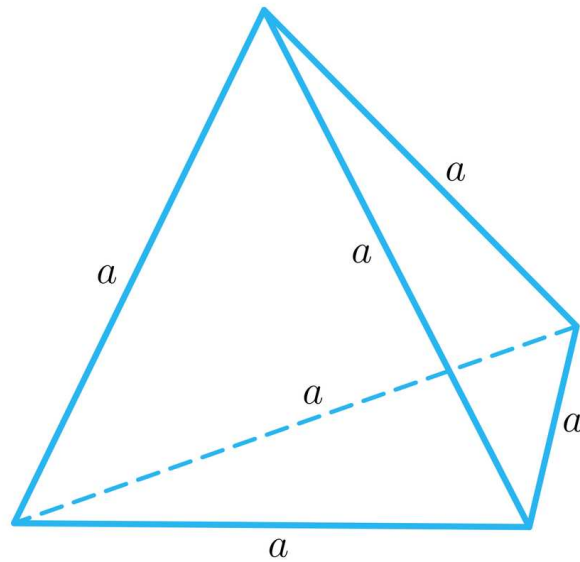
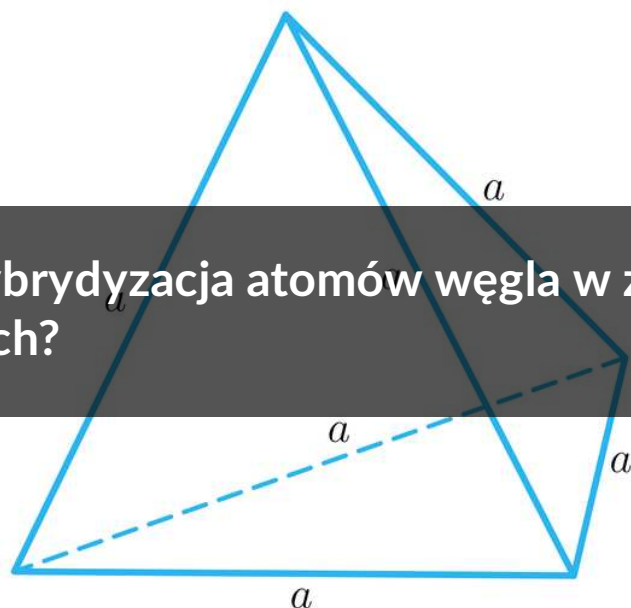




Jaka jest hybrydyzacja atomów węgla w związkach organicznych?

- [Wprowadzenie](#)
- [Przeczytaj](#)
- [Gra edukacyjna](#)
- [Sprawdź się](#)
- [Dla nauczyciela](#)

Jaka jest hybrydyzacja atomów węgla w związkach organicznych?



Szkielet czworościanu foremnego

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

Cząsteczką, której atomy węgla są ułożone w narożach czworościanu foremnego, jest hipotetyczny związek organiczny o nazwie **tetraedran**. W tym wypadku wszystkim atomom węgla przypisuje się hybrydyzację orbitali walencyjnych typu sp^3 . Co to w praktyce oznacza? Czy jest to związane z krotnością wiązań, jakie tworzy atom węgla? Czy wiesz, w jaki sposób określić hybrydyzację orbitali walencyjnych atomów węgla w cząsteczce związku organicznego?

Twoje cele

- Opiszysz typy hybrydyzacji orbitali walencyjnych atomów węgla.
- Rozpoznaś typ hybrydyzacji (sp , sp^2 , sp^3) orbitali walencyjnych atomu centralnego w cząsteczkach związków organicznych.
- Wykorzystasz znajomość liczby przestrzennej do oceny hybrydyzacji orbitali walencyjnych atomów węgla w cząsteczkach organicznych.

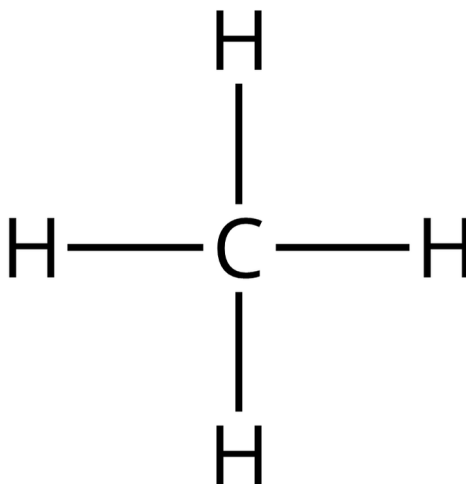
Hybrydyzacja orbitali walencyjnych atomu węgla w alkanach

Tetraedryczny atom węgla stanowi istotę chemii organicznej. Dlaczego? Jeżeli przyjrzyś się większości związków organicznych, okaże się, że przeważająca ich część zawiera przynajmniej jeden atom węgla, któremu można przypisać [hybrydyzację](#) orbitali walencyjnych typu sp^3 .

Przykład 1

Hybrydyzacja orbitali walencyjnych atomu węgla w cząsteczce CH_4 .

Przyjrzyj się teraz dokładniej wiązaniom w cząsteczkach organicznych, zaczynając od najprostszej cząsteczki wśród alkanów – metanu o wzorze CH_4 . Spójrz na wzór strukturalny metanu i przypomnij sobie konfigurację elektronową atomu węgla.



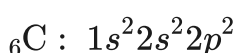
Wzór strukturalny metanu

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

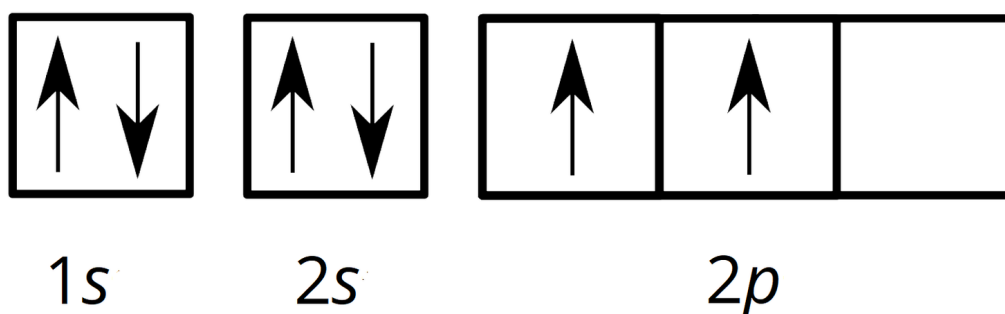
Zastanów się – ile niesparowanych elektronów musi posiadać atom węgla, aby utworzyć cztery wiązania kowalencyjne z atomami wodoru?

Krok 1. Stan podstawowy

W stanie podstawowym atom węgla (${}_6\text{C}$) posiada [konfigurację elektronową](#):



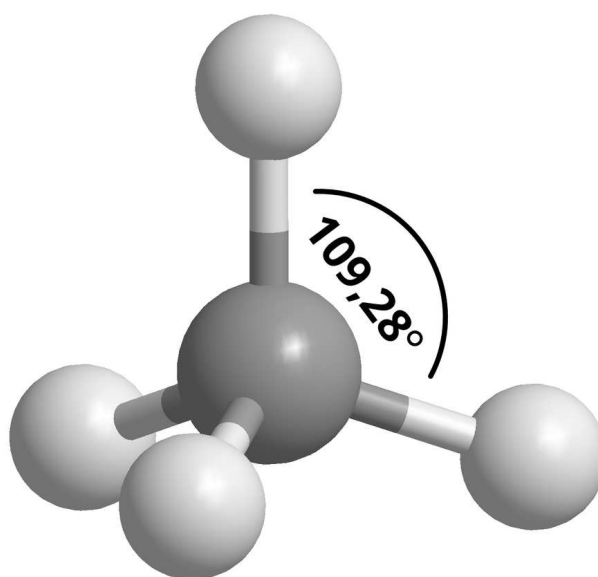
${}^6\text{C}$ stan podstawowy:



Klatkowy zapis konfiguracji stanu podstawowego atomu węgla

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

Aby atom węgla mógł utworzyć cztery wiązania przez uwspólnianie elektronów, powinien posiadać cztery niesparowane elektrony na powłoce walencyjnej. Musi więc ulec wzbudzeniu. W cząsteczce metanu wszystkie wiązania są jednakowej długości, a utworzone kąty pomiędzy nimi są takie same i wynoszą $109,28^\circ$.



Model cząsteczki metanu

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

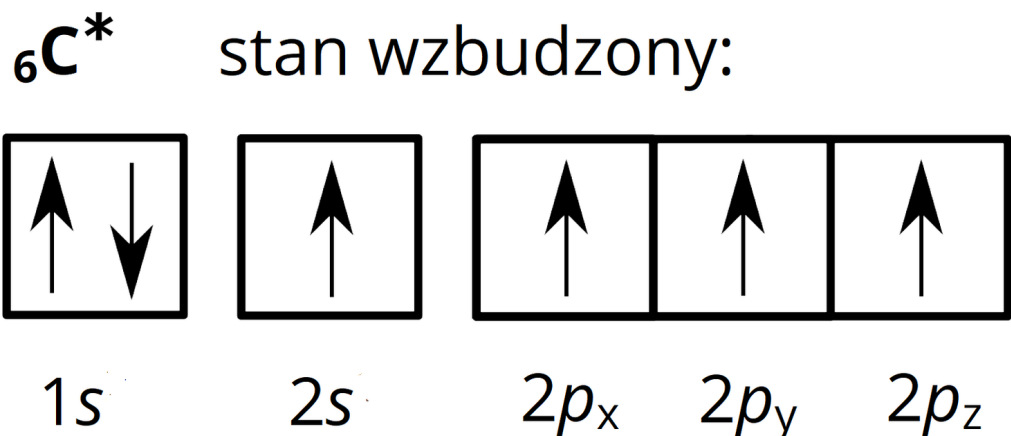
Hipotetycznie, gdyby w tworzeniu wiązań C – H brały udział orbitale niezhybrydowane, to przede wszystkim powstałyby trzy wiązania o jednej długości i mocy – utworzone przez nałożenie orbitalu p atomu węgla i orbitalu s atomu wodoru – oraz jedno wiązanie o innej długości (zapewne krótsze) i mocy – powstałe przez nałożenie orbitalu s atomu węgla i orbitalu s atomu wodoru. Poza tym trzy wiązania tworzone przez orbitale p powinny wówczas ułożyć się do siebie pod kątem 90° , bo tak są usytuowane w przestrzeni orbitale niezhybrydowane typu p .

Wiele obserwacji naukowych wskazuje jednak, że wiązania w cząsteczce metanu mają taką samą długość i moc, a powstałe pomiędzy nimi kąty również są wszędzie takie same. Oznacza to więc, że przytoczona teoria jest błędna. W celu wyjaśnienia, dlaczego te kąty i wiązania są inne, niż wynikałoby z orbitali atomowych, zaproponowano i przyjęto **teorię hybrydyzacji**. Według niej, dzięki utworzeniu czterech orbitali walencyjnych typu sp^3 , powstaje możliwość utworzenia czterech jednakowych wiązań i ich rozłożenia równomiernie w cząsteczce. Niemniej nie ma dowodów na to, że teoria hybrydyzacji jest prawdziwa. Mało tego – przy większych atomach zwykle się nie sprawdza.

Krok 2. Stan wzbudzony

Aby w cząsteczce metanu (CH_4) atom węgla utworzył wiązania kowalencyjne z atomami wodoru, musi posiadać cztery orbitale zhybrydizowane.

W związku z tym musi nastąpić wzbudzenie elektronu z niższego poziomu energetycznego na wyższy.

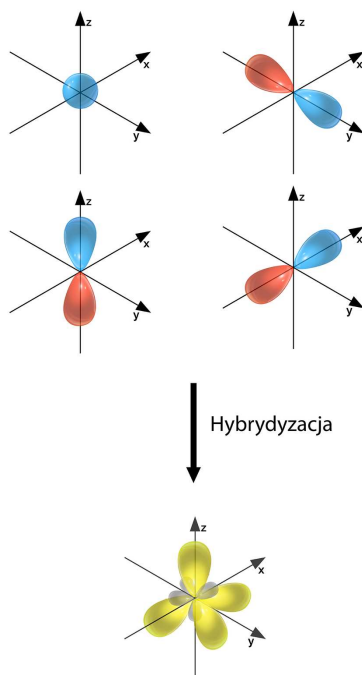


Klatkowy zapis konfiguracji stanu wzbudzonego atomu węgla

Źródło: dostępny w internecie: [wikimedia.org](https://www.wikimedia.org/), licencja: CC BY-SA 3.0.

Krok 3. Hybrydyzacja

W kolejnym kroku hybrydyzacji ulegają 1 orbital $2s$, 3 orbitale $2p$. Orbital $1s$ pomijamy, bo elektrony rdzenia nie biorą udziału w tworzeniu wiązań. Efektem hybrydyzacji jest utworzenie czterech równocennych orbitali zhybrydizowanych typu sp^3 , które z orbitalami s atomów wodoru tworzą cztery wiązania.



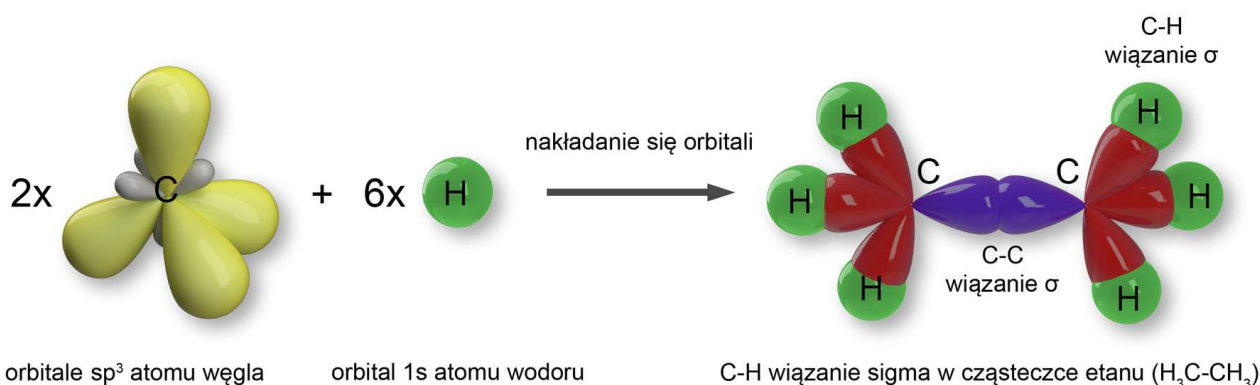
Schemat hybrydyzacji typu sp^3

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

A co z innymi alkanami?

Biorąc pod uwagę fakt, że w cząsteczkach alkanów występują wyłącznie wiązania pojedyncze (pomiędzy atomami węgla oraz atomami węgla a atomami wodoru), można wnioskować, że atomom węgla w alkanach przypisuje się hybrydyzację orbitali walencyjnych typu sp^3 .

Dla przykładu, w cząsteczce etanu obydwu atomom węgla można przypisać hybrydyzację orbitali atomowych typu sp^3 , co oznacza, że oba mają cztery wiązania umieszczone zgodnie z geometrią tetraedryczną. Wiązanie węgiel-węgiel, jest utworzone przez zachodzenie na siebie jednego orbitalu typu sp^3 z każdego z atomów węgla.



Nakładanie się orbitali sp^3 w cząsteczce etanu

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

Ważne!

Jeżeli w cząsteczce związku chemicznego atom węgla tworzy z innymi atomami wyłącznie wiązania pojedyncze, to hybrydyzacja jego orbitali walencyjnych jest typu sp^3 . Można to potwierdzić, obliczając liczbę przestrzenną (Lp), która stanowi sumę wolnych par elektronowych atomu centralnego oraz par elektronowych sigma (σ):

$$Lp = m + n$$

gdzie:

- n – liczba wolnych par elektronowych na atomie centralnym;
- m – liczba wiążących par przy atomie centralnym, czyli liczba podstawników otaczających atom centralny; wiązanie wielokrotne traktujemy jako wiązanie pojedyncze.

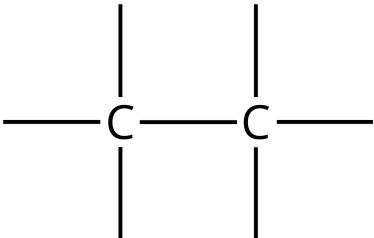
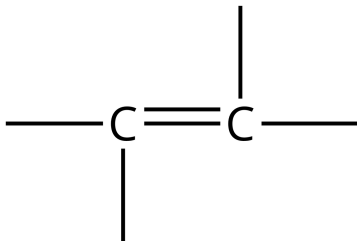
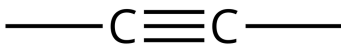
Lp dla cząsteczki metanu wynosi 4. Co istotne, wszystkie atomy węgla o hybrydyzacji orbitali walencyjnych sp^3 posiadają liczbę przestrzenną 4.

Określanie hybrydyzacji atomów węgla

Aby podczas określania hybrydyzacji orbitali walencyjnych atomów węgla za każdym razem nie rozpatrywać tworzenia **orbitali zhybrydyzowanych** z orbitali atomowych, warto wziąć pod uwagę wartość liczby przestrzennej Lp .

Hybrydyzację można zatem określić, biorąc pod uwagę typ wiązań, które otaczają atom węgla, lub obliczając jego liczbę przestrzenną.

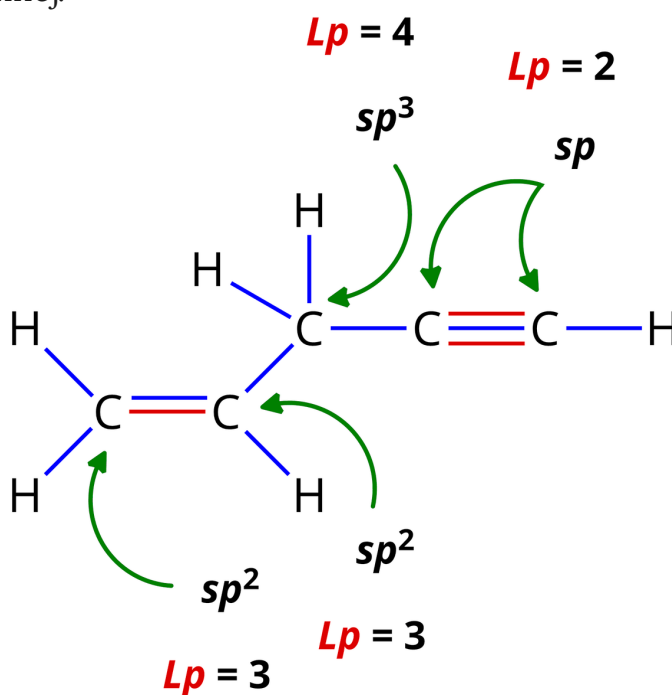
W tabeli poniżej podano zestawienie wyżej wymienionych parametrów.

Szkielet łańcucha węglowego	Typ hybrydyzacji	Nazwa hybrydyzacji	Liczba przestrzenna Lp
 Źródło: GroMar Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0. wiązanie pojedyncze	sp^3	hybrydyzacja tetragonalna	4
 Źródło: GroMar Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0. wiązanie podwójne	sp^2	hybrydyzacja trygonalna	3
 Źródło: GroMar Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0. wiązanie potrójne	sp	hybrydyzacja dygonalna	2

Szkielet łańcucha węglowego	Typ hybrydyzacji	Nazwa hybrydyzacji	Liczba przestrzenna Lp
Źródło: GroMar Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0. wiązanie podwójne skumulowane	sp	hybrydyzacja dygonalna	2

Przykład 2

Określanie hybrydyzacji orbitali walencyjnych atomów węgla w cząsteczce, która zawiera wiązania pojedyncze i wielokrotne na podstawie krotności wiązań typu węgiel-węgiel oraz liczby przestrzennej.



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

- Hybrydyzacja sp^2 ponieważ $Lp = 3$ – oba atomy węgla posiadają trzy wiązania typu σ (sigma) (zaznaczone kolorem niebieskim) i nie posiadają wolnych par elektronowych.

$$Lp = 3 + 0 = 3$$

- Hybrydyzacja sp ponieważ $Lp = 2$ – oba atomy węgla posiadają dwa wiązania typu σ (sigma) (zaznaczone kolorem niebieskim) i nie posiadają wolnych par elektronowych.

$$Lp = 2 + 0 = 2$$

- Hybrydyzacja sp^3 ponieważ $Lp = 4$ – atom węgla posiada cztery wiązania typu σ (sigma) (zaznaczone kolorem niebieskim) i nie posiadają wolnych par elektronowych.

$$Lp = 4 + 0 = 4$$

Ważne!

Podczas identyfikacji atomów węgla o hybrydyzacjach orbitali walencyjnych sp , sp^2 i sp^3 należy pamiętać, że:

1. wszystkie atomy węgla, połączone wiązaniem pojedynczym, posiadają hybrydyzację orbitali walencyjnych typu sp^3 ;
2. oba atomy węgla, które tworzą wiązanie podwójne w alkenach, posiadają hybrydyzację orbitali walencyjnych sp^2 ;
3. oba atomy węgla, które tworzą wiązanie potrójne w alkinach, posiadają hybrydyzację orbitali walencyjnych sp ;
4. wszystkie aromatyczne atomy węgla posiadają hybrydyzację orbitali walencyjnych sp^2 .

Słownik

hybrydyzacja

(łac. *hibrida* „mieszaniec”) zabieg matematyczny, umożliwiający przewidzenie kształtu danej cząsteczki poprzez mieszanie się orbitali atomowych atomów; efektem hybrydyzacji jest utworzenie zestawu orbitali zhybrydyzowanych

orbitale zhybrydyzowane

powstają w przygotowaniu do tworzenia wiązania; są wynikiem mieszania się orbitali atomowych o różnych kształtach i energii

konfiguracja elektronowa

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

Bibliografia

Encyklopedia PWN

Gorzynski J., *Organic Chemistry Third Edition*, New York 2011.

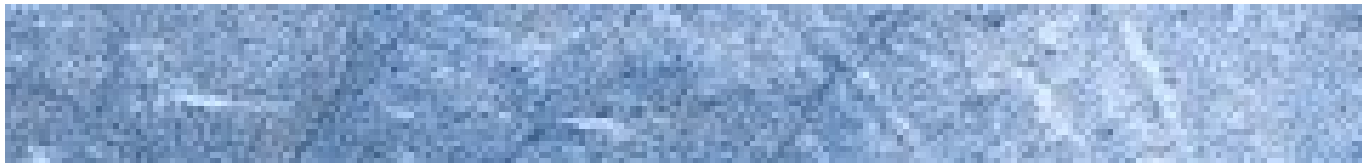
Hejwowska S., Marcinkowski R., Staluszka J., *Chemia 2. Zakres rozszerzony*, Gdynia 2011.

Litwin M., Styka-Włazło Sz., Szmońska J., *Chemia organiczna 2*, Warszawa 2005.

Morrison R. T., Boyd R. N., *Chemia organiczna, t. 1*, Warszawa 1985.

Patrick G. L., *Organic Chemistry, Second Edition*, London, New York, 2004.

Gra edukacyjna



Test

Hybrydyzacja atomów węgla w związkach organicznych

Sprawdź swoją wiedzę, rozwiązując quiz, który składa się z trzech poziomów trudności, z czego każdy zawiera po pięć pytań. Aby przejść do kolejnego poziomu, musisz najpierw zaliczyć poprzedni. Powodzenia!

Poziom trudności:

łatwy

Limit czasu:

4 min

Twój ostatni wynik:

—

Uruchom

Ćwiczenie 1

Atom węgla, o hybrydyzacji orbitali walencyjnych sp , to atom połączony z sąsiednim atomem:

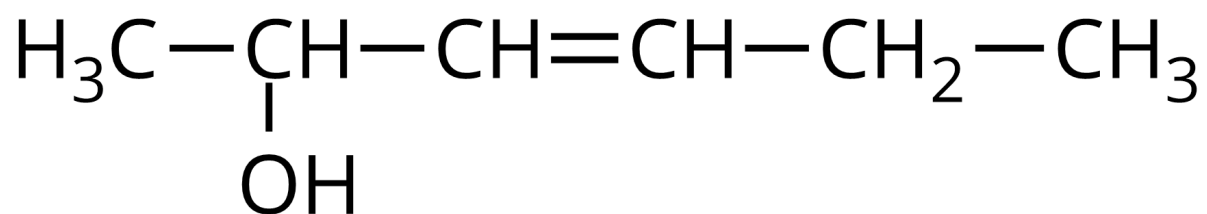
☐ wiązaniem potrójnym.

☐ wiązaniem podwójnej.

☐ wiązaniem pojedynczym.

Ćwiczenie 2

Przyjrzyj się poniższej cząsteczce i określ liczbę atomów węgla, których orbitale walencyjne są w stanie hybrydyzacji sp^3 .



☐ 2

☐ 3

☐ 4

☐ 1

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

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1

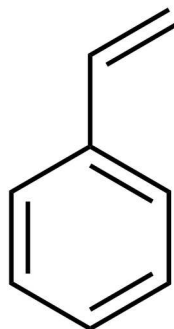
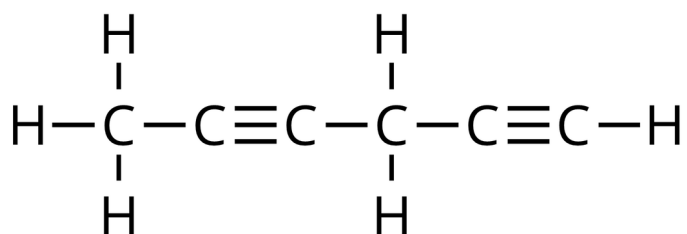
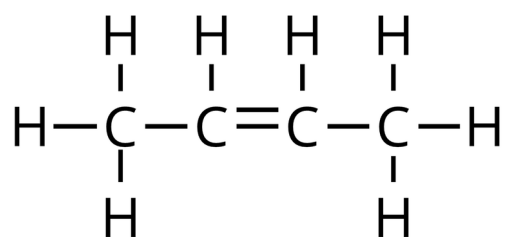
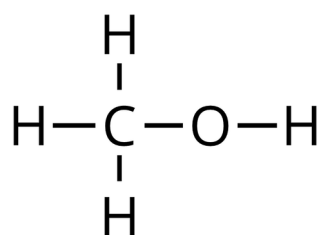


Na czym polega hybrydyzacja orbitali walencyjnych atomu węgla? Zaznacz prawidłową odpowiedź.

- ☐ Jest to mieszanie się orbitali walencyjnych z tego samego poziomu energetycznego.
- ☐ Atomy węgla tworzą wiązanie.
- ☐ Zabieg matematyczny, w wyniku którego orbitale s oraz p mieszają się i powstają orbitale sp , sp^2 lub sp^3 .
- ☐ Jest to proces, w którym obniża się energia orbitali walencyjnych atomu węgla.

Ćwiczenie 2

Wskaż cząsteczki, w których przynajmniej jeden z atomów węgla przyjmuje hybrydyzację orbitali walencyjnych typu sp^2 . 

☐☐☐☐



Ćwiczenie 3



Które z wymienionych typów hybrydyzacji orbitali walencyjnych pozwalają wyjaśnić budowę etanu?

☐ sp

☐ sp^3

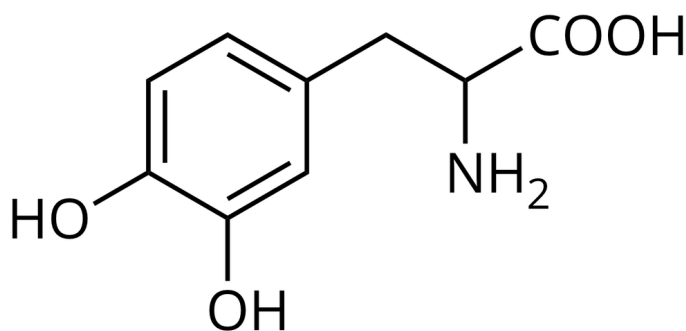
☐ sp^2

☐ d

Ćwiczenie 4



L-Dopa to naturalny aminokwas, stosowany jako lek w chorobie Parkinsona. Poniżej przedstawiono jego wzór. Podaj liczbę atomów węgla o typie hybrydyzacji orbitali walencyjnych sp^2 , występujących w cząsteczce L-Dopy.

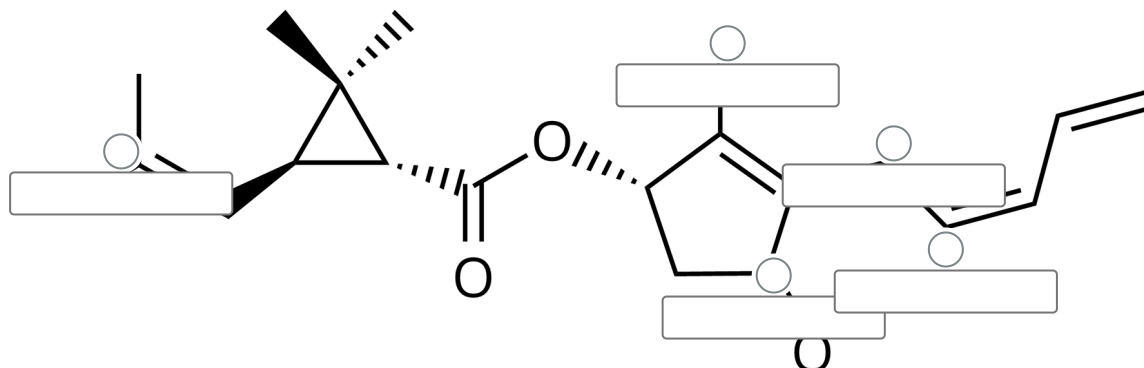


Odpowiedź zapisz w zeszycie do lekcji chemii, zrób zdjęcie, a następnie umieść je w wyznaczonym polu.

Zaloguj się, aby dodać ilustrację.

Ćwiczenie 5

W podanej cząsteczce ustal typ hybrydyzacji orbitali walencyjnych, oznaczonych atomów węgla. Przeciągnij wyrażenia sp , sp^2 , sp^3 w puste pola.



sp^3

sp^2

sp^2

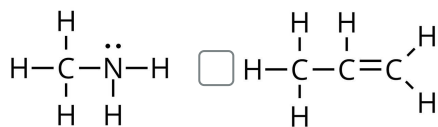
sp^3

sp^2

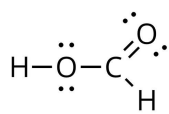
Źródło: GroMar Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Ćwiczenie 6

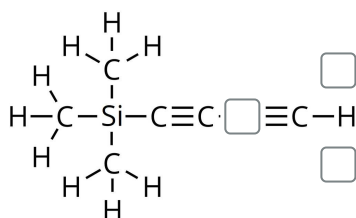
W poniższych cząsteczkach zaznacz atomy węgla o hybrydyzacji dygonalnej orbitali walencyjnych.



☐ ☐ ☐



☐ ☐ ☐ ☐ ☐



☐ ☐ ☐ ☐

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

Ćwiczenie 7



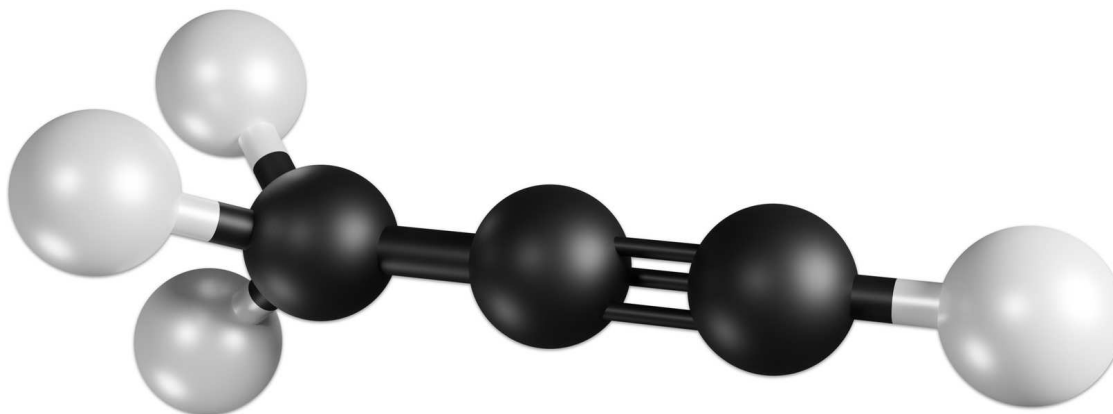
Oceń, które zdanie jest prawdziwe, a które fałszywe.

Zdanie	Prawda	Fałsz
W cząsteczkach alkanów wszystkie atomy węgla posiadają hybrydyzację orbitali walencyjnych sp^3 .	☐	☐
Jeżeli liczba przestrzenna wokół atomu węgla wynosi cztery, to posiada on geometrię tetraedryczną.	☐	☐
Jeżeli atom węgla posiada hybrydyzację dygonalną orbitali walencyjnych, to oznacza, że wymieszaniu uległ jeden orbital $2s$ oraz dwa orbitale $2p$.	☐	☐

Ćwiczenie 8



Poniżej przedstawiono model cząsteczki propynu. Jakie orbitale zhybrydyzowane utworzyły wiązanie typu σ (sigma) pomiędzy atomami węgla w zaprezentowanej cząsteczce?



Model cząsteczki propynu

kulki białe – atomy wodoru

kulki czarne – atomy węgla

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

Odpowiedź zapisz w zeszycie do lekcji chemii, zrób zdjęcie, a następnie umieść je w wyznaczonym polu.

Zaloguj się, aby dodać ilustrację.

Dla nauczyciela

Scenariusz zajęć

Autor: Agata Jarszak-Tyl, Krzysztof Błaszczak

Przedmiot: chemia

Temat: Jaka jest hybrydyzacja atomów węgla w związkach organicznych?

Grupa docelowa: uczniowie III etapu edukacyjnego, liceum, technikum – zakres podstawowy i rozszerzony; uczniowie III etapu edukacyjnego – kształcenie w zakresie podstawowym i rozszerzonym

Podstawa programowa:

Zakres podstawowy

XII. Wstęp do chemii organicznej. Uczeń

2) na podstawie wzoru sumarycznego, półstrukturalnego (grupowego), opisu budowy lub właściwości fizykochemicznych klasyfikuje dany związek chemiczny do: węglowodorów (nasyconych, nienasyconych, aromatycznych), związków jednofunkcyjnych (fluorowcopochodnych, alkoholi i fenoli, aldehydów i ketonów, kwasów karboksylowych, estrów, amin, amidów), związków wielofunkcyjnych (hydroksykwasów, aminokwasów, peptydów, białek, cukrów).

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, V-kształtna).

XII. Wstęp do chemii organicznej. Uczeń:

2) na podstawie wzoru sumarycznego, półstrukturalnego (grupowego), opisu budowy lub właściwości fizykochemicznych klasyfikuje dany związek chemiczny do: węglowodorów (nasyconych, nienasyconych, aromatycznych), związków jednofunkcyjnych (fluorowcopochodnych, alkoholi, fenoli, aldehydów, ketonów, kwasów karboksylowych, estrów, amin, amidów), związków wielofunkcyjnych (hydroksykwasów, aminokwasów, peptydów, białek, cukrów).

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:**

- analizuje sposób hybrydyzacji atomów węgla w związkach organicznych;
- rozpoznaje typ hybrydyzacji (sp , sp^2 , sp^3) orbitali walencyjnych atomu centralnego w cząsteczkach związków organicznych;
- wykorzystuje znajomość liczby przestrzennej do oceny hybrydyzacji atomów węgla w cząsteczkach organicznych.

Strategie nauczania:

- asocjacyjna.

Metody i techniki nauczania:

- gra edukacyjna;
- dyskusja dydaktyczna;
- analiza materiału źródłowego;
- ćwiczenia uczniowskie;
- technika termometr.

Formy pracy:

- praca zbiorowa;
- praca w parach;
- praca indywidualna.

Środki dydaktyczne:

- komputery z głośnikami, słuchawkami i dostępem do internetu/tablety, smartfony;
- zasoby multimedialne zawarte w e-materiale;
- tablica interaktywna/tablica, kreda/pisak;
- rzutnik multimedialny;
- podręcznik.

Przebieg zajęć

Faza wstępna:

1. Zaciekawienie i dyskusja. Nauczyciel Zadaje uczniom pytanie: Co dzieje się z orbitalami atomowymi podczas hybrydyzacji?
2. Ustalenie celów lekcji. Nauczyciel podaje temat zajęć i wspólnie z uczniami ustala cele lekcji, które uczniowie zapisują na kartkach i gromadzą w portfolio.
3. Rozpoznawanie wiedzy wyjściowej uczniów. Uczniowie starają się odpowiedzieć na pytanie: Czy wiesz, w jaki sposób określić hybrydyzację atomów węgla w związkach organicznych?

Faza realizacyjna:

1. Nauczyciel odsyła uczniów do analizy tekstu źródłowego w e-materiale. Rysuje na tablicy wzory strukturalne cząsteczek (propan, propen oraz propyn) i prosi uczniów o określenie hybrydyzacji atomów węgla w przedstawionych cząsteczkach. Uczniowie swoją odpowiedź opierają o liczbę przestrzenną. Następnie wspólnie z nauczycielem formułują wnioski dotyczące zależności pomiędzy hybrydyzacją, a liczbą przestrzenną wokół atomu węgla.
2. Gra edukacyjna. Uczniowie pracują samodzielnie z grą zawartą w e-materiale, w której sprawdzają swoją wiedzę.
3. Uczniowie pracują w parach i wykonują ćwiczenia zawarte w e-materiale w sekcji „Sprawdź się”. Uczniowie korzystając z tabletów/smartfonów lub komputerów rozwiązują zadania i nawzajem sprawdzają swoje odpowiedzi, korzystając ze wskazówek oraz kluczy zamieszczonych do zadań.

Faza podsumowująca:

1. Na zakończenie, nauczyciel stosuje narzędzie do oceny stopnia opanowania wiadomości i umiejętności z zastosowaniem termometru przez uczniów. Uczniowie, na skali temperatury, zaznaczają cenkami, w jakim stopniu opanowali zagadnienia wynikające z zamierzonych do osiągnięcia celów lekcji. Jeżeli ze skali będzie wynikał niski poziom temperatury, uczniowie zastanawiają się, w jaki sposób podnieść swój poziom posiadanej wiedzy.

Praca domowa:

Uczniowie wykonują zawarte w e-materiale w sekcji „Sprawdź się” pozostałe ćwiczenia, których nie zdążyli wykonać na lekcji.

Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania multimedium:

Gra edukacyjna może być wykorzystana przez uczniów podczas przygotowywania się do zajęć lub odrabiania pracy domowej.

Materiały pomocnicze:

1. Nauczyciel przygotowuje narzędzie do oceny stopnia opanowania wiadomości i umiejętności z zastosowaniem termometru przez uczniów oraz cenki dla uczniów.

2. Nauczyciel przygotowuje:

- arkusze papieru;
- mazaki do zapisania pytań podsumowujących lekcję.

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

- Czym się różnią orbitale zhybrydyzowane od orbitali atomowych?
- Jeżeli hybrydyzacji uległy jeden orbital typu s oraz trzy orbitale typu p, to jakiego typu hybrydyzacji możemy się spodziewać?