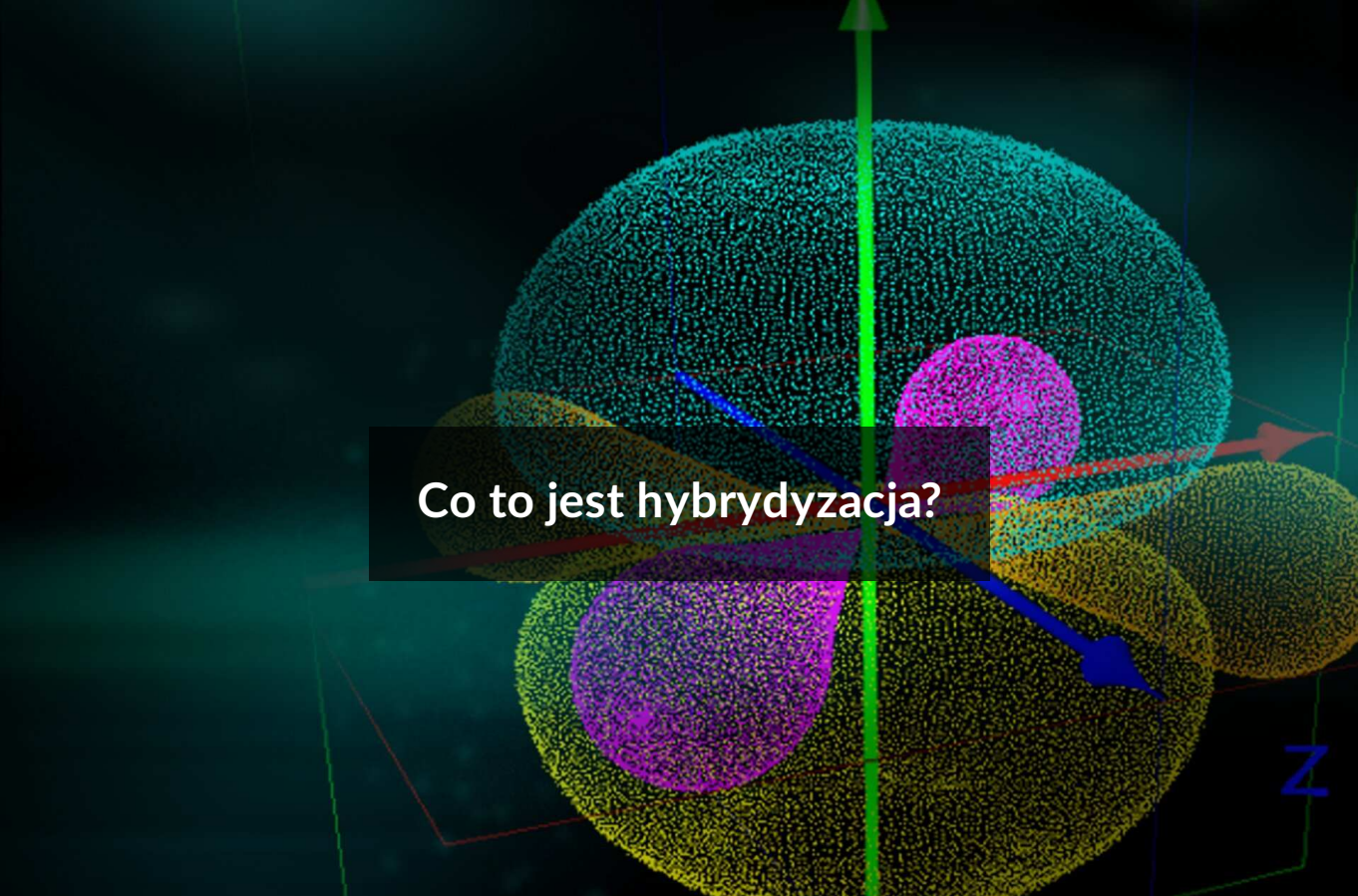


## Co to jest hybrydyzacja?

- Wprowadzenie
- Przeczytaj
- Film edukacyjny
- Sprawdź się
- Dla nauczyciela



## Co to jest hybrydyzacja?

Tworzenie wiązań kowalencyjnych jest niezwykle ciekawym zagadnieniem dla chemików.  
Źródło: dostępny w internecie: [www.pixabay.com](http://www.pixabay.com), domena publiczna.

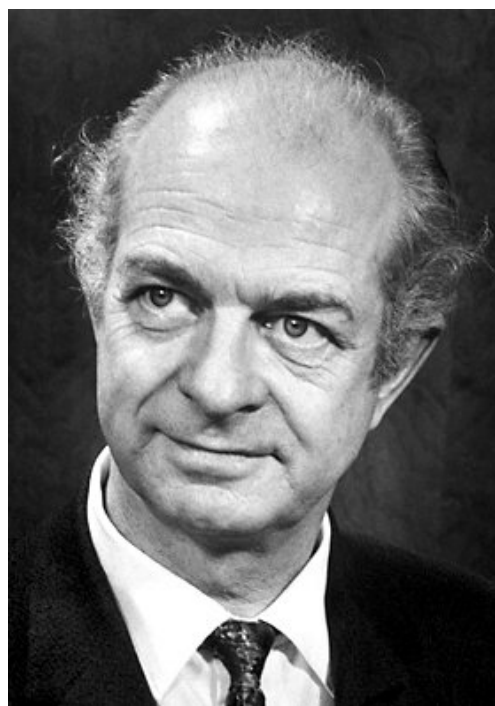
Podczas tworzenia wiązań atomy zbliżają się, przyciągają do siebie i stopniowo tracą niewielką część siebie na rzecz innych atomów. Można zatem powiedzieć, że atomy pierwiastków zachowują się w niezwykle dziwny, a zarazem zaskakujący sposób. Atomy oraz ich konfiguracje elektronowe są niezwykle ciekawym obiektem do badań i obserwacji. Co dzieje się z atomami podczas wiązania? Co dzieje się z orbitalami atomowymi? Odpowiedź leży w koncepcji hybrydyzacji.

### Twoje cele

- Zdefiniujesz pojęcie hybrydyzacji.
- Rozróżnisz modele orbitali.
- Sprawdzisz kształt orbitali przed hybrydyzacją i po niej.
- Zastanowisz się, jaka jest różnica między orbitalem atomowym a orbitalem zhybrydowanym.

# Przeczytaj

Koncepcja [hybrydyzacji](#) powstała w 1931 roku za sprawą naukowca Linusa Paulinga. W świetle teorii hybrydyzacji energia orbitali poszczególnych atomów ulega redystrybucji. Orbitale mieszają się i powstają z nich nowe – orbitale hybrydowane, które posiadają jednakowy kształt i energię. Suma energii powstałych orbitali zhybrydowanych jest równoważna z sumą energii orbitali pierwotnych. Biorą one udział w tworzeniu wiązań pomiędzy atomami. Aby zrozumieć dokładnie to zjawisko, należy przyjrzeć się bliżej rozkładowi elektronów w atomie.



Linus Pauling (1962 rok)

Źródło: dostępny w internecie: [pl.wikipedia.org](http://pl.wikipedia.org), domena publiczna.

## Konfiguracja elektronowa

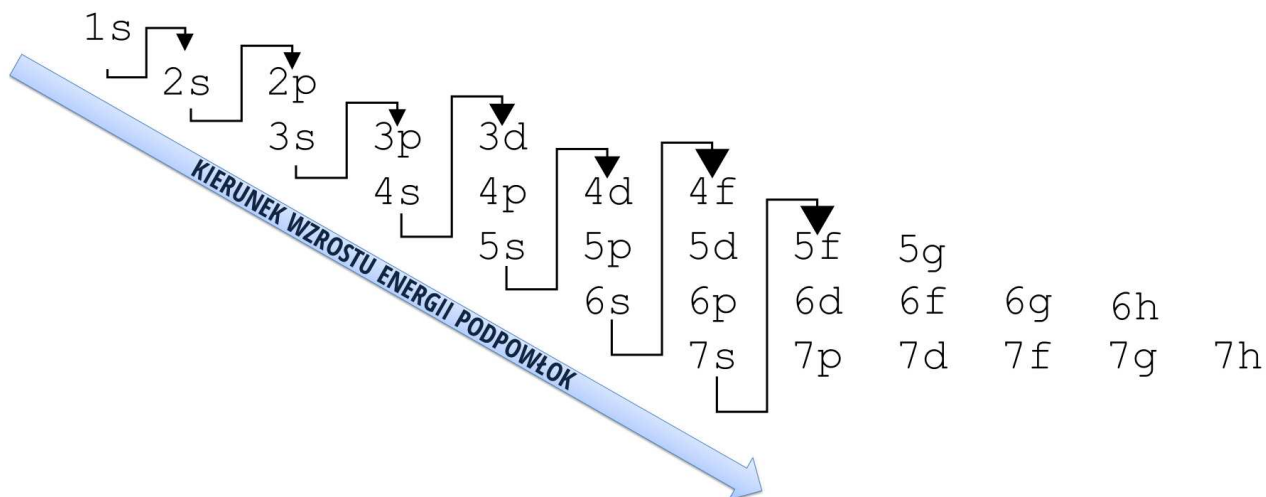
Każda powłoka, dla której **główna liczba kwantowa** ( $n$ ) wynosi kolejno od 1 do 7, mieści pewną ilość elektronów, co przedstawia tabela poniżej. Odzwierciedleniem ilości elektronów na poszczególnych powłokach elektronowych jest [konfiguracja elektronowa](#), która jest swego rodzaju mapą elektronów.

Numer powłoki ( $n$ )	1	2	3	4	5	6	7
Symbol powłoki elektronowej	K	L	M	N	O	P	Q
Maksymalna liczba elektronów na powłoce ( $2n^2$ )	2	8	18	32	50	72	98

Orbitale, a dokładnie **obszary orbitalne**, są modelem reprezentującym rozkład i zachowanie się elektronów w cząsteczkach. Można powiedzieć, że obszar, w którym prawdopodobieństwo napotkania elektronu jest największe, to orbital.

W rzeczywistości orbital jest funkcją falową, a jego przestrzeń ma rozmyte granice. Jak wynika z rysunku poniżej, energia orbitali rośnie wraz ze wzrostem numeru powłoki.

Największą energią charakteryzują się zatem elektrony obsadzające orbitale typu *f*. Powłoki elektronowe oraz kolejność ich zapełniania zobaczysz na rysunku poniżej.



Przybliżona kolejność wypełniania elektronami orbitali atomowych, zgodnie ze strzałkami od 1s do 7p.

Źródło: Sharayanan, Wikipedia, licencja: CC BY-SA 3.0.

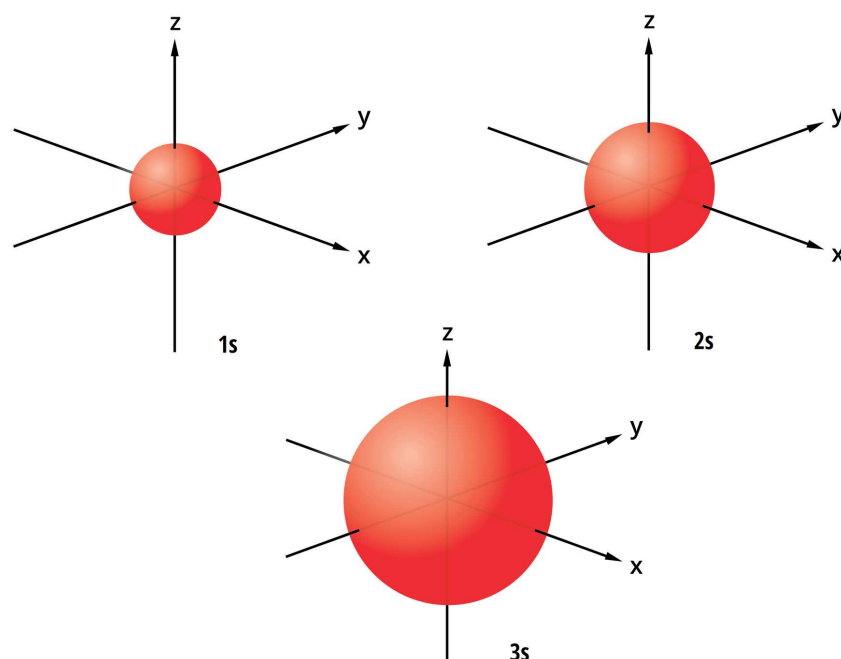
Zgodnie z **zakazem Pauliego** na pojedynczym orbitalu mogą się znajdować co najwyżej dwa elektrony o przeciwnych spinach (oznaczamy je strzałkami). Zapełnianie orbitali prowadzone jest zgodnie z ich wzrastającą energią. A więc na początku zapełniany jest sferyczny orbital 1s, potem 2s, a następnie trzy orbitale 2p, po jednym elektronie każdy. Dopiero kolejne trzy elektrony zapełniają pojedynczo obsadzone orbitale 2p. Na powłokach można wyróżnić orbitale *s*, *p*, *d* i *f*, z których jednak obsadzonych jest tylko tyle, na ile starczy elektronów.

Z punktu widzenia tworzenia wiązań najistotniejsze jest obsadzenie najbardziej zewnętrznej powłoki elektronowej, czyli **powłoki walencyjnej**. Elektrony położone na niej są najsłabiej związane z jądrem i najchętniej biorą udział w tworzeniu wiązań. Elektrony te znajdują się zatem na orbitalach zwanych orbitalami walencyjnymi.

Najważniejsze pierwiastki w chemii organicznej, takie jak wodór, węgiel, azot, tlen i fluorowce, mają w stanie podstawowym na powłoce walencyjnej elektrony ulokowane wyłącznie na orbitalach  $s$  i  $p$ , dlatego to właśnie te orbitale biorą udział w tworzeniu wiązań.

## Graficzna reprezentacja orbitali

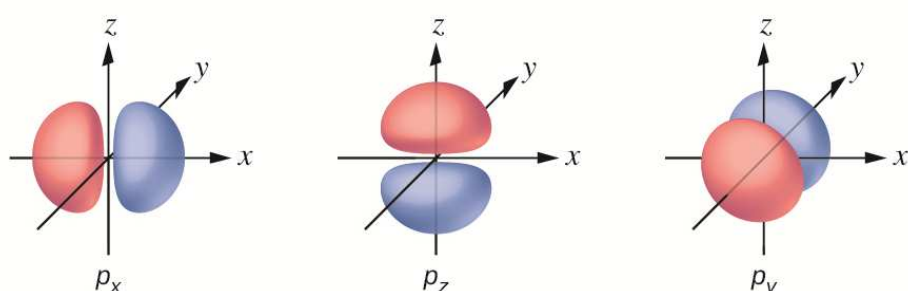
Aby zrozumieć, jak mieszają się orbitale i jakie przyjmują kształty, prześledźmy, jak wyglądają orbitale przed zmieszaniem. Jak pokazano poniżej, orbital typu  $s$  ma kształt **kuli**. Łatwo zapamiętać, że kształtem przypomina piłkę tenisową. Orbital  $1s$  ma bardzo małą gęstość elektronów w pobliżu centrum, ale narasta ona do maksimum (gdy oddalamy się od środka), a następnie zmniejsza się poza kontur – trochę jak wydrążona piłka tenisowa. Orbital  $2s$  jest większy od orbitalu  $1s$ , ale ma kulę gęstości elektronowej wewnątrz zewnętrznej sfery. Przypomina to jedną piłkę tenisową wewnątrz drugiej. Między dwiema kulami znajduje się powierzchnia, gdzie istnieje zerowe prawdopodobieństwo znalezienia elektronu. Nazywamy tę powierzchnię węzłem lub powierzchnią węzłową. Orbital  $3s$  jest jeszcze większy niż orbital  $1s$  oraz  $2s$  i ma trzy węzły.



## Orbitale typu s

Źródło: GroMar Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

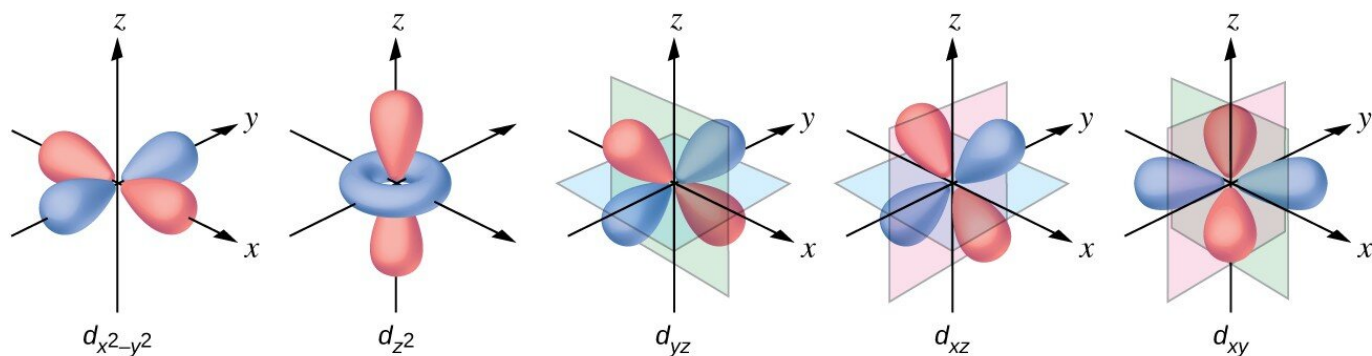
Orbitale typu p są podobne do „ósemek” albo **płatków stokrotki**. W przypadku orbitali typu p mówimy, że są zdegenerowane. Wynika to z faktu, że istnieją trzy możliwe orbitale  $p$ , położone względem siebie prostopadle, wzdłuż osi  $x$ ,  $y$  i  $z$  (odpowiednio  $p_x$ ,  $p_y$  i  $p_z$ ). Orbitale  $p$  znajdują się na poziomach energetycznych wyższych niż pierwszy, stąd na poziomie drugim otrzymujemy orbitale  $2p_x$ ,  $2p_y$  i  $2p_z$ , a następnie na poziomie trzecim  $3p_x$ ,  $3p_y$ ,  $3p_z$  itd.



## Orbitale typu p

Źródło: Openstax, licencja: CC BY-SA 4.0.

Oprócz orbitali  $s$  i  $p$  istnieją również inne zestawy orbitali, które są charakterystyczne dla elektronów znajdujących się na wyższych poziomach energii. Na trzecim poziomie znajduje się zestaw pięciu orbitali  $d$  (o skomplikowanych kształtach i nazwach) oraz orbitale  $3s$  i  $3p$  ( $3p_x$ ,  $3p_y$ ,  $3p_z$ ). Na trzecim poziomie jest w sumie dziewięć orbitali. Z kolei orbital typu  $d$  kształtem przypomina **czterolistną koniczynę**. Orbitale typu  $d$  przedstawiono poniżej.



## Orbitale typu d

## Hybrydyzacja

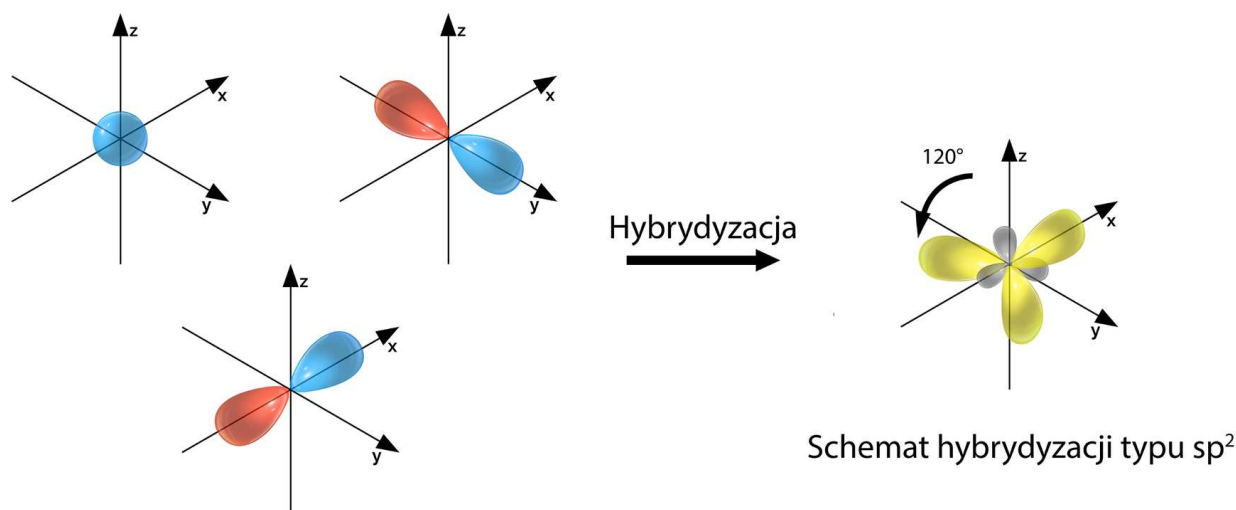
### Dlaczego hybrydyzacja jest taka ważna?

W tworzeniu wiązań biorą udział elektrony walencyjne. Skoro zatem elektrony te znajdują się na orbitalach, możemy powiedzieć, że to orbitale atomów łączą się tworząc wiązania. W rzeczywistości orbitale zachodzą na siebie. Z fizycznego punktu widzenia, hybrydyzacja polega na matematycznym mieszaniu funkcji falowych. Nowo powstałe funkcje opisują zupełnie inne orbitale atomowe, które nazywamy [orbitalami zhybrydyzowanymi](#). Hybrydyzację możemy utożsamić z mieszaniem dwóch roztworów. Jeśli mieszamy dwa roztwory o różnych barwach i stężeniach, po zmieszaniu otrzymujemy zupełnie nowy roztwór. Podobnie jest z orbitalami, po ich zmieszaniu rozkład gęstości elektronowej jest bowiem inny niż w orbitalach bazowych. Zatem przez hybrydyzację możemy rozumieć połączenie dwóch lub więcej orbitali różnego typu.

Nowo powstałe orbitale, **orbitale zhybrydyzowane**, biorą udział w tworzeniu wiązań.

### Przykład 1.

Gdy mieszaniu (hybrydyzacji) ulega 1 orbital  $s$  i 2 orbitale  $p$ , to powstają 3 orbitale zhybrydyzowane  $sp^2$ . Jak wynika z rysunku poniżej, suma orbitali powstałych w wyniku hybrydyzacji oraz ewentualnie pozostałych niezhybrydyzowanych orbitali nie zmienia się. Elektrony obsadzające orbitale zhybrydyzowane mają identyczną energię (mówimy, że są zdegenerowane). Orbitale te mają też identyczny kształt.



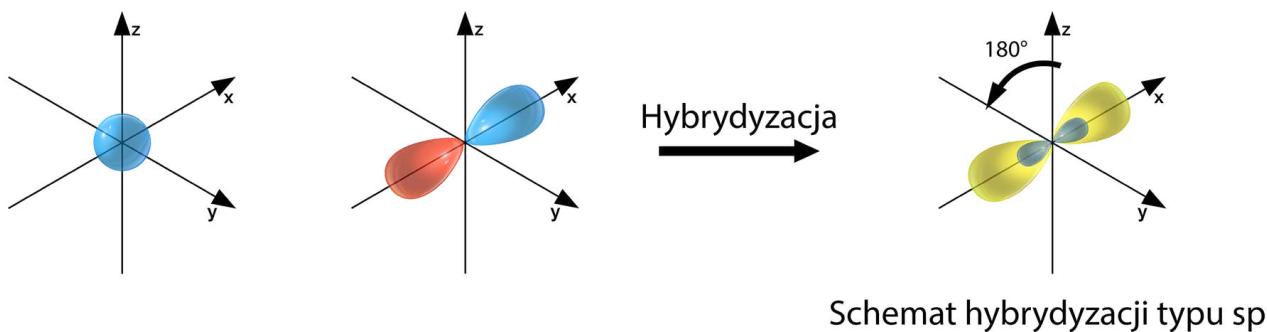
Schemat hybrydyzacji typu  $sp^2$

Źródło: GroMar Sp. z o. o., licencja: CC BY-SA 3.0.

## Typy hybrydyzacji

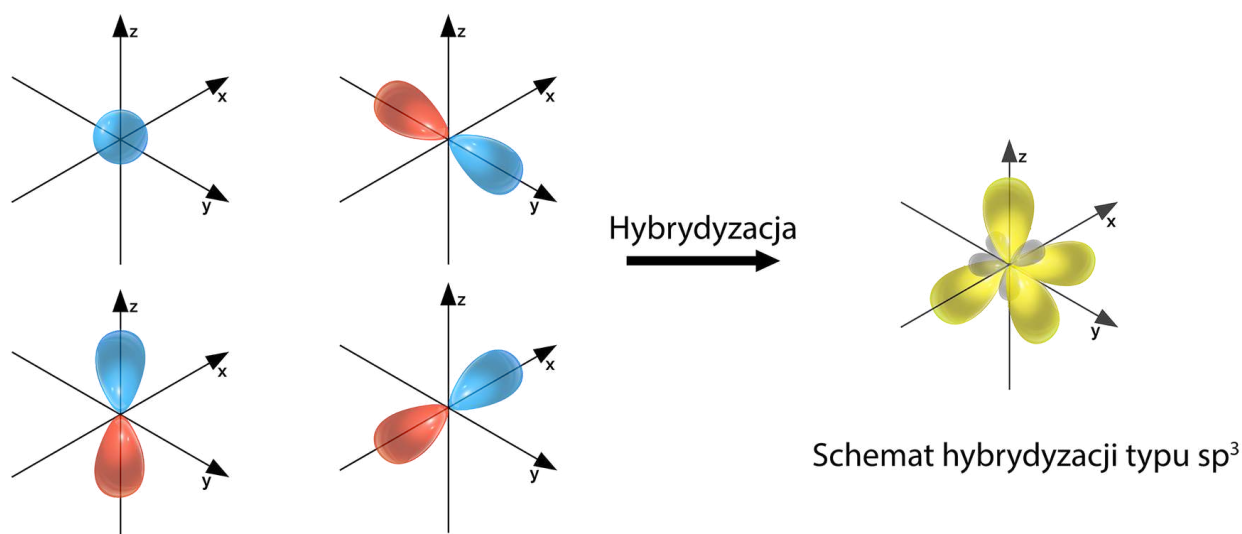
W zależności od liczby i typu orbitali, które uczestniczą w hybrydyzacji, można wyróżnić różne jej typy i odpowiadające im przestrzenne rozmieszczenie orbitali zhybrydowanych. Jak zatem określić typ hybrydyzacji? Odpowiedź jest prosta – należy policzyć, ile orbitali bierze udział w hybrydyzacji, a ich liczba wskaże typ hybrydyzacji. Poniżej znajdziesz tabelę pomocniczą oraz graficzne odzwierciedlenie utworzonych orbitali zhybrydowanych.

Typ hybrydyzacji	$sp$	$sp^2$	$sp^3$
Orbitale biorące udział w hybrydyzacji	$s, p_x$	$s, p_x, p_y$	$s, p_x, p_y, p_z$
Liczba orbitali	2	3	4



### Schemat hybrydyzacji typu $sp$

Źródło: GroMar Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.



### Schemat hybrydyzacji typu $sp^3$

Źródło: GroMar Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

## Słownik

### hybrydyzacja

(łac. *hibrida* „mieszaniec”) zabieg matematyczny z udziałem odpowiednich orbitali walencyjnych atomu centralnego cząsteczki umożliwiający interpretację kształtu cząsteczki; efektem hybrydyzacji jest utworzenie zestawu orbitali zhybrydowanych

### orbitale zhybrydowane

równocenne pod względem kształtu i energii orbitale atomowe będące wynikiem mieszania się orbitali atomowych o różnych kształtach i energii

### **elektronowa powłoka atomu**

elektrony atomu, które, w stanie podstawowym i przy założeniu występowania tylko centralnego pola jądra atomu, wykazują taką samą energię oznaczoną główną liczbą kwantową

### **konfiguracja elektronowa**

rozkład gęstości prawdopodobieństwa położenia elektronów w atomie w funkcji odległości od jądra

### **degeneracja poziomów energetycznych**

sytuacja, kiedy jednej wartości energii układu odpowiada wiele stanów kwantowych układu

## **Bibliografia**

Basiński A., Bielański A., Gumiński K. i inni, *Chemia fizyczna*, Warszawa 1966, s. 86-110.

Jones L., Atkins P., *Chemical Principles: The Quest for Insight*, 5th Edition, New York 2009.

Pfennig B. W., *Principles of Inorganic Chemistry*, New Jersey 2015.

Słownik Języka Polskiego PWN

Usnalski W., *Chemia w szkole średniej*, Warszawa 1998.

# Film edukacyjny

---

## Polecenie 1

Zapoznaj się z filmem, a następnie odpowiedz na pytania poniżej.

Trwa wczytywanie danych ..



Co to jest hybrydyzacja?

Film dostępny pod adresem </preview/resource/R1SIOxxxFfBU5>

Film pod tytułem „*Co to jest hybrydyzacja?*”

Źródło: GroMar Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Nagranie filmowe przedstawia zagadnienie hybrydyzacji.

---

### Ćwiczenie 1

Napisz, co można powiedzieć o orbitalach zhybrydowanych, powstałych w wyniku zmieszania jednego orbitalu typu  $s$  i trzech orbitali typu  $p$ ?



### Ćwiczenie 2

Podaj, jaki kształt przyjmuje cząsteczka, w której kąty między osiami orbitali są równe  $109^\circ 28'$ ? Jakiego typu hybrydyzacji ulegają w tym przypadku orbitale?

### Ćwiczenie 3

W atomie boru  ${}_5\text{B}$ , który w stanie podstawowym posiada tylko 1 niesparowany elektron, można zaobserwować promocję elektronu. Przedstaw za pomocą schematu klatkowego konfigurację elektronową atomu  ${}_5\text{B}$  w stanie podstawowym i wzbudzonym. Następnie określ, ile orbitali i jakiego typu bierze udział w hybrydyzacji oraz wskaż typ hybrydyzacji. Określ budowę cząsteczki  $\text{BF}_3$ .

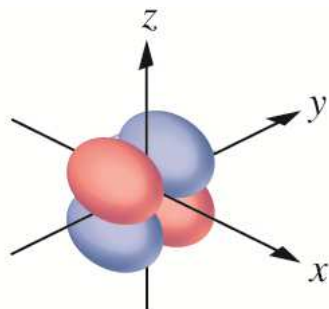
# Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

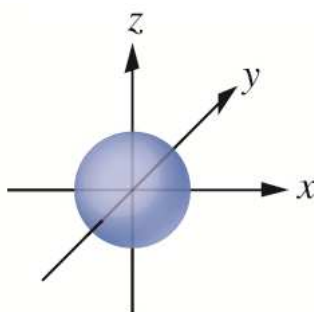
## Ćwiczenie 1



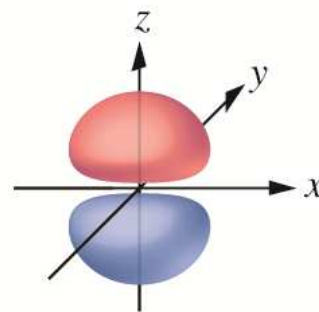
Podpisz modele orbitali.



orbital  $d_{yz}$



orbital  $s$



orbital  $p_z$

Źródło: GroMar Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

## Ćwiczenie 2



Odpowiedz na pytanie. Jaka jest maksymalna liczba elektronów możliwa na poziomie energetycznym  $n = 3$ ?

2

18

10

32

### Ćwiczenie 3



Uszereguj podane orbitale zgodnie z rosnącą energią.

2s



4p



1s



3s



2p



### Ćwiczenie 4



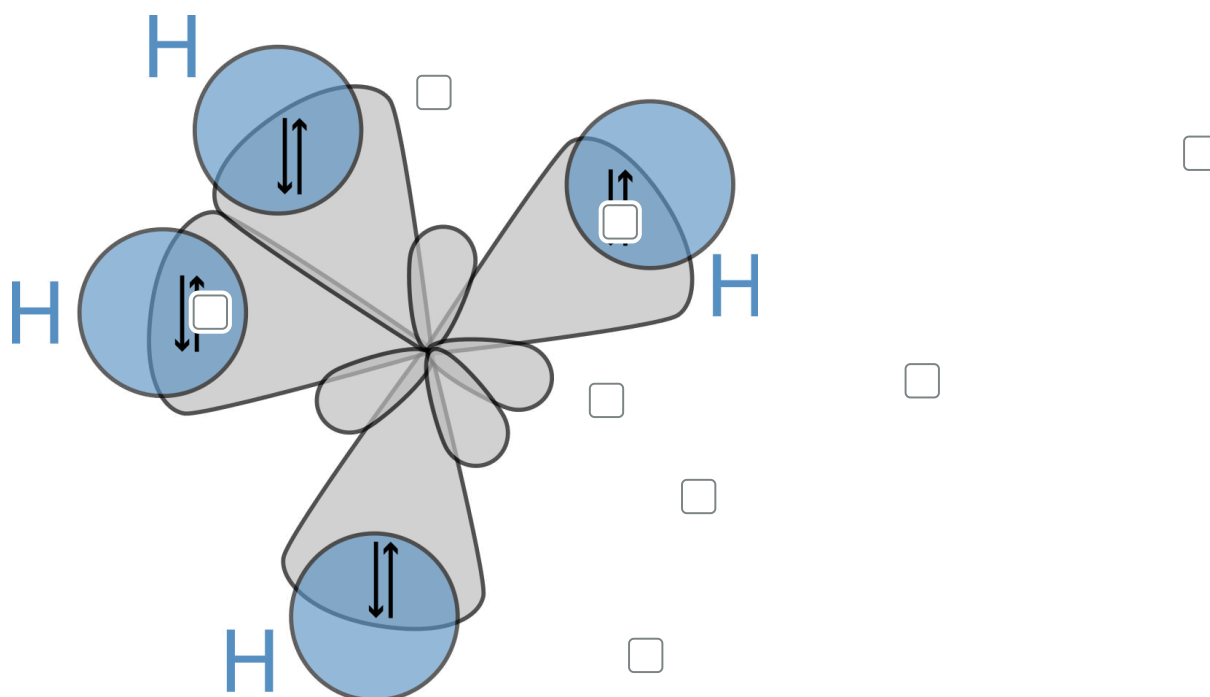
Określ prawdziwość zdań.

	Prawda	Fałsz
Hybrydyzacja pomaga wyjaśnić powstawanie wiązania kowalencyjnego.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Orbitale o równej energii wytwarzanej przez połączenie dwóch lub więcej orbitali w tym samym atomie są nazywane orbitalami typu $n$ .	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Maksymalna liczba elektronów na orbitalu $s$ wynosi 4.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Najniższą energię ma podpowłoka typu $1s$ .	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

### Ćwiczenie 5



Na rysunku przedstawiono model cząsteczki metanu  $\text{CH}_4$ . Zaznacz na rysunku orbitale typu s.



Źródło: dostępny w internecie: [www.pl.wikipedia.org](http://www.pl.wikipedia.org), domena publiczna.

### Ćwiczenie 6



Zaznacz prawidłowe odpowiedzi. Orbitale zhybrydyzowane różnią się od orbitali atomowych

energią.

orientacją w przestrzeni.

kształtem.

liczebnością.

## Ćwiczenie 7



Które z wymienionych orbitali zhybrydowanych pozwalają wyjaśnić budowę metanu?  
Wybierz poprawną odpowiedź.

Orbitale  $df^3$ .

Orbitale  $sp$ .

Orbitale  $pd^3$ .

Orbitale  $sp^3$ .

## Ćwiczenie 8



Hybrydyzacji uległy orbitale: 1 orbital  $s$  oraz 2 orbitale typu  $p$ . Podaj, ilu i jakiego typu orbitali zhybrydowanych się spodziewasz?

Jednego orbitalu typu  $sp$ .

Jednego orbitalu typu  $sp^3$ .

Trzech orbitali typu  $sp^2$ .

Dwóch orbitali typu  $sp$ .

## Ćwiczenie 9



Dopasuj pojęcia do ich definicji.

Atom -

funkcja określająca stan elektronu w atomie lub cząsteczce.

Hybrydyzacja -

najmniejsza cząstka pierwiastka chemicznego zachowująca jego właściwości chemiczne.

Powłoka elektronowa -

zbiór elektronów atomowych o tej samej głównej liczbie kwantowej.

Orbital -

zabieg matematyczny umożliwiający przewidzenie kształtu danej cząsteczki poprzez mieszanie się orbitali atomowych atomów.

# Dla nauczyciela

---

## Scenariusz zajęć

**Autor:** Krzysztof Błaszczak

**Przedmiot:** chemia

**Temat:** Co to jest hybrydyzacja?

**Grupa docelowa:** III etap edukacyjny, liceum, technikum, zakres rozszerzony

## Podstawa programowa

Zakres rozszerzony:

III. Wiązania chemiczne. Oddziaływania międzycząsteczkowe. Uczeń:

4) rozpoznaje typ hybrydyzacji ( $sp$ ,  $sp^2$ ,  $sp^3$ ) orbitali walencyjnych atomu centralnego w cząsteczkach związków nieorganicznych i organicznych; przewiduje budowę przestrzenną drobin metodą VSEPR; określa kształt drobin (struktura diagonalna, trygonalna, tetraedryczna, piramidalna, Vkształtna).

## Kształtowane kompetencje kluczowe:

- 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:

- wyjaśnia znaczenie liczb kwantowych oraz konfiguracji elektronowej;
- definiuje pojęcia: orbital atomowy, hybrydyzacja, orbital zhybrydowany;
- wyjaśnia istotę hybrydyzacji;
- rysuje kształty orbitali przed hybrydyzacją i po hybrydyzacji;
- rozróżnia modele orbitali.

## Strategie nauczania:

- asocjacyjna.

## **Metody i techniki nauczania:**

- metoda JIGSAW;
- ćwiczenia przedmiotowe;
- praca z podręcznikiem;
- technika świateł drogowych do samooceny ucznia;
- zdania podsumowujące.

## **Formy pracy:**

- praca zbiorowa;
- praca w grupach;
- praca indywidualna.

## **Środki dydaktyczne:**

- komputery z głośnikami i dostępem do internetu, słuchawki;
- zasoby multimedialne zawarte w emateriale;
- tablica interaktywna/tablica, pisak/kreda;
- metodnik lub kartki zielone, żółte i czerwone;
- podręcznik.

## **Materiały pomocnicze:**

- arkusze;
- papieru;
- mazaki.

## **Przebieg zajęć:**

### **Faza wstępna**

1. Zaciekawienie i dyskusja. Nauczyciel wykorzystuje pytania zawarte we wprowadzeniu do e-materiału, np.: Co dzieje się z atomami podczas wiązania? Co dzieje się z orbitalami atomowymi?
2. Ustalenie celów lekcji. Nauczyciel podaje temat zajęć i wspólnie z uczniami ustala cele, które uczniowie zapisują w portfolio. Wspólne omówienie znaczenia słowa hybryda/hybrydowy/hybrydyzacja. W razie potrzeby można skorzystać ze słownika wyrazów obcych.
3. Rozpoznawanie wiedzy wyjściowej uczniów. Burza mózgów wokół pojęcia hybrydyzacji.

### **Faza realizacyjna**

1. Praca metodą JIGSAW. Nauczyciel dzieli klasę na cztery grupy liczące tyle samo uczniów. Są to grupy eksperckie. Każdy uczestnik powinien zostać ekspertem, który

w istotny sposób przyczyni się do sukcesu całej grupy. Każdy uczeń występuje w roli uczącego się i nauczającego.

2. Każdej grupie nauczyciel rozdaje arkusz papieru i mazaki, przydziela inne zagadnienie do opracowania w nawiązaniu do bloku tekstowego z podręcznika (z przeznaczeniem czasowym ok. 10 min):

- I grupa – konfiguracja elektronowa;
- II grupa – graficzna reprezentacja orbitali;
- III grupa – hybrydyzacja;
- V grupa – typy hybrydyzacji.

Korzystając z informacji zawartych w e-podręczniku i podręczniku książkowym, jak „Podstawy chemii nieorganicznej” Adama Bielańskiego, każda grupa zapoznaje się z materiałem w ramach swojego tematu. Opracowuje go, wszyscy uczniowie w grupie dyskutują, tłumaczą sobie nawzajem niezrozumiałe kwestie oraz się wspólnie uczą. Nauczyciel sprawdza, uzupełnia, ewentualnie wyjaśnia trudniejsze zagadnienia.

3. Na umówiony znak uczniowie tworzą nowe grupy tak, aby w każdej nowej grupie znaleźli się eksperci z wszystkich pozostałych grup.
4. Eksperti kolejno relacjonują to, czego nauczyli się w swoich pierwotnych grupach, czyli ekspert I grupy uczy pozostałych tego, czego się nauczył sam przed chwilą, po czym do głosu przechodzi ekspert grupy II, ekspert grupy III i ekspert IV grupy. Uczący uczniowie przekazują wiedzę pozostałym, aż do wyczerpania materiału. Każda z grup w ten sposób zapoznaje się z całym materiałem przewidzianym do realizacji na danej jednostce lekcyjnej (czas ok. 10 min).
5. Eksperti wracają do swoich pierwotnych grup, konfrontują zdobytą wiedzę, uzupełniają, sprawdzają, czy wszyscy mają zbieżne informacje w omawianych kwestiach (czas ok. 7 min).
6. Nauczyciel na podsumowanie wyświetla na tablicy multimedialnej film z medium bazowego „Co to jest hybrydyzacja?”, po czym uczniowie samodzielnie sprawdzają zdobytą wiedzę, wykonując ćwiczenia załączone do medium.
7. Uczniowie samodzielnie wykonują ćwiczenia multimedialne w zestawie ćwiczeń.

### **Faza podsumowująca**

1. Nauczyciel sprawdza wiedzę uczniów, wykorzystując pytania z e-materiału, np. polecenia do multimedium. Pyta:

- Czym się różnią orbitale zhybrydyzowane od orbitali atomowych?
- Jeżeli hybrydyzacji uległy orbitale typu 2s i 2p, to ilu i jakiego typu zhybrydyzowanych orbitali powstanie?
- Jak definiujemy pojęcie hybrydyzacji?

2. Jako podsumowanie lekcji nauczyciel może wykorzystać zdania do uzupełnienia, które uczniowie również zamieszczają w swoim portfolio:

- Przypomniałem sobie, że...
- Co było dla mnie łatwe...
- Czego się nauczyłam/łem...
- Co sprawiało mi trudność...

**Praca domowa:**

Określ typ hybrydyzacji atomów Be i Si w cząsteczkach:  $\text{BeH}_2$  i  $\text{SiH}_4$ .

**Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania multimediu:**

Film „*Co to jest hybrydyzacja?*” może być wykorzystany przez uczniów podczas przygotowywania się do zajęć oraz przy lekcjach następnych na temat powstawania orbitali typu  $sp$ ,  $sp^2$ ,  $sp^3$ .

**Materiały pomocnicze:**

Polecenia podsumowujące (nauczyciel przed lekcją zapisuje je na niewielkich kartkach):

- Czym się różnią orbitale zhybrydyzowane od orbitali atomowych?
- Jeżeli hybrydyzacji uległy orbitale typu  $2s$  i  $2p$ , to ilu i jakiego typu zhybrydyzowanych orbitali powstanie?
- Jak definiujemy pojęcie hybrydyzacji?