

Na czym polega stan wzbudzony atomu?

- Wprowadzenie
- Przeczytaj
- Animacja
- Sprawdź się
- Dla nauczyciela



Na czym polega stan wzbudzony atomu?

Źródło: dostępny w internecie: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Emission_spectrum-Fe.svg [dostęp 10.02.2022 r.], domena publiczna.

Czy to nie ciekawe ?

Człowiek w stanie wzbudzenia wysyła zwykle pełne ekspresji sygnały. Dotyczy to też wzbudzonego atomu, który emituje fotony promieniowania elektromagnetycznego. Jak to się dzieje, dowiesz się z tego e-materiału.



Rys. a.

Źródło: Politechnika Warszawska Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0.

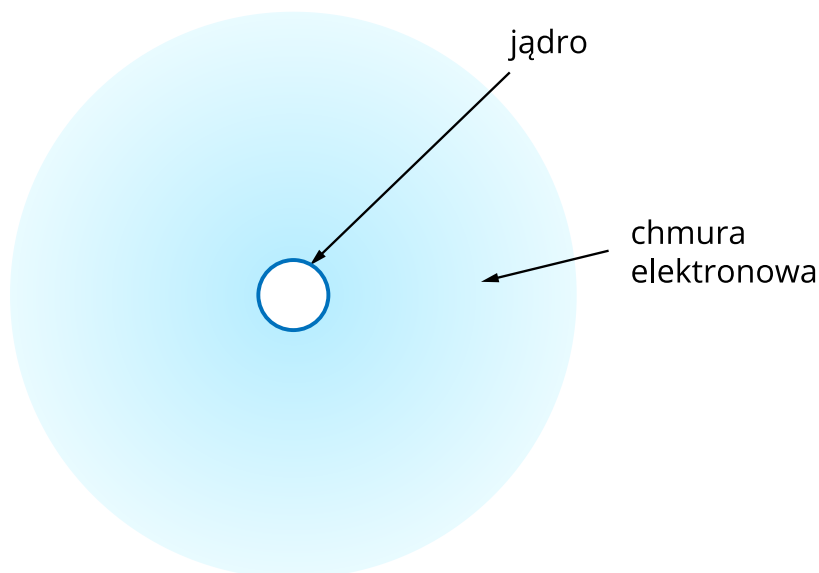
Twoje cele

- Poznasz budowę atomu.
- Zrozumiesz, czym są poziomy energetyczne elektronu w atomie.
- Dowiesz się, czym jest stan wzbudzony atomu.
- Przeanalizujesz zjawiska towarzyszące przejściu atomu ze stanu wzbudzonego do podstawowego.

Przeczytaj

Warto przeczytać

Materia zbudowana jest z atomów, które stanowią najmniejszą część każdego pierwiastka chemicznego. Atom składa się z protonów i neutronów tworzących jądro atomowe, które otaczają elektrony. Średnica jądra atomowego jest około 100 tysięcy razy mniejsza od średnicy atomu, ale prawie cała masa atomu skupiona jest w jądrze. Atomu nie można opisać pojęciami fizyki klasycznej. Do opisu mikroświata stosuje się mechanikę kwantową, która traktuje poruszające się cząstki jako fale. Zgodnie z tym opisem, położenie elektronu w danej chwili jest nieokreślone, możemy tylko określić prawdopodobieństwo znalezienia się elektronu w danym miejscu. Dlatego opisujemy atom jako jądro otoczone chmurą elektronową (Rys. 1.).

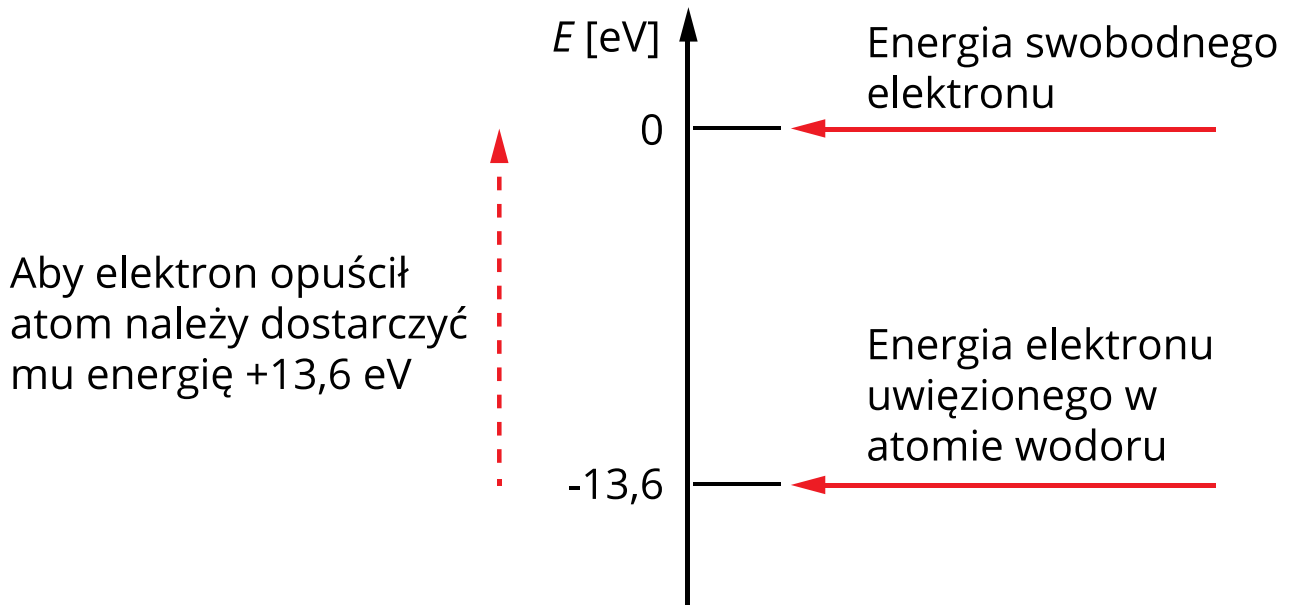


Rys. 1. Atom składa się z jądra otoczonego chmurą elektronową. Stopień zaciemnienia określa prawdopodobieństwo znalezienia się elektronu w danym miejscu (proporcje rozmiarów jądra i atomu nie są zachowane).

Źródło: Politechnika Warszawska Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0.

Elektrony o ujemnym ładunku są w atomie przyciągane siłami elektrycznymi przez dodatnio naładowane protony w jądrze. To oddziaływanie powoduje, że elektrony uwięzione są w atomie. Aby elektron opuścił atom, należy dostarczyć mu energii z zewnątrz. Im bliżej jądra znajduje się elektron, tym silniej jest przyciągany i tym większa jest energia konieczna do oderwania go od atomu. Całkowita energia elektronu w atomie jest ujemna. Na przykład, energia elektronu w atomie wodoru wynosi $-13,6\text{ eV}$ (elektronowolta).

Aby wyrwać elektron z atomu, trzeba dostarczyć mu energię równą +13,6 eV lub więcej. Energia elektronu wzrośnie wtedy co najmniej do zera, co oznacza, że elektron uwolnił się z zasięgu oddziaływania sił elektrycznych jądra (Rys. 2.). Energię potrzebną do oderwania elektronu z atomu nazywamy **energiją jonizacji**, bo atom pozbawiony elektronu staje się jonem, obdarzonym dodatnim ładunkiem elektrycznym.



Rys. 2. Energia elektronu w atomie jest ujemna. Aby elektron opuścić atom, należy dostarczyć mu energii z zewnątrz tak, aby jego energia wzrosła co najmniej do zera.

Źródło: Politechnika Warszawska Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0.

Atom wodoru jest najprostszym atomem, składającym się z jądra - pojedynczego protonu i jednego elektronu. Energia elektronu w atomie wodoru, -13,6 eV, jest najmniejszą możliwą energią. Gdy elektron ma najmniejszą energię, atom jest w stabilnym stanie, zwanym **stanem podstawowym**.

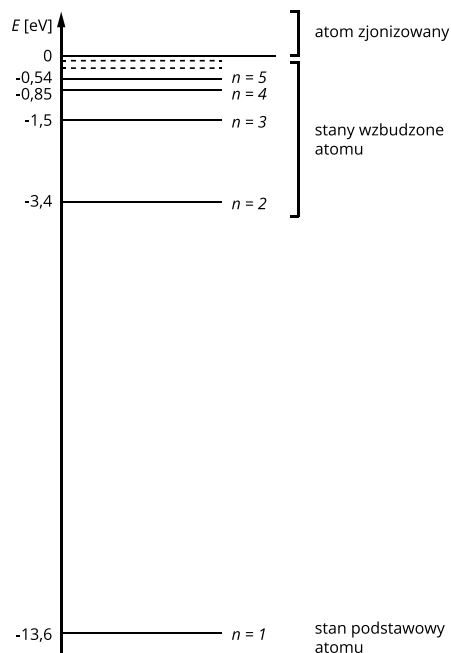
Gdy elektron w atomie otrzyma energię o odpowiedniej wartości, na przykład pochłaniając **kwant** światła, jego energia zwiększy się. Ale nie każda wartość energii elektronu w atomie jest dozwolona. Elektron może mieć tylko pewne, określone energie – mówimy, że **energia elektronu w atomie jest skwantowana**. Dozwolone energie elektronu w atomie wodoru wyrażają się wzorem:

$$E_n = \frac{-13,6 \text{ eV}}{n^2}$$

gdzie n to liczba naturalna ($n = 1, 2, 3, 4, \dots \infty$).

Liczbę n nazywamy **główną liczbą kwantową**, która wyznacza kolejne **powłoki elektronowe**. Każdej powłoce elektronowej odpowiada inny **poziom energetyczny**. Poziomy energetyczne elektronu w atomie wodoru przedstawione są na Rys. 3.

Elektron przechodzi z jednego poziomu energetycznego na inny skokowo, jego energia nie zmienia się w sposób ciągły.



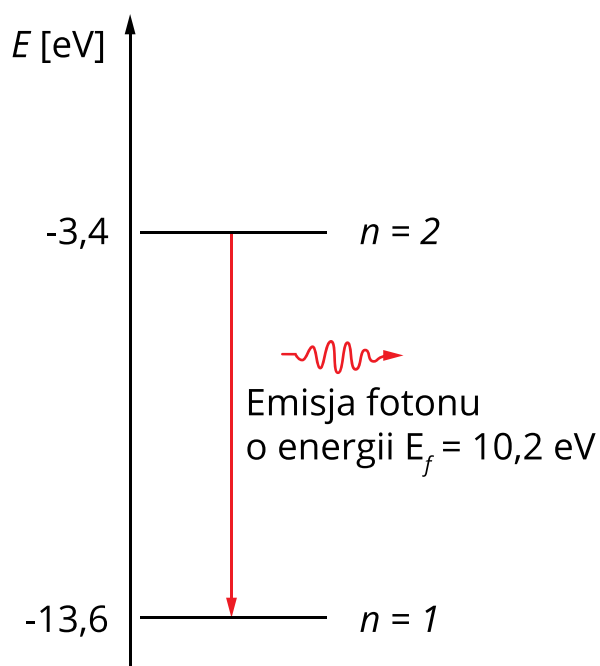
Rys. 3. Energie elektronu w atomie wodoru na kolejnych poziomach energetycznych.

Źródło: Politechnika Warszawska Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0.

Gdy elektron znajduje się na wyższym poziomie energetycznym, atom jest **w stanie wzbudzonym**. Stan wzbudzony jest nietrwały. Po czasie rzędu 10^{-8} s elektron przeskakuje na niższy poziom energetyczny, emitując foton o energii równej różnicy między energiami obu poziomów (Rys. 4.).

Jaka jest energia fotonu, emitowanego przez atom wodoru przy przejściu od pierwszego stanu wzbudzonego do stanu podstawowego? Energia ta jest różnicą między energią stanu wzbudzonego i energią stanu podstawowego:

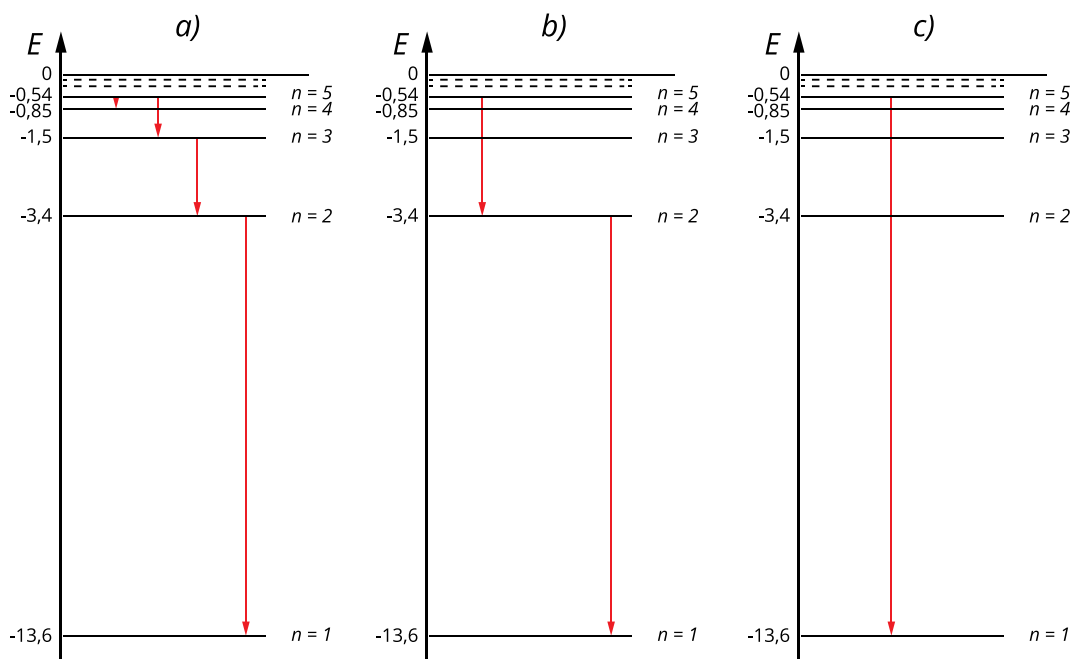
$$E_f = -3,4 \text{ eV} - (-13,6 \text{ eV}) = 10,2 \text{ eV}$$



Rys. 4. Atom powraca ze stanu wzbudzonego do stanu podstawowego – elektron przeskakuje z poziomu o głównej liczbie kwantowej $n = 2$ na poziom $n = 1$, emitując foton o energii 10,2 eV.

Źródło: Politechnika Warszawska Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0.

A jeśli atom wodoru jest w wyższym stanie wzbudzonym, na przykład w stanie o głównej liczbie kwantowej $n = 5$? Również w tym przypadku atom powróci do stanu podstawowego, ale może to zrobić na wiele sposobów (Rys. 5.). Realizacja jednego z tych sposobów jest przypadkowa.



Rys. 5. Przykładowe przejścia prowadzące od stanu wzbudzonego $n = 5$, do stanu podstawowego $n = 1$. a) elektron przeskakuje na kolejne poziomy energetyczne, emitując w sumie 4 fotony, b) elektron przeskakuje na poziom $n = 2$, a następnie do stanu podstawowego, emitując 2 fotony, c) elektron przeskakuje bezpośrednio do stanu podstawowego, emitując 1 foton.

Źródło: Politechnika Warszawska Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0.

Podsumujmy nasze rozważania. Gdy atom wodoru ma **najmniejszą możliwą energię, jest w stanie podstawowym**. Wynika z tego, że stan podstawowy jest tylko jeden, odpowiada mu główna liczba kwantowa $n = 1$. **Atom o większej energii**, niż energia stanu podstawowego, **jest w stanie wzbudzonym**. Stanów wzbudzonych jest wiele, odpowiadają im liczby $n = 2, 3, 4, \dots$

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

kwant

(*ang.: quantum*) najmniejsza porcja danej wielkości fizycznej. Kwantem promieniowania elektromagnetycznego jest foton.

powłoka elektronowa

(*ang.: electron shell*) zbiór stanów kwantowych o wspólnej wartości głównej liczby kwantowej n .

Animacja

Na czym polega stan wzbudzony atomu

Dzięki poniższej animacji dowiesz się, jak wyglądają poziomy energetyczne w atomie wodoru, a także określisz wartości energii fotonów, które mogą zostać wyemitowane przez atom będący w stanie wzbudzonym.

Film dostępny pod adresem <https://zpe.gov.pl/a/DTnMNA5ty>

Źródło: Politechnika Warszawska Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0.

Wysłuchaj alternatywnej ścieżki lektorskiej.

Polecenie 1

Oblicz wszystkie energie fotonów, które mogą być wyemitowane przez atomy wodoru, znajdujące się w stanie wzbudzonym o głównej liczbie kwantowej $n = 3$ i określ, w jakich przejściach się pojawiają.

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Ćwiczenie 2



Ćwiczenie 3



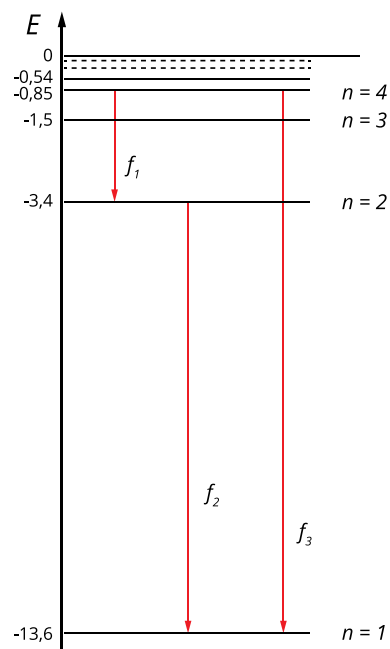
Ćwiczenie 4



Ćwiczenie 5



Rysunek przedstawia poziomy energetyczne elektronu w atomie wodoru. Symbolami f_1 , f_2 , f_3 , oznaczono fotony emitowane podczas przejść zaznaczonych strzałkami.



Źródło: Politechnika Warszawska Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0.

Ćwiczenie 6



Ćwiczenie 7



Ćwiczenie 8



Dla nauczyciela

Imię i nazwisko autora:	Krystyna Wosińska
Przedmiot:	Fizyka
Temat zajęć:	Na czym polega stan wzbudzony atomu
Grupa docelowa:	III etap edukacyjny, liceum, technikum, zakres podstawowy i rozszerzony
Podstawa programowa:	<p>Cele kształcenia – wymagania ogólne:</p> <p>I. Wykorzystanie pojęć i wielkości fizycznych do opisu zjawisk oraz wskazywanie ich przykładów w otaczającej rzeczywistości.</p> <p>II. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem praw i zależności fizycznych.</p> <p>Zakres podstawowy</p> <p>Treści nauczania – wymagania szczegółowe</p> <p>I. Wymagania przekrojowe. Uczeń:</p> <p>4) przeprowadza obliczenia liczbowe posługując się kalkulatorem;</p> <p>15) wyodrębnia zjawisko z kontekstu, nazywa je oraz wskazuje czynniki istotne i nieistotne dla jego przebiegu.</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>Zakres rozszerzony</p> <p>Treści nauczania – wymagania szczegółowe</p> <p>I. Wymagania przekrojowe. Uczeń:</p> <p>4) przeprowadza obliczenia liczbowe posługując się kalkulatorem;</p> <p>19) wyodrębnia zjawisko z kontekstu, nazywa je oraz wskazuje czynniki istotne i nieistotne dla jego przebiegu.</p> <p>XI. Fizyka atomowa. Uczeń:</p> <p>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.</p>

Kształtowane kompetencje kluczowe:	<p>Zalecenia Parlamentu Europejskiego i Rady UE z 2018 r.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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:	<p>Uczeń:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. opisuje budowę atomu; 2. wyjaśnia, czym są poziomy energetyczne elektronu w atomie; 3. rozpoznaje stan wzbudzony atomu; 4. analizuje zjawiska towarzyszące przejściu atomu ze stanu wzbudzonego do podstawowego.
Strategie nauczania:	strategia eksperymentalno-obszernyjna (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”, „Czym widmo absorpcyjne różni się od widma emisyjnego”
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 wyjaśnia budowę atomu i tłumaczy ideę skwantowania energii elektronu w atomie. Wprowadza pojęcie stanu podstawowego i wzbudzonego atomu. Wyjaśnia, że każdy układ dąży do stanu o minimalnej energii i dlatego stan wzbudzony atomu jest nietrwały. Uczniowie zgłaszają pomysły, w jakich procesach atom może zmniejszyć energię, dochodząc w rezultacie do wniosku, z pomocą nauczyciela, że odbywa się to przez emisję fotonu o energii równej różnicy między energiami stanu początkowego i końcowego. Nauczyciel podaje wzór na energie stanów wzbudzonych w atomie wodoru. Uczniowie w grupach obliczają energie fotonów emitowanych przy różnych przejściach od stanu o wyższej energii do stanu o energii niższej. Uczniowie oglądają animację i rozwiązują w grupach polecenie umieszczone poniżej animacji.

Faza podsumowująca:

Aby sprawdzić stopień przyswojenia materiału, uczniowie w grupach rozwiązują zadania 7 i 8 z zestawu ćwiczeń i następnie dyskutują wyniki na forum klasy. Nauczyciel na podstawie wypowiedzi uczniów określa, w jakim stopniu osiągnięte zostały wyznaczone cele.

Praca domowa:

W celu powtórzenia i utrwalenia wiadomości o stanach wzbudzonych atomów uczniowie rozwiązują zadania: 1- 3 obowiązkowo, do wyboru jedno z pozostałych zadań z zestawu ćwiczeń.

**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.