiedzieć się, jaka jest łacińska nazwa pierwiastka odkrytego w atmosferze słonecznej.

|    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| 1. |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 2. |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 3. |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 4. |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 5. |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 6. |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

1. Analiza widm emisyjnych i absorpcyjnych gwiazd pozwala badać ich skład ...
2. Wielkość, która jest w atomie skwantowana.
3. Gdy ... w atomie przeskakuje z wyższego poziomu energetycznego na niższy, emitowany jest foton.
4. Wysyłanie promieniowania.
5. Położenie prążka w widmie liniowym wyznacza .... fali promieniowania.
6. Wysyłają promieniowanie elektromagnetyczne, którego widmo jest liniowe.

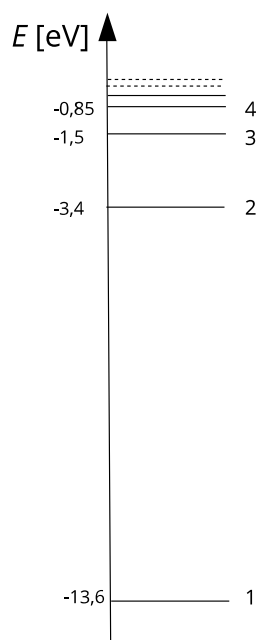
## Ćwiczenie 7



Gdy elektron w atomie wodoru przeskakuje z drugiego poziomu energetycznego na pierwszy, emitowany jest foton leżący w zakresie nadfioletu. W jakim zakresie znajduje się promieniowanie, emitowane podczas przeskoku z elektronu z trzeciego poziomu energetycznego na pierwszy. Odpowiedź uzasadnij.

Odpowiedź: Promieniowanie, emitowane podczas przeskoku z elektronu z trzeciego poziomu energetycznego na pierwszy leży w zakresie {#nadfioletu} / {światła widzialnego} / {podczerwieni}.

## Ćwiczenie 8



Rysunek przedstawia poziomy energetyczne w atomie wodoru. Atomy, znajdujące się w stanie podstawowym, zaabsorbowały fotony o energii 12,1 eV. Jak będzie wyglądało widmo promieniowania emitowane przez wzбудzone atomy wodoru? Podaj długości fal, wyrażone w nanometrach, wszystkich emitowanych fotonów.

Odpowiedź:

$\lambda_1 =$   nm (przejście z poziomu 3 na 1),

$\lambda_2 =$   nm (przejście z poziomu 2 na 1),

$\lambda_3 =$   nm (przejście z poziomu 3 na 2).

# Dla nauczyciela

---

|                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|--------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Imię i nazwisko autora:</b> | Krystyna Wosińska                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| <b>Przedmiot:</b>              | Fizyka                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| <b>Temat zajęć:</b>            | <b>W jaki sposób możemy zinterpretować linie widmowe?</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| <b>Grupa docelowa:</b>         | III etap edukacyjny, liceum, technikum, zakres podstawowy i rozszerzony                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| <b>Podstawa programowa:</b>    | <p><b>Cele kształcenia – wymagania ogólne</b></p> <p>II. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem praw i zależności fizycznych.</p> <p><b>Zakres podstawowy</b></p> <p><b>Treści nauczania – wymagania szczegółowe</b></p> <p>I. Wymagania przekrojowe. Uczeń:</p> <p>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.</p> <p>X. Fizyka atomowa. Uczeń:</p> <p>4) interpretuje linie widmowe jako skutek przejść między poziomami energetycznymi w atomach z emisją lub absorpcją kwantu światła; rozróżnia stan podstawowy i stany wzbudzone atomu.</p> <p><b>Zakres rozszerzony</b></p> <p><b>Treści nauczania – wymagania szczegółowe</b></p> <p>I. Wymagania przekrojowe. Uczeń:</p> <p>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.</p> <p>XI. Fizyka atomowa. Uczeń:</p> <p>5) analizuje seryjny układ linii widmowych na przykładzie widm atomowych wodoru; posługuje się wzorem Rydberga.</p> |

|                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Kształtowane kompetencje kluczowe:</b>                                                                                                            | <b>Zalecenia Parlamentu Europejskiego i Rady UE z 2018 r.:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• kompetencje w zakresie rozumienia i tworzenia informacji,</li> <li>• kompetencje matematyczne oraz kompetencje w zakresie nauk przyrodniczych, technologii i inżynierii,</li> <li>• kompetencje cyfrowe,</li> <li>• kompetencje osobiste, społeczne i w zakresie umiejętności uczenia się.</li> </ul> |
| <b>Cele operacyjne:</b>                                                                                                                              | <p>Uczeń:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. rozpoznaje widmo emisyjne i absorpcyjne;</li> <li>2. opisuje budowę atomu;</li> <li>3. wyjaśnia mechanizm emisji i absorpcji fotonów przez atomy;</li> <li>4. analizuje procesy związane ze zmianą energii atomu wodoru.</li> </ol>                                                                                                                   |
| <b>Strategie nauczania:</b>                                                                                                                          | strategia eksperymentalno-obserwacyjna (dostrzeganie i definiowanie problemów)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| <b>Metody nauczania:</b>                                                                                                                             | wykład informacyjny, pokaz multimedialny, analiza pomysłów                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| <b>Formy zajęć:</b>                                                                                                                                  | praca w grupach, praca indywidualna                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| <b>Środki dydaktyczne:</b>                                                                                                                           | komputer z rzutnikiem lub tablety do dyspozycji każdego ucznia                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| <b>Materiały pomocnicze:</b>                                                                                                                         | e-materiał: „Na czym polega stan podstawowy atomu”, „Na czym polega stan wzbudzony atomu”, „Czym są widma emisyjne”, „Jak powstają widma absorpcyjne gazów”                                                                                                                                                                                                                                                   |
| <b>PRZEBIEG LEKCJI</b>                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| <b>Faza wprowadzająca:</b>                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| <p>Wprowadzenie zgodnie z treścią w części pierwszej „Czy to nie ciekawe?”.</p> <p>Odwołanie do wiedzy uczniów o korpuskularnej budowie materii.</p> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| <b>Faza realizacyjna:</b>                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |

Nauczyciel wyjaśnia, czym jest widmo liniowe i wyświetla widma emisyjne kilku pierwiastków. Następnie nauczyciel wyjaśnia przyczynę powstawania takiego widma, odwołując się do budowy atomu. Tłumaczy ideę skwantowania energii elektronu w atomie i wyjaśnia, czym jest stan podstawowy i stany wzbudzone. Uczniowie w dyskusji starają się wyjaśnić, jak zastosować zasadę zachowania energii w procesie zmiany stanu energetycznego atomu. Dyskusja powinna doprowadzić do wniosku, kiedy atom emituje, a kiedy pochłania foton. Następnie nauczyciel wyjaśnia, jak z analizy widma emisyjnego lub absorpcyjnego, można wywnioskować skład chemiczny źródła promieniowania. Uczniowie oglądają Rys. 5 i w grupach wśród linii absorpcyjnych widma słonecznego wyszukują odpowiadające im linie w widmie emisyjnym wodoru i helu.

Uczniowie oglądają film samouczek i dyskutują rozwiązanie kończącego go zadania.

#### **Faza podsumowująca:**

Aby sprawdzić stopień przyswojenia materiału, uczniowie w grupach rozwiązują zadanie 8 z zestawu ćwiczeń.

#### **Praca domowa:**

Zadania z zestawu ćwiczeń, 1- 3 obowiązkowo, do wyboru jedno z pozostałych zadań.

#### **Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania danego multimedium**

Multimedium bazowe może też być wykorzystane przez uczniów po lekcji do powtórzenia i utrwalenia materiału. Zadania z zestawu ćwiczeń można potraktować jako zadania domowe lub niektóre z nich rozwiązać na lekcji.