

Atom w stanie wzbudzonym

Od absorpcji po emisję

Anita Pomian-Hojny

Chemik, korepetytorka, doktorantka Szkoły Doktorskiej Nauk Ścisłych I Przyrodniczych UJ

Streszczenie

Atom osiąga stan wzbudzony w wyniku pochłonięcia pewnej porcji energii. Jednakże stan wzbudzony nie jest zazwyczaj trwały, dlatego po pewnym czasie atom powraca do stanu podstawowego. Towarzyszy temu oddanie energii przez atom (emisja), która została wcześniej pochłonięta (absorpcja). Absorpcję i emisję energii w atomie można zarejestrować w formie widm zwanych widmami spektroskopowymi. W przypadku absorpcji widma nazywa się absorpcyjnymi widmami atomowymi, natomiast w przypadku emisji – emisyjnymi widmami atomowymi.

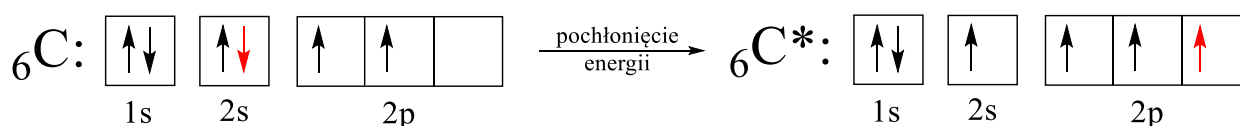
Słowa kluczowe: konfiguracja elektronowa, orbitale atomowe, stan wzbudzony atomu, diagram energetyczny, poziom energetyczny, absorpcja, emisja, fotony, widma atomowe

CO BĘDZIESZ WIEDZIEĆ PO PRZECZYTANIU

- Kiedy elektrony mogą ulegać wzbudzeniu w atomie?
- Czym są absorpcja i emisja?
- Jak wygląda na widmie przejście elektronu w atomie pomiędzy poziomami energetycznymi?

1. Wprowadzenie

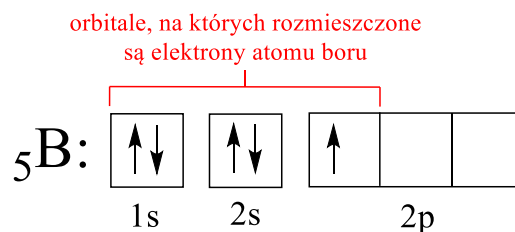
Na początku nauki chemii w liceum na profilu z rozszerzoną chemią omawiane są budowa atomu oraz konfiguracje elektronowe atomów w ich stanie podstawowym oraz wzbudzonym. **Stan wzbudzony atomu jest stanem o wyższej energii niż stan podstawowy.** Może on zostać osiągnięty po pochłonięciu odpowiedniej porcji energii przez atom. Na lekcjach w szkole omawiane są **trzy warunki**, które muszą zostać spełnione, **aby dany atom mógł osiągnąć stan wzbudzony**: wzbudzeniu musi ulec elektron sparowany (1), który przenosi się na pusty orbital (2) w obrębie tej samej powłoki elektronowej (3). Przykładowy schemat takiego wzbudzenia pokazano na schemacie 1. W tym artykule dowiesz się jednak, że w obrębie atomu są możliwe wzbudzenia bez konieczności spełnienia tych warunków, a co więcej, możliwe jest zaobserwowanie takich przejść!



Schemat 1. Schemat przejścia atomu węgla ze stanu podstawowego do stanu wzbudzonego w zapisie klatkowym (graficznym).

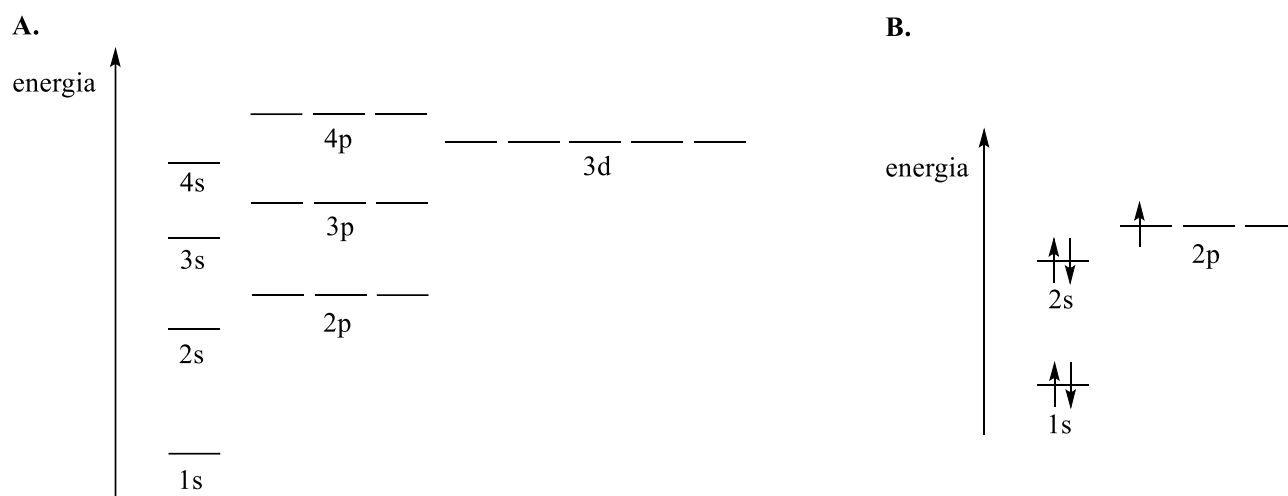
2. Orbitale atomowe

Orbitale atomowe, o których mówiliśmy w kursie przy Lekcji 1, **mają określoną energię**. Wykorzystywaliśmy je przede wszystkim podczas rozpisywania konfiguracji elektronowej atomów i jonów w zapisie graficznym (gdzie: **1 orbital = 1 klatka**), jednakże bez uwzględniania tej energii. W ramach przypomnienia na rysunku 1 przedstawiono zapis graficzny konfiguracji elektronowej atomu boru, którego elektrony rozmieszczone są na 3 orbitalach (w 3 klatkach).



Rysunek 1. Konfiguracja elektronowa atomu boru w zapisie graficznym (klatkowym).

Orbitale można przedstawić również w inny sposób – z uwzględnieniem ich energii. Służą do tego tzw. **diagramy energetyczne**. Na takim diagramie **orbital** narysowany jest **jako pozioma kreska „–”**. Na tych kreskach również jest możliwe umieszczenie elektronów danego atomu lub jonu. Poniżej pokazano uproszczony diagram energetyczny, na którym umieszczono orbitale podpowłok 1s, 2s, 2p, 3s, 3p, 3d, 4s oraz 4p (rysunek 2A) oraz diagram energetyczny, na którym rozmieszczono elektrony atomu boru (rysunek 2B).



Rysunek 2. A – diagram energetyczny orbitali atomowych podpowłok 1s, 2s, 2p, 3s, 3p, 3d, 4s oraz 4p, B – diagram energetyczny orbitali atomowych atomu boru z rozmieszczeniem elektronów.

Z diagramu na rysunku 2A można zaobserwować, że energia orbitali rośnie wraz z energią podpowłoki, zgodnie z ciągiem: 1s 2s 2p 3s 3p 4s 3d 4p, czyli dokładnie tak jak wypełniamy elektrony, pisząc pełną konfigurację elektronową atomu lub jonu. Ponadto, można zauważyć, że orbitale w obrębie tej samej podpowłoki mają taką samą energię.

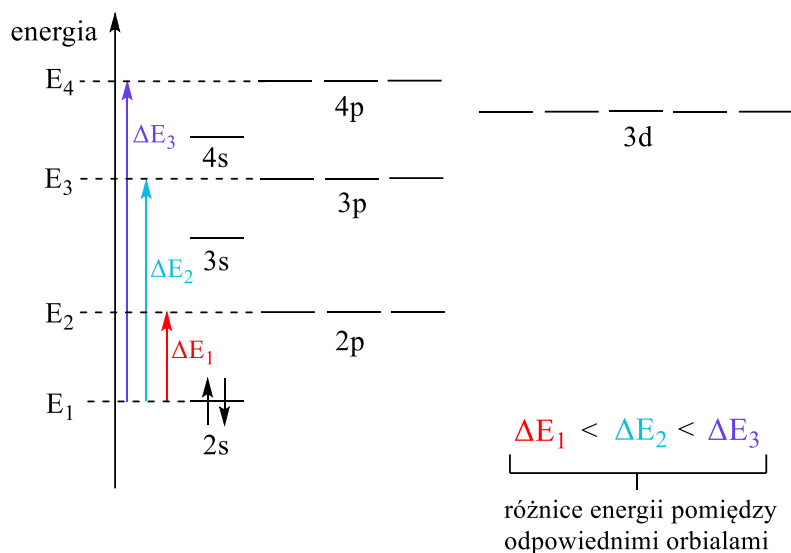
WAŻNE POJĘCIE

Jeżeli dwa elektrony znajdują się na dwóch orbitalach o różnych energiach, możemy dodatkowo o nich powiedzieć, że **znajdują się na dwóch różnych poziomach energetycznych**. (poziom energetyczny = energia danego orbitalu).

3. Absorpcja

Po co właściwie wprowadziłam te diagramy energetyczne? Czy wcześniejszy zapis graficzny nie był wystarczający? Odpowiedź nasuwa się sama: nie był. Aby wyjaśnić Ci, na czym polega wzbudzenie, musimy przyrzeć się bliżej porcji energii, którą pochłania dany atom, a bez pokazania tej energii na diagramie trudno byłoby to sobie wyobrazić.

Zacznijmy od tego, że pochłonięcie porcji energii przez atom nazywamy inaczej **zaabsorbowaniem** tej energii (**absorpcją**). Dodatkowo, energia ta musi mieć **odpowiednią wartość**, która musi odpowiadać **różnicy energii orbitali**, pomiędzy którymi to przejście elektronu ma zachodzić. Aby ułatwić Ci zrozumienie tego zdania, na rysunku 3 przedstawiono przejścia pomiędzy danymi orbitalami (poziomami energetycznymi).



Rysunek 3. Diagram energetyczny z zaznaczeniem różnic energii pomiędzy poszczególnymi poziomami energetycznymi (orbitalami).

Aby elektron został przeniesiony z orbitalu 2s na orbital 2p, energia, którą atom musi zaabsorbować, powinna być równa różnicy energii pomiędzy orbitalami 2s oraz 2p, czyli ΔE_1 . Jeżeli natomiast elektron miałby zostać przeniesiony na orbital 3p lub 4p, to pochłonięta energia musi być równa odpowiednio wartościom ΔE_2 oraz ΔE_3 .

Skąd zatem wziąć energię o tej określonej wartości? Pochłonięcie energii może zachodzić w wyniku m.in. działania na atom światłem o odpowiedniej energii (fotonami).

Czy zatem, gdy podziałamy na atom fotonem o energii, która odpowiada którejś różnicy ΔE , to elektron zawsze przejdzie na dany poziom energetyczny? To zależy. Rzeczywistość jest trochę bardziej skomplikowana. Przejście pomiędzy danymi poziomami energetycznymi zachodzi z pewnym **prawdopodobieństwem**, zatem dostarczenie odpowiedniej energii nie gwarantuje konkretnego przejścia. Niektóre przejścia nazywamy **dozwolonymi** (te zachodzące z dużym prawdopodobieństwem), a niektóre **wzbronionymi** (te zachodzące z niewielkim prawdopodobieństwem lub wcale). Ale to już jest nieco dłuższe i bardziej skomplikowane rozważanie, jak na ten artykuł.

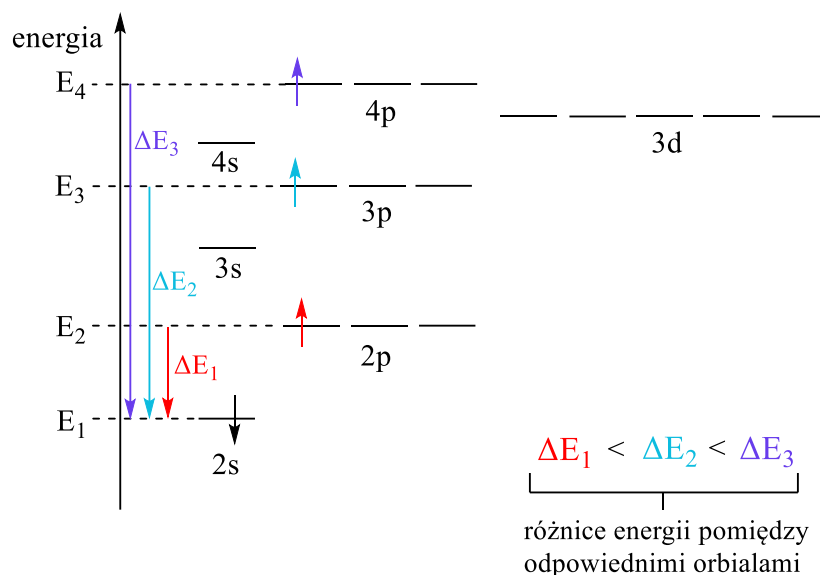
Natomiast już na tym etapie możemy stwierdzić, że licealne warunki nie są wystarczające, żeby przedstawić wszystkie możliwości, kiedy elektron ulega wzbudzeniu. Elektron może ulec wzbudzeniu nie tylko w obrębie tej samej powłoki elektronowej, ale także zostać przeniesiony na orbitale należące do innych powłok elektronowych – jeżeli tylko oczywiście atom pochłonie odpowiednią porcję energii, a w dodatku takie przejście będzie zachodzić z odpowiednim prawdopodobieństwem (będzie dozwolone).

WARTO ZAPAMIĘTAĆ

Jeżeli na atom podziałamy fotonami o odpowiedniej energii, to elektron może się przenieść z orbitalu o mniejszej energii na orbital o większej energii. Energia pochłoniętego (zaabsorbowanego) fotonu musi być równa różnicy energii orbitali pomiędzy którymi nastąpiło przejście.

4. Emisja

W kursie wspomnieliśmy również o tym, że stan wzbudzony w atomie nie jest dla niego idealnym stanem. W związku z tym wzbudzony atom pozbywa się nadmiaru energii, żeby wrócić do swojego stanu podstawowego. Ten proces nazywamy **emisją** energii. Jest to proces przeciwny do absorpcji (rysunek 4), podczas którego energia może zostać wyemitowana w **postaci światła** (fotonów o określonej energii ΔE).



Rysunek 4. Diagram energetyczny z zaznaczeniem emitowanej energii, w zależności od położenia wzbudzonego elektronu.

Podczas przejścia elektronu z orbitalu 2p z powrotem na orbital 2s, zostaje wyemitowana energia o wartości ΔE_1 . Jeżeli natomiast elektron miałby zostać przeniesiony z orbitalu 3p lub 4p z powrotem na orbital 2s, to wyemitowana energia musi być równa odpowiednio wartościom ΔE_2 oraz ΔE_3 .

5. Widma atomowe

Po poznaniu pojęć absorpcji i emisji, możemy przejść do ostatniej części tego artykułu – obserwacji przejść elektronów pomiędzy dwoma orbitalami. Absorpcję i emisję promieniowania przez atom można zarejestrować oraz przedstawić za pomocą obrazów, zwanych **widmami spektroskopowymi**. Dla atomów pierwiastków w stanie gazowym można zaobserwować tzw. **widma atomowe**. Każdy rodzaj atomu ma swoje charakterystyczne, niepowtarzalne widmo, dzięki któremu może zostać on zidentyfikowany. Widma atomowe mogą dotyczyć zarówno absorpcji, jak i emisji.

W momencie, gdy przez atomy jakiegoś pierwiastka, które znajdują się w fazie gazowej, przepuścimy światło białe (czyli różne rodzaje fotonów o różnych energiach), to część fotonów z tego światła zostanie zaabsorbowana przez atomy, które ulegną wzbudzeniu. Absorpcję można zarejestrować jako **atomowe widmo absorpcyjne**.

Światło, które zostało zaabsorbowane na takim widmie pokazuje się jako **ciemna linia**. Każda ciemna linia odpowiada **długości fali światła**, które uległo absorpcji, więc także i **odpowiedniemu kolorowi** (jeśli światło dotyczy zakresu widzialnego) oraz **energii fotonu**, który został pochłonięty. Na rysunkach 5A oraz 5B przedstawiono absorpcyjne widmo atomowe odpowiednio: sodu oraz azotu.

A.



B.



Rysunek 5. Absorpcyjne widma atomowe: A – sodu, B – azotu.^[3]

WAŻNE INFORMACJE

Światło to fotony, które mają określoną energię. Światło to również fala, która ma określoną długość. **Energia fotonu jest związana z długością fali światła, a w zakresie widzialnym z jego kolorem. Im krótsza jest długość fali światła, tym większa jest energia fotonu.**

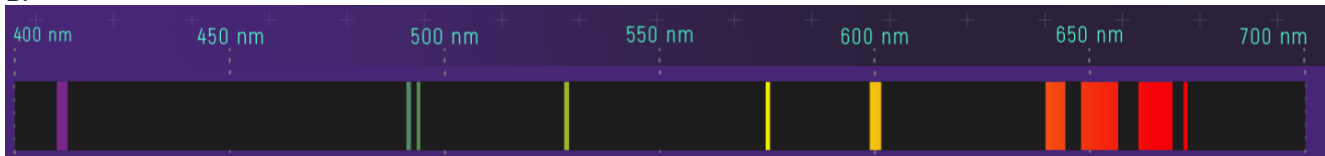
Podobnie jest z emisją. Stan wzbudzony atomu nie jest stanem trwałym. Atom może **emitować** zatem m.in. **fotony o tych samych energiach**, które wcześniej zostały przez niego zaabsorbowane. Oznacza to, że **atom jest źródłem światła** o konkretnej długości fali, a co za tym idzie, o konkretnym kolorze (jeżeli znajduje się ona w zakresie widzialnym).

Światło, które zostaje wyemitowane, można zaobserwować na innym widmie, zwanym **emisyjnym widmem atomowym**. Fotony o odpowiedniej energii na tym widmie są widoczne jako **linie o różnych kolorach**. Poniżej pokazano widma emisyjne sodu (rysunek 6A) oraz azotu (rysunek 6B).

A.



B.



Rysunek 6. Emisyjne widma atomowe: A – sodu, B – azotu.^[3]

WARTO ZAPAMIĘTAĆ

Absorpcja światła przez atom może zostać zaobserwowana jako **atomowe widmo absorpcyjne**, natomiast emisja jako **atomowe widmo emisyjne**. Linie dotyczące absorpcji oraz emisji na przedstawionych widmach (Rysunki 5 i 6) pojawiają się w tym samym miejscu – w przypadku absorpcji mają **ciemny (czarny)** kolor, a w przypadku emisji są **kolorowe**.

6. Podsumowanie

Wzbudzenie atomu jest możliwe nie tylko w sytuacjach omawianych na lekcjach chemii w liceum. Przeniesienie elektronu z jednego orbitalu na drugi jest możliwe w momencie, gdy atom zaabsorbuje odpowiednią porcję energii, np. z fotonu. Ta porcja musi odpowiadać różnicy energii orbitali, pomiędzy którymi następuje przeniesienie elektronu. Stan wzbudzony nie jest stanem trwałym, zatem atom po wzbudzeniu szybko pozbywa się energii i wraca do stanu podstawowego.

Zarówno pochłonięcie energii (absorpcję) przez atom, jak i jej oddanie (emisję) można zarejestrować jako obraz, zwany widmem spektroskopowym. Na widmie absorpcji pojawiają się ciemne linie, które pokazują, jakie światło zostało przez atom pochłonięte. Natomiast na widmie emisji każda kolorowa linia pokazuje, jakie światło zostało przez atom wyemitowane.

7. Literatura

- [1] Kąkol Z., Żukrowski J., Widma atomowe, e-Fizyka, Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie, <https://home.agh.edu.pl/~kakol/efizyka/w33/main33b.html>, dostęp: 02.08.2026.
- [2] National Aeronautics and Space Administration, Spectroscopy 101 – How Absorption and Emission Spectra Work, NASA Science, <https://science.nasa.gov/mission/webb/science-overview/science-explainers/spectroscopy-101-how-absorption-and-emission-spectra-work/>, dostęp: 02.08.2026.
- [3] National Aeronautics and Space Administration, Absorption and Emission Spectra of Various Elements, ilustracja: NASA, ESA, CSA, Leah Hustak (STScI), 2021, <https://science.nasa.gov/asset/webb/absorption-and-emission-spectra-of-various-elements/>, dostęp: 02.08.2026.