

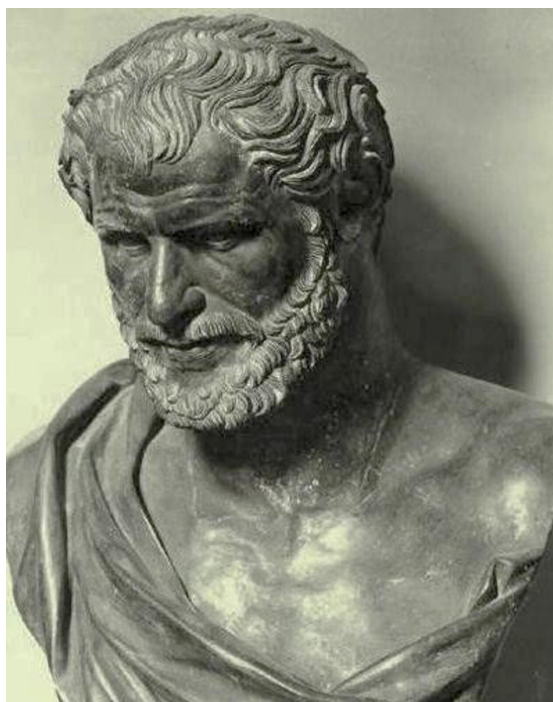
Na czym polega stan podstawowy atomu?

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

Na czym polega stan podstawowy 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 ?



Rys. a. Popiersie Demokryta.

Po raz pierwszy pojęcia atomu użył Demokryt, grecki filozof z IV wieku p.n.e., którego podobiznę widzisz na ilustracji (Rys. a.). Wyrażenie to pochodzi od greckiego słowa „átomos”, co znaczy „niepodzielny”. Demokryt uważał, że materia składa się z atomów – niepodzielnych cząstek. Dziś wiemy, że jego przeczucie było słuszne. Wszystko, co nas otacza, składa się z niepodzielnych cząstek elementarnych. Jednak samo pojęcie atomu zmieniło się. Wbrew swojej nazwie atom ma strukturę złożoną. Składa się z jądra o dodatnim ładunku elektrycznym i otaczających go ujemnie naładowanych elektronów.

Twoje cele

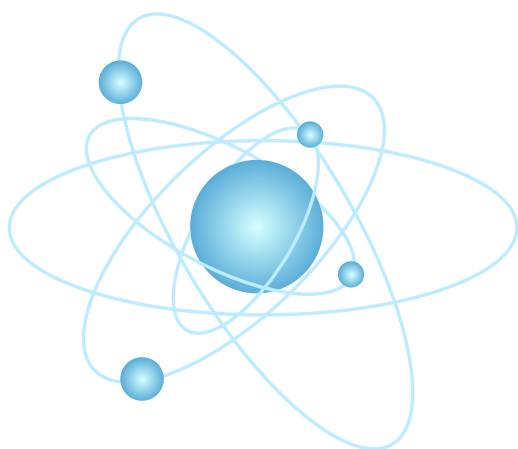
- poznasz budowę atomu,
- zrozumiesz, czym są poziomy energetyczne elektronu w atomie,
- dowiesz się, czym jest stan podstawowy atomu,
- przeanalizujesz zmiany energii elektronu w atomie wodoru.

Przeczytaj

Warto przeczytać

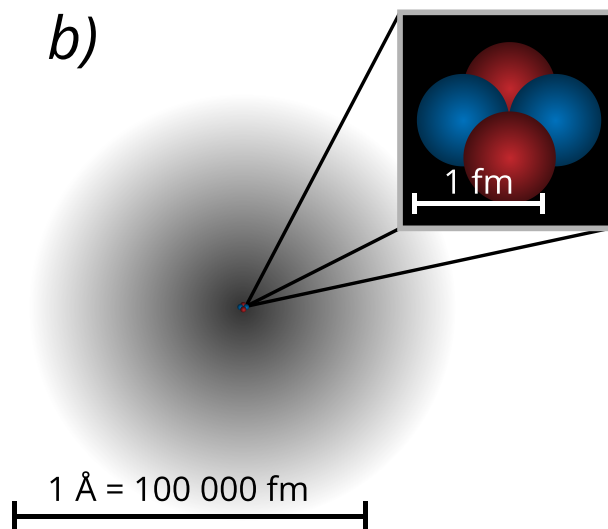
Atom to najmniejsza cząstka pierwiastka chemicznego. Składa się z protonów i neutronów tworzących jądro atomowe, które otaczają elektrony. Średnica jądra atomowego jest około 100 tysięcy razy mniejsza od średnicy atomu, ale prawie cała masa atomu skupiona jest w jądrze. Masa elektronu jest ponad 1840 razy mniejsza niż masa protonu lub neutronu. Atomu nie można opisać pojęciami fizyki klasycznej. Do opisu mikroświata stosuje się mechanikę kwantową, która traktuje poruszające się cząstki jako fale. Nieprawdziwy jest obrazek, jakim często ilustruje się atom, na którym wokół jądra krążą elektrony w postaci małych kulek, niczym planety wokół Słońca (Rys. 1. a). W rzeczywistości położenie elektronu w danej chwili jest nieokreślone, możemy tylko określić prawdopodobieństwo znalezienia się elektronu w danym miejscu. Dlatego lepszym przybliżeniem rzeczywistego obrazu atomu jest jądro otoczone chmurą elektronową (Rys. 1. b).

a)



Taki obraz atomu jest niezgodny z mechaniką kwantową

b)



Atom to jądro otoczone chmurą elektronową

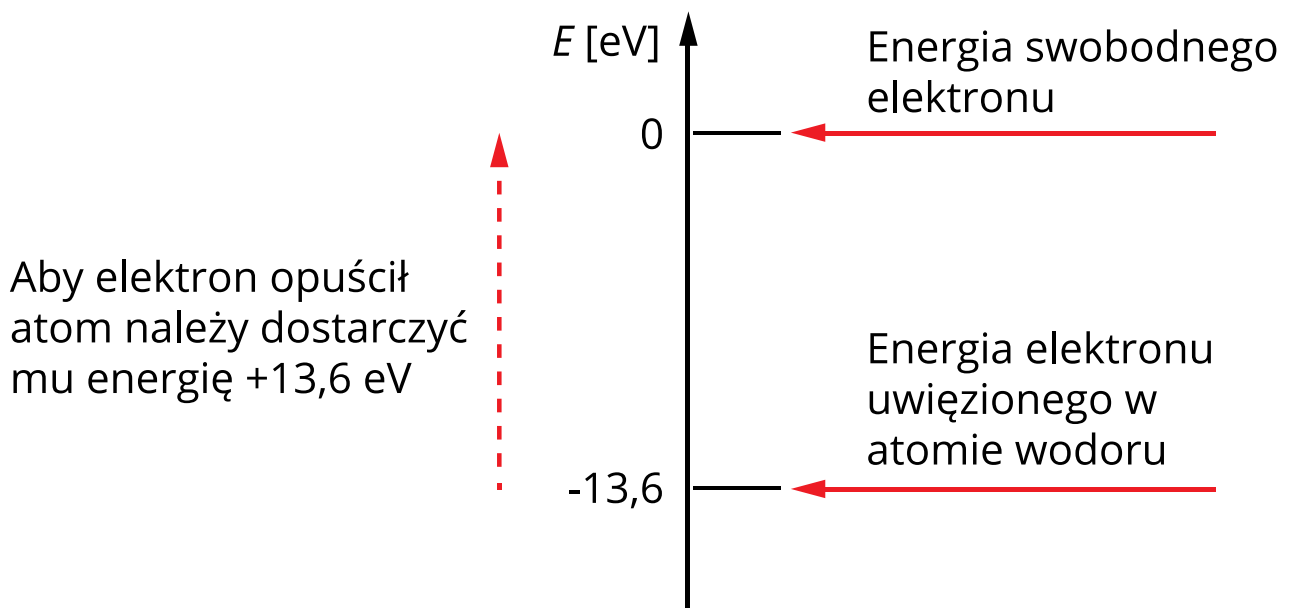
Rys. 1. a) Atomu nie można przedstawić na wzór modelu planetarnego. b) Atom helu, którego jądro składa się z dwóch protonów i dwóch neutronów. Zaczernione pole reprezentuje chmurę elektronową. Stopień zaciemnienia określa prawdopodobieństwo znalezienia się elektronu w danym miejscu.

Źródło: Mpfiz, dostępny w internecie: https://pl.wikipedia.org/wiki/Atom#/media/Plik:Helium_atom_QMuniv.svg [dostęp 10.02.2022 r.], licencja: CC BY-SA 3.0.

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. Gdy elektron znajdzie się z dala od jądra i nie porusza się, jego energia jest równa zero, bo nie ma energii kinetycznej ani potencjalnej, gdyż oddziaływanie sił elektrycznych jądra jest już tak małe, że można je pominąć. Oznacza to, że całkowita energia elektronu w atomie jest ujemna. Na przykład, energia elektronu w atomie wodoru wynosi $-13,6$ elektronowolta (Rys. 2.). *Elektronowolt (eV) jest jednostką energii używaną w fizyce mikroświata. 1 eV to energia, jaką uzyskuje elektron przyspieszany w polu elektrycznym o różnicy potencjałów równej 1 wolt ($1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$).*

Aby wyrwać elektron z atomu, trzeba dostarczyć mu energię równą co najmniej $+13,6 \text{ eV}$.



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. Na Rys. 2. widzimy, że energia elektronu w atomie wodoru wynosi $-13,6 \text{ eV}$. Jest to najmniejsza możliwa energia. Elektron w atomie wodoru może mieć też wyższe energie. Ale nie każda wartość energii jest dozwolona. Elektron może mieć tylko określone energie - mówimy, że **energia elektronu w atomie jest skwantowana**.

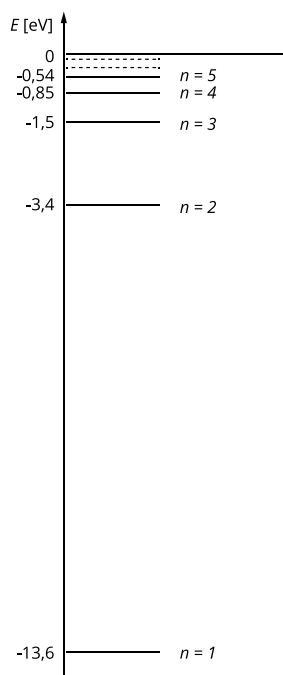
Dozwolone energie elektronu w atomie wodoru wyrażają się wzorem:

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

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

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.



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

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

Skwantowanie energii elektronu w atomie jest związane z jego falowym charakterem. Fala w zamkniętej przestrzeni jest zawsze falą stojącą. Na przykład fala stojąca w strunie gitary może mieć tylko ściśle określone długości fali, wyznaczone przez długość struny. Podobnie elektron w atomie musi mieć pewne określone długości fali materii, odpowiadające fali stojącej. Z długością fali elektronu związana jest jego energia, więc i energia musi przybierać tylko określone wartości.

Elektron może znaleźć się na wyższym poziomie energetycznym pochłaniając foton o odpowiedniej energii lub otrzymując tę energię ze zderzenia z innym atomem lub cząstką. Elektron przechodzi na wyższy poziom energetyczny skokowo, jego energia nie zmienia się w sposób ciągły. Aby lepiej zrozumieć, jak to się dzieje, możemy porównać przeskoki elektronu z jednego poziomu energetycznego na wyższy, do wchodzenia po drabinie (Rys. 4.). Energia potencjalna grawitacji człowieka wchodzącego po drabinie zmienia się skokowo, gdy człowiek osiąga kolejne szczeble. Nie może się on znajdować pomiędzy szczeblami – taki stan jest niestabilny (mówiąc wprost – spadnie z drabiny). Podobnie elektron w atomie może znajdować się tylko w określonych stanach energetycznych.



Rys. 4. Energia potencjalna człowieka wchodzącego po drabinie zmienia się skokowo.
Źródło: dostępny w internecie: https://unsplash.com/photos/NDz_JwHHvXA [dostęp 10.02.2022 r.].

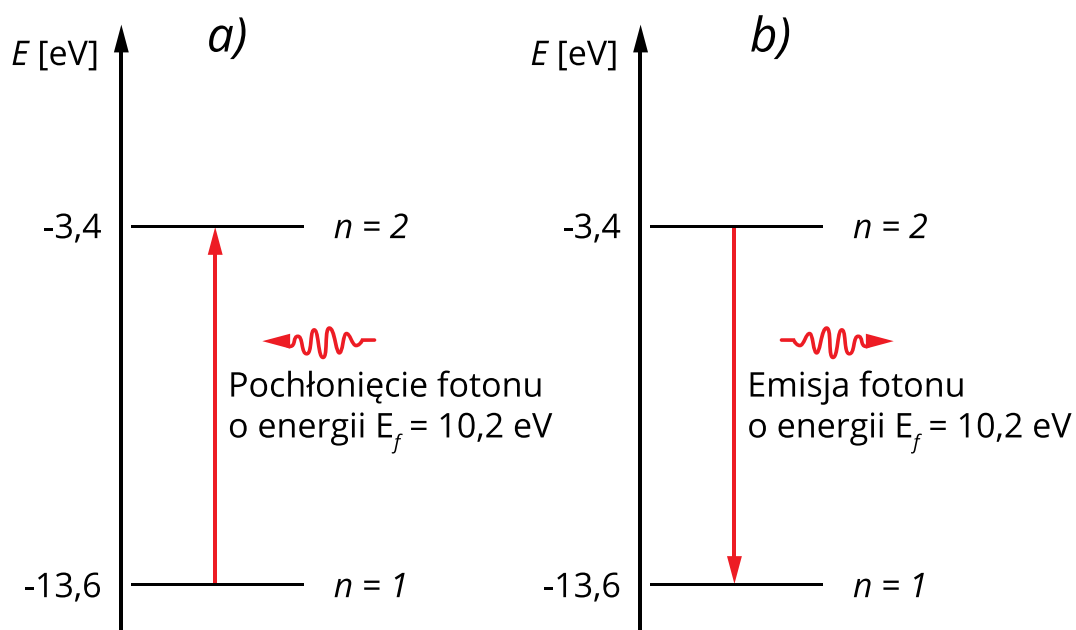
Stanem podstawowym atomu nazywamy taki stan, w którym elektrony w atomie mają możliwie najmniejszą energię.

Dla atomu wodoru oznacza to, że energia elektronu ma najmniejszą wartość $E_1 = -13,6 \text{ eV}$ i elektron znajduje się na pierwszym poziomie energetycznym. Gdy elektron przeskoczy na wyższy poziom energetyczny, atom znajduje się **w stanie wzbudzonym**.

Jaka jest energia fotonu, którego pochłonięcie spowoduje, że atom wodoru przejdzie od stanu podstawowego do pierwszego stanu wzbudzonego o energii $E_2 = -3,4 \text{ eV}$? Energia ta jest różnicą między energią stanu wzbudzonego i energią stanu podstawowego:

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

Gdy atom pochłonie foton o takiej energii, elektron przeskoczy na wyższy poziom energetyczny (Rys. 5. a). Jest to stan niestabilny, atom w krótkim czasie powraca do stanu podstawowego. Odbywa się to tak, że elektron przeskakuje z powrotem na niższy poziom energetyczny, emitując przy tym foton o identycznej energii, jak foton poprzednio pochłonięty (Rys. 5. b).



Rys. 5. a) Atom wodoru pochłania foton o energii równej różnicy między energią poziomu wzbudzonego i podstawowego, w wyniku czego elektron przeskakuje na wyższy poziom energetyczny. b) Atom powraca do stanu podstawowego – elektron przeskakuje z poziomu wzbudzonego na poziom podstawowy, emitując foton o energii 10,2 eV.

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

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

powłoka elektronowa

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

Animacja

Na czym polega stan podstawowy atomu?

Polecenie 1

Obejrzyj animację, która wyjaśnia czym jest stan podstawowy atomu. Zwróć uwagę, w jaki sposób obliczyć energię fotonu emitowanego przez atom podczas przejścia elektronu do niższego poziomu energetycznego.

Trwa wczytywanie danych ..

Film dostępny pod adresem <https://zpe.gov.pl/a/DdA4oej5k>

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

Opis animacji.

Na ciemnym polu pojawia się wiele trójwymiarowych szarych i półprzezroczystych sześcianów, w których widoczne są dwa kolejne nieco jaśniejsze, przy czym najbardziej środkowe są prawie białe. Zbiegają się one i po chwili tworzą jeden biały mały, jasny sześcian na czarnym tle, po prawej stronie ekranu w połowie jego wysokości. Obok, po prawej stronie, pojawia się biały napis na czym polega stan podstawowy atomu? Na czarnym ekranie po lewej stronie widoczna jest pionowa oś narysowana w postaci białej strzałki skierowanej ku górze. Oś podpisana jest jako energia wyrażona w elektronowoltach i oznaczona jako wielka litera E i w nawiasie kwadratowym mała litera e i wielka litera V . W górnej części osi tuż pod grotem strzałki widoczna jest pozioma, biała, ciągła linia zaczynająca się na osi i biegnąca w prawą stronę, która z lewej strony oznaczona jest jako zero. Nieco poniżej widoczne są dwie poziome, białe, przerywane linie, które zaczynają się na osi i również biegną w prawą stronę. Poniżej przerywanych linii widoczne są kolejne białe i ciągłe linie zaczynające się na osi i biegnące w prawą stronę. Linie rozmieszczone są w pionie proporcjonalnie do wartości na osi. Oznaczone są one z lewej strony wartościami na osi kolejno od góry: minus zero i pięćdziesiąt cztery setne, minus zero i osiemdziesiąt pięć setnych, minus jeden i pół, minus trzy i cztery dziesiąte, minus trzynaście i sześć dziesiątych. Z prawej strony białe ciągłe linie opisane są od tej, przy której widoczna jest cyfra minus zero i pięćdziesiąt cztery setne począwszy i w dół, jako mała litera n równa się pięć, mała litera n równa się cztery, mała litera n równa się trzy, mała litera n równa się dwa i najniższa jako mała litera n równa się jeden.




Oznaczenia małymi literami n oznaczają poziomy wzbudzenia atomu wodoru. Po prawej stronie ekranu widoczny jest biały napis atom wodoru w stanie podstawowym. Temu stanowi odpowiada atom, którego energia elektronu poruszającego się po orbicie jądra jest równa minus trzynaście i sześć dziesiątych elektronowolta. W pewnej chwili na ekranie z prawej strony osi, nieco poniżej połowy jego wysokości pojawia się pozioma, żółta, pofalowana linia z grotem skierowanym w lewą stronę ku osi. Symbolizuje ona foton padający na elektron krążący po orbicie wokół jądra atomu wodoru. Po prawej stronie falki pojawia się wzór opisujący energię padającego fotonu wielka litera E z indeksem dolnym mała litera f , jako różnicę pomiędzy energią stanu wzbudzonego mała litera n równą minus jeden i pół elektronowolta i energią stanu podstawowego mała litera n równe minus trzynaście i sześć dziesiątych elektronowolta. Energia fotonu padającego na elektron jest równa dwanaście i jedna dziesiąta elektronowolta. Jednocześnie na po prawej strony osi energii pojawia się niebieska, pionowa strzałka skierowana ku górze, która zaczyna się na białej linii opisanej jako stan podstawowy i kończąca na białej, poziomej linii odzwierciedlającej stan wzbudzenia atomu mała litera n równe trzy. Obrazuje to zmianę energii elektronu w atomie wodoru i wzbudzenie go z poziomu podstawowego do trzeciego poziomu stanu wzbudzenia. Po chwili niebieska strzałka znika wraz z falką obrazującą foton i wzorem opisującym jego energię. Zamiast tego na wysokości pomiędzy białymi liniami obrazującymi drugi i trzeci stan wzbudzenia pojawia się taka sama pofalowana linia, ale tym razem jej grot skierowany jest w prawą stronę i odzwierciedla foton wyemitowany przez atom. Foton emitowany jest przy przejściu elektronu ze stany oznaczonego jako wyższy do niższego. Po prawej stronie falki pojawia się wzór opisujący energię wyemitowanego fotonu jako różnicę energii pomiędzy poziomami wzbudzenia trzecim i drugim. Energi wyemitowanego fotonu wielka litera E z indeksem dolnym mała litera f jest równa minus jeden i pół elektronowolta odjąć minus trzy i cztery dziesiąte elektronowolta, co jest równe jeden i dziewięć dziesiątych elektronowolta. Obok osi energii, po prawej stronie od niej ponownie pojawia się niebieska, pionowa strzałka tym razem skierowana w dół. Początek strzałki znajduje się na białej linii opisanej, jako trzeci stan wzbudzenia i kończąca na białej, poziomej linii odzwierciedlającej stan wzbudzenia atomu mała litera n równe dwa. Obrazuje to utratę energii elektronu. Po chwili niebieska linia znika wraz z falką ilustrującą wyemitowany foton i wzorem opisującym jego energię. Pojawia się kolejna taka sama pofalowana linia, skierowana w prawo ale tym razem nieco niżej. Obok niej widoczny jest nowy wzór opisujący energię wyemitowaną przez atom przy przejściu elektronu ze stanu wzbudzenia mała litera n równe dwa do poziomu podstawowego mała litera n równe jeden. Energia tego fotonu wielka litera E z indeksem dolnym mała litera f jest równa, jest równa minus trzy i cztery dziesiąte elektronowolta odjąć minus trzynaście i sześć dziesiątych elektronowolta, co jest równe dziesięć i dwie dziesiąte elektronowolta. Obok osi energii, po prawej stronie od niej ponownie pojawia się niebieska, pionowa strzałka skierowana w dół. Początek strzałki znajduje się na białej linii opisanej, jako drugi poziom stanu wzbudzenia i kończąca na białej, poziomej linii odzwierciedlającej stan podstawowy atomu mała litera n równe jeden. Obrazuje to utratę energii elektronu, przy przejściu do podstawowego poziomu energetycznego. Pamiętajmy, że jedynie stan podstawowy atomu jest stanem stabilnym. W każdym innym stanie atom dąży do utraty

energii elektronu i powrotu do stanu podstawowego. Wynika to z zasady minimalizacji energii. Po chwili ekran staje się czarny. Pojawia się na nim centralnie umiejscowione zielone drzewo z widocznym jednym czerwonym jabłkiem wiszącym na jednej z gałęzi. Jabłko powoli zaczyna spadać zatrzymując się na kolejnych gałęziach. Obrazuje to stopniową utratę jego energii potencjalnej. Po chwili jabłko spada na ziemię pod drzewem i ma energię potencjalną najmniejszą z możliwych. Odzwierciedla to stan podstawowy elektronu na orbicie jądra atomowego. Na białym tle widoczny jest niebieski i umieszczony centralnie napis Fizyka dziewięćset pięćdziesiąt kapsułek. Poniżej widoczne są trzy loga. W lewym dolnym rogu ekranu logo wydziału fizyki politechniki warszawskiej zawierające czarny kontur falistego kształtu otoczony czarnym prostokątem oraz czarny napis Wydział Fizyki Politechnika Warszawska. Na środku ekranu na dole znajduje się logo zawierające niebieski trapez o pionowych podstawach na tle którego widać trzy gwiazdki: białą, żółtą i czerwoną. Obok znajduje się Czarny napis Fundusze Europejskie Wiedza Edukacja Rozwój. W prawym dolnym rogu znajduje się Czarny napis Unia Europejska po której prawej stronie widoczna jest flaga Unii Europejskiej.

Polecenie 2

Atom może też bezpośrednio przejść ze stanu wzbudzonego o głównej liczbie kwantowej $n = 3$ do stanu podstawowego. Oblicz energię fotonu emitowanego podczas takiego przejścia. Jaki jest związek tej energii z energiami fotonów emitowanych podczas przejść ze stanu $n = 3$ do stanu $n = 2$ i dalej do stanu podstawowego.

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Ćwiczenie 2



Ćwiczenie 3



Ćwiczenie 4

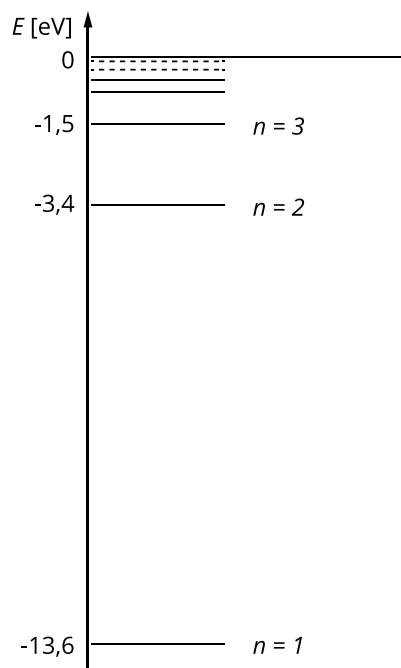


Ćwiczenie 5



Rysunek przedstawia poziomy energetyczne elektronu w atomie wodoru.

Uzupełnij zdania:



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

Ćwiczenie 6

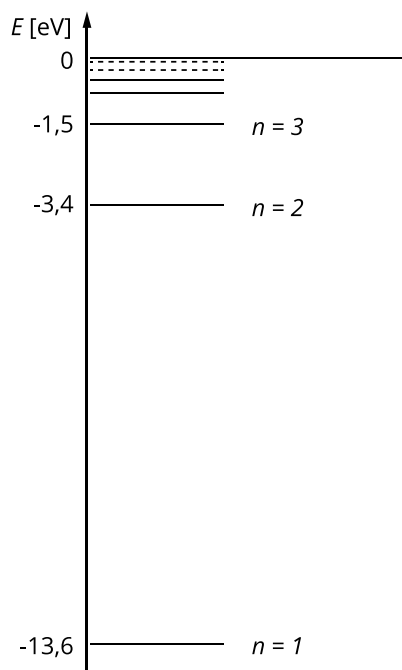
Ćwiczenie 7



Ćwiczenie 8



Elektron w atomie wodoru ma energię $-1,5$ eV. Rozpatrz wszystkie sposoby przejścia atomu do stanu podstawowego. Odpowiedz, jakie są energie fotonów, emitowanych w tych przejściach?



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

Dla nauczyciela

Imię i nazwisko autora:	Krystyna Wosińska
Przedmiot:	Fizyka
Temat zajęć:	Na czym polega stan podstawowy atomu?
Grupa docelowa:	III etap edukacyjny, liceum, technikum, zakres podstawowy i rozszerzony

**Podstawa
programowa:**

Cele kształcenia – wymagania ogólne:

- I. Wykorzystanie pojęć i wielkości fizycznych do opisu zjawisk oraz wskazywanie ich przykładów w otaczającej rzeczywistości.
- II. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem praw i zależności fizycznych.

Zakres podstawowy

Treści nauczania – wymagania szczegółowe

I. Wymagania przekrojowe. Uczeń:

- 4) przeprowadza obliczenia liczbowe posługując się kalkulatorem;
- 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;
- 15) wyodrębnia zjawisko z kontekstu, nazywa je oraz wskazuje czynniki istotne i nieistotne dla jego przebiegu.

X. Fizyka atomowa. Uczeń:

- 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.

Zakres rozszerzony

Treści nauczania – wymagania szczegółowe

I. Wymagania przekrojowe. Uczeń:

- 4) przeprowadza obliczenia liczbowe posługując się kalkulatorem;
- 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;
- 19) wyodrębnia zjawisko z kontekstu, nazywa je oraz wskazuje czynniki istotne i nieistotne dla jego przebiegu.

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:	<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. opíše budowę atomu, 2. wyjaśni, czym są poziomy energetyczne elektronu w atomie, 3. dowie się, czym jest stan podstawowy atomu, 4. przeanalizuje zmiany energii elektronu w atomie wodoru.
Strategie nauczania:	strategia eksperymentalno-obszewacyjna (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-materiały: „Na czym polega stan wzbudzony 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, jak zbudowany jest atom, podkreślając, że nie można traktować elektronów w atomie, jak kulek, a raczej są to chmury prawdopodobieństwa. Następnie zadaje uczniom problem do rozważenia: Jeśli energia swobodnego elektronu jest równa zero, to jaki znak ma energia elektronu związanego w atomie. Uczniowie powinni ustalić, że energia jest ujemna. Następnie nauczyciel tłumaczy ideę skwantowania energii elektronu w atomie i wyjaśnia, że stan podstawowy jest stanem o najniższej energii. Uczniowie oglądają animację i wykonują w grupach Polecenie powiązane z animacją.	
Faza podsumowująca:	

Aby sprawdzić stopień przyswojenia materiału, uczniowie w grupach rozwiązują zadania 6 i 7 z zestawu ćwiczeń i następnie dyskutują wyniki na forum klasy.

Praca domowa:

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

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

Animacja może też być wykorzystana przez uczniów po lekcji do powtórzenia i utrwalenia materiału.