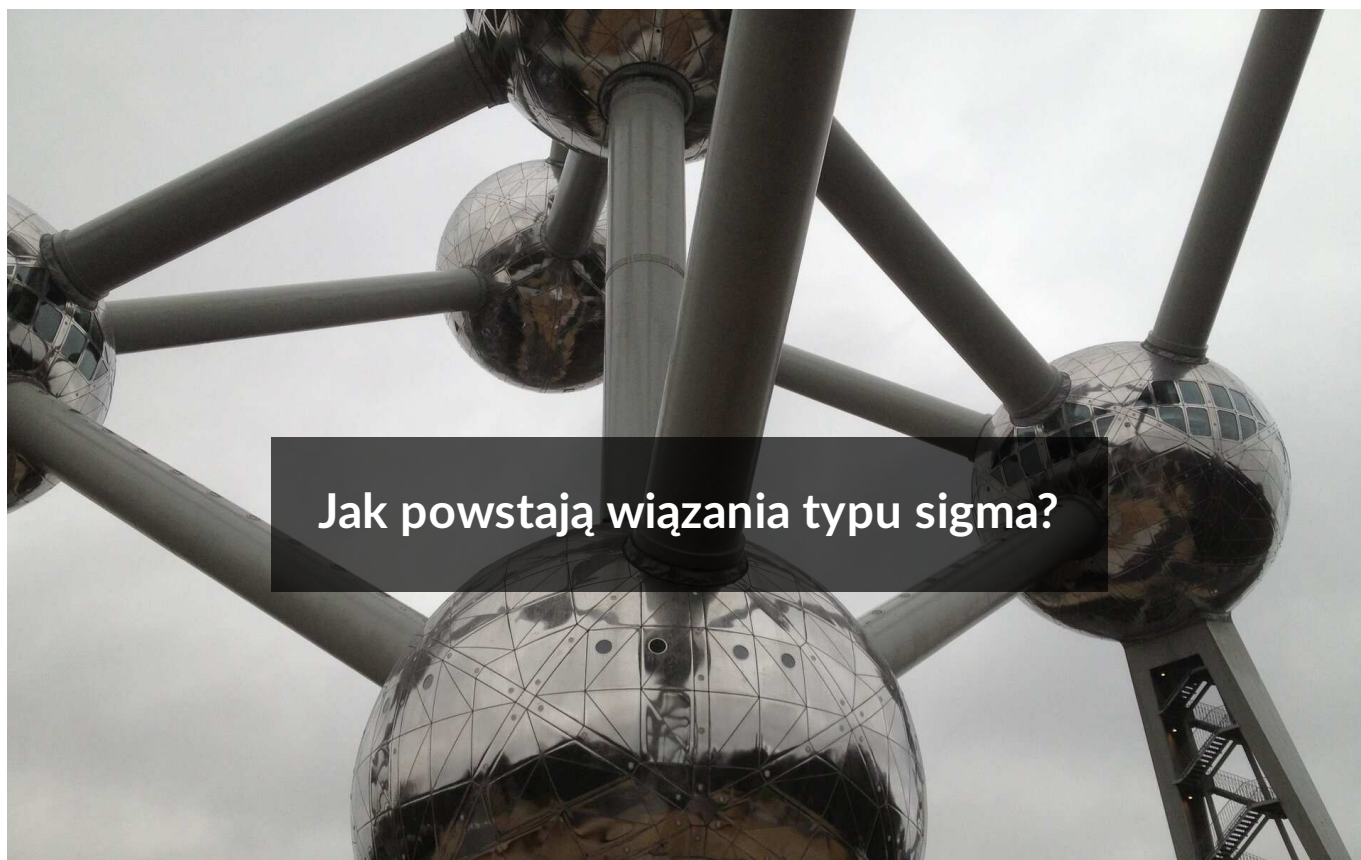




Jak powstają wiązania typu sigma?

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



Jak powstają wiązania typu sigma?

Monumentalny model kryształu żelaza, wykonany ze stali i aluminium, znajduje się na przedmieściach Brukseli.

Źródło: Dennis Jarvis, dostępny w internecie: pl.wikipedia.org, licencja: CC BY-SA 2.0.

Pojęcie „wiązanie chemiczne” jest powszechnie używane w chemii, a jego pierwsza definicja sięga początków XX w., kiedy to jeden z amerykańskich naukowców – Gilbert Newton Lewis – opublikował artykuł dotyczący interakcji między atomami. Wyjaśnienie tworzenia wiązań kowalencyjnych, kowalencyjnych spolaryzowanych i koordynacyjnych leży jednak nie w teorii zaproponowanej przez naukowca, lecz w teorii kwantowej. Czy wiesz, dlaczego wiązania pojedyncze nazywa się często wiązaniem typu σ (sigma)? W jaki sposób powstaje wiązanie typu σ ?

Twoje cele

- Zdefiniujesz pojęcia: orbital atomowy, orbital cząsteczkowy.
- Przeanalizujesz proces tworzenia się wiązań sigma.
- Sformułujesz wnioski dotyczące typu wiązania chemicznego, w zależności od sposobu nakładania się orbitali atomowych.

Przeczytaj

Orbitale molekularne

Powstawanie wiązań pomiędzy atomami można wyjaśnić zgodnie z zasadami [mechaniki kwantowej](#). Teoria kwantowa oparta na obliczeniach matematycznych zakłada, że wiązanie kowalencyjne powstaje w wyniku nakładania się [orbitali atomowych](#). Powstający charakterystyczny rozkład gęstości elektronowej – orbital molekularny – określany jest jako **wiązanie σ** (czyt. sigma) lub **wiązanie π** (czyt. pi), w zależności od sposobu nakładania się orbitali.

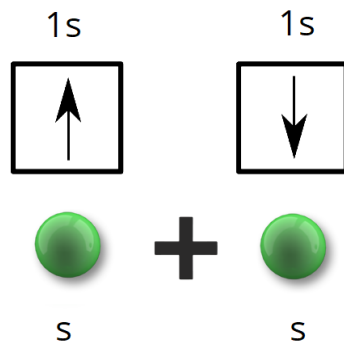
W atomie mogą występować orbitale s , p , d , f . Zgodnie z kwantową teorią wiązań chemicznych, orbital molekularny (cząsteczkowy) powstaje w wyniku zbliżenia i nałożenia się orbitali atomowych, które posiadają podobną energię i jednakową symetrię względem osi łączącej dwa jądra atomowe.

Czy orbitale, powstałe z nakładania się dwóch orbitali typu s , będą takie same jak z dwóch orbitali typu p ?

Polecenie 1

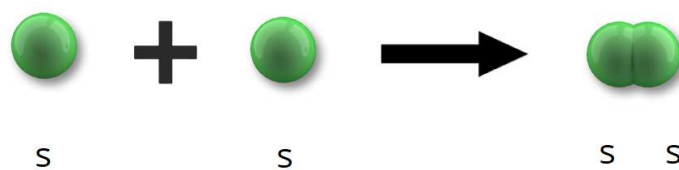
Zastanów się, jak powstaje np. cząsteczka wodoru.

Cząsteczka wodoru (H_2) powstaje poprzez nałożenie się chmur elektronowych dwóch atomów wodoru. Elektron w atomie wodoru znajduje się na orbitalu $1s$. W wyniku zbliżania się do siebie obu chmur następuje ich nakładanie i zlanie w jedną chmurę, która obejmuje oba atomy. W taki sposób powstaje orbital molekularny $\sigma s-s$ obsadzony dwoma elektronami.



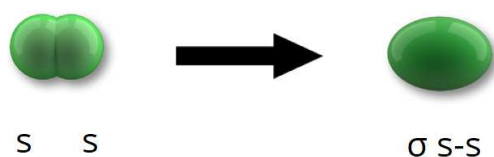
Elektron w atomie wodoru znajduje się na orbitalu 1s. Elektrony obu atomów dążą do sparowania i uzyskania dubletu elektronowego. Aby osiągnąć konfigurację elektronową najbliższego gazu szlachetnego (helu), musi dojść do uwspólnienia elektronów.

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



Orbitale zbliżają się do siebie, a chmury przenikają.

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

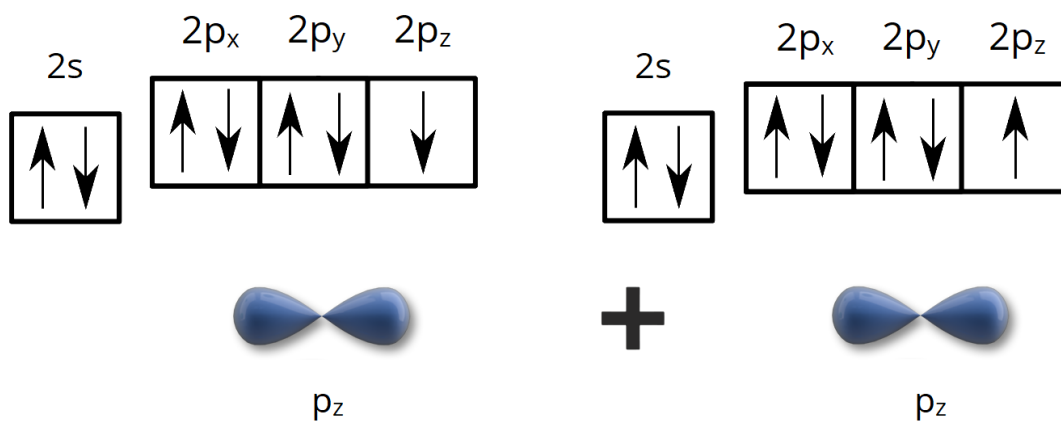


Powstaje orbital molekularny $\sigma s-s$, który zajmuje łącznie dwa elektrony i którego kształt jest inny niż orbitali pierwotnych.

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

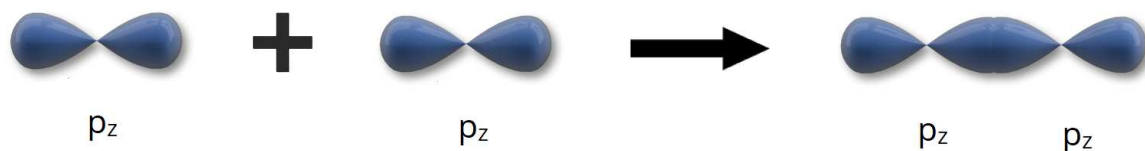
A co w przypadku, gdy niesparowane elektrony (zdolne do tworzenia wiązań) znajdują się wyłącznie na orbitalach typu p ?

Z taką sytuacją mamy do czynienia w przypadku cząsteczki fluoru. Cząsteczka fluoru (F_2) powstaje poprzez nałożenie się chmur elektronowych dwóch atomów fluoru. Niesparowany elektron, zdolny do utworzenia wiązania pojedynczego, znajduje się w atomie fluoru na orbitalu $2p_z$. W wyniku zbliżania się do siebie obu chmur, następuje ich nakładanie. Powstaje jedna chmura elektronowa i tworzy się orbital molekularny $\sigma p-p$ obsadzony dwoma elektronami i o kształcie innym niż orbital $\sigma s-s$.



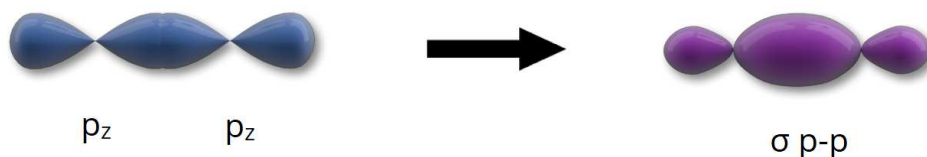
Elektron w atomie fluoru znajduje się na orbitalu $2p_z$. Elektrony obu atomów dążą do sparowania, a poprzez to – do utworzenia wiązania.

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



Dwa orbitale typu p_z zbliżają się do siebie, a ich chmury elektronowe się przenikają.

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



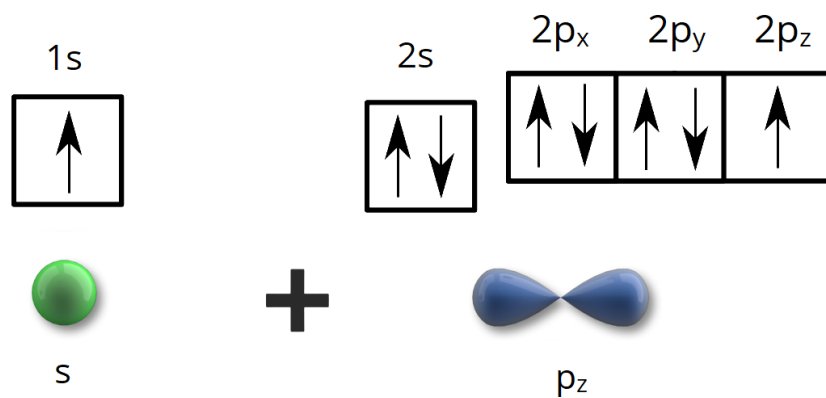
Powstaje orbital molekularny $\sigma p-p$, którego kształt jest inny niż orbitali pierwotnych.

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

Problem 1

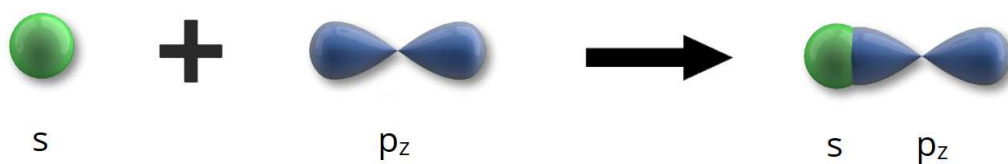
Jaki będzie kształt orbitalu molekularnego, gdy chmury elektronowe będą pochodzić od orbitali o różnych kształtach?

Rozpatrzmy zatem powstawanie wiązania typu σ w kwasie fluorowodorowym (HF). Elektron w atomie fluoru znajduje się na orbitalu $2p_z$, a elektron w atomie wodoru – na orbitalu $1s$. Cząsteczka HF powstaje poprzez nałożenie się chmur elektronowych dwóch atomów (fluoru i wodoru). W wyniku zbliżania się do siebie obu chmur, następuje ich nakładanie. Tworzy się jedna chmura obejmująca oba atomy. W taki sposób powstaje orbital molekularny $\sigma s-p$, obsadzony dwoma elektronami.



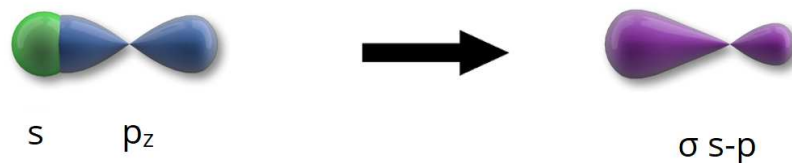
Elektrony znajdujące się na orbitalu 1s oraz 2p_z dążą do sparowania.

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



Orbitale zbliżają się do siebie, a chmury przenikają.

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



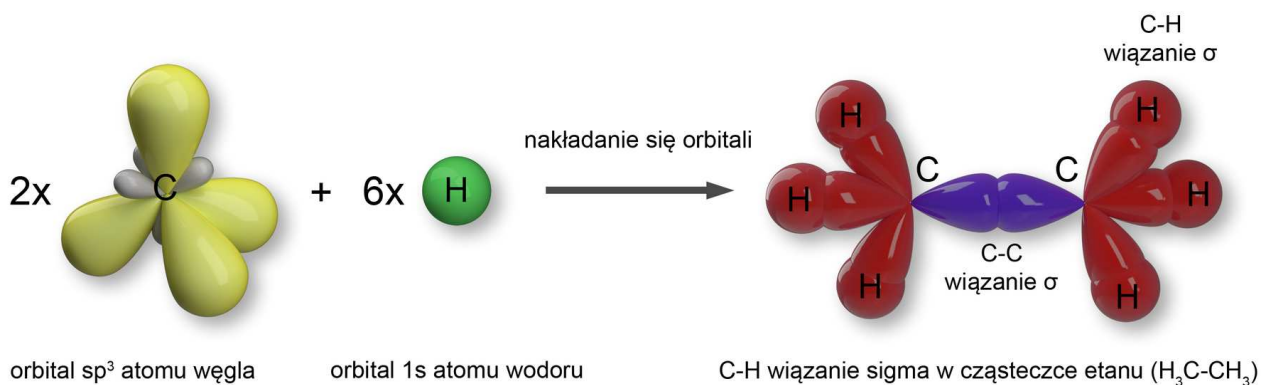
Powstaje orbital molekularny σ s-p, którego kształt jest inny niż orbitali pierwotnych.

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

Warto zauważyć, że wiązania σ tworzone są nie tylko przez orbitale atomowe, ale też przez orbitale zhybrydowane, np. sp , sp^2 czy sp^3 , co ma miejsce chociażby w przypadku związków organicznych.

Problem 2

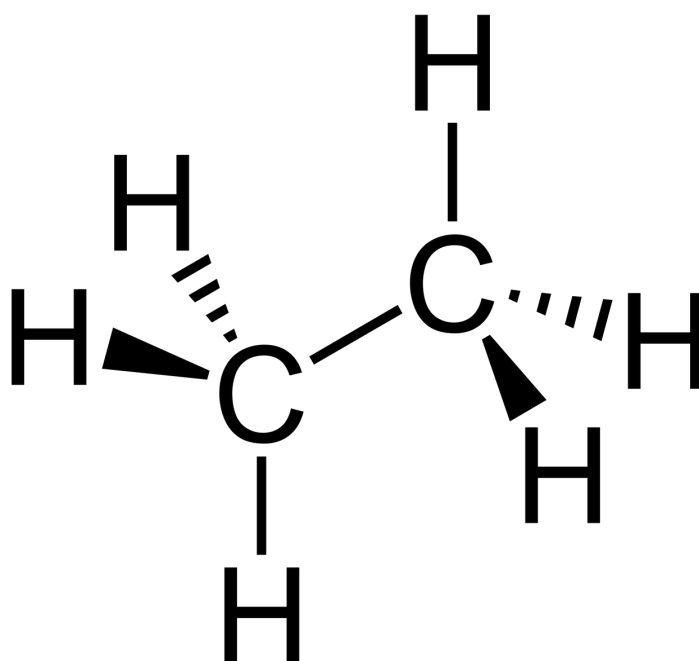
Cząsteczki, które posiadają wiązania σ , mają możliwość obrotu atomów wokół tego wiązania, co można zaobserwować np. w cząsteczce etanu. Jak powstają wiązania typu σ w tej cząsteczce?



Wiązanie pojedyncze węgiel–węgiel w etanie powstaje poprzez nakładanie się pary [orbitali zhybryzowanych](#) sp^3 atomów węgla. W ten sposób otrzymujemy pojedyncze wiązanie σ typu sp^3-sp^3 . Wiązanie to ma długość 1,54 Å. Z kolei wiązania σ , pomiędzy atomem węgla a atomem wodoru, powstają przez nakładanie się orbitalu typu sp^3 atomu węgla z orbitalem typu $1s$ wodoru.

Ćwiczenie 1

Ile wiązań σ występuje w cząsteczce etanu?



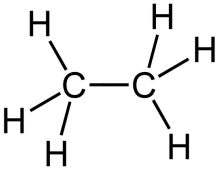
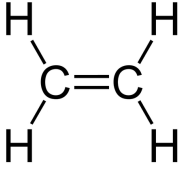
Ilustracja do polecenia

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

Wiązanie σ a wiązanie typu π

Wiązania chemiczne można podzielić, biorąc pod uwagę liczbę elektronów, które łączą atomy. Wyróżniamy zatem:

- wiązania pojedyncze – utworzone przez dwa elektrony – które są wiązaniami typu σ ;
- wiązania wielokrotne (podwójne i potrójne) – utworzone przez więcej niż dwa elektrony – w których zawsze jedno z wiązań jest typu σ , a pozostałe (jedno lub dwa wiązania) to wiązania typu π . Istotna różnica pomiędzy wiązaniem typu σ oraz wiązaniem typu π to siła, z jaką wiążą się ze sobą atomy. Orbitale molekularne typu σ tworzą wiązania silniejsze od wiązań typu π . Warto dodać, że wiązania typu π powstają poprzez boczne nakładanie się orbitali atomowych, ale o tym dokładniej w innej części e-podręcznika.

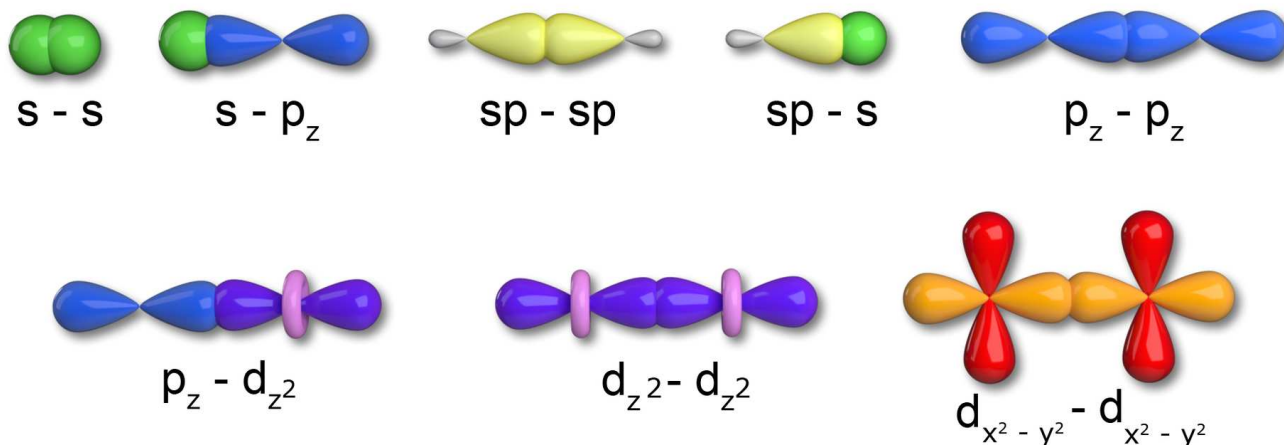
krotność wiązania pomiędzy atomami węgłami	typ hybrydyzacji atomu węgla	rodzaj wiązań pomiędzy atomami węgla
<p>wiązanie pojedyncze, np. w cząsteczce etanu</p>  <p>Wzór strukturalny etanu Źródło: GroMar Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.</p>	<p>sp^3</p>	<p>1 wiązanie σ</p>
<p>wiązanie podwójne, np. w cząsteczce etenu</p>  <p>Wzór strukturalny etenu Źródło: GroMar Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.</p>	<p>sp^2</p>	<p>1 wiązanie σ 1 wiązanie π</p>

krotność wiązania pomiędzy atomami węgłami	typ hybrydyzacji atomu węgla	rodzaj wiązań pomiędzy atomami węgla
<p>wiązanie potrójne, np. w cząsteczce etynu</p> <p style="text-align: center;">$\text{H}-\text{C}\equiv\text{C}-\text{H}$</p> <p>Wzór strukturalny etynu Źródło: GroMar Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.</p>	sp	<p>1 wiązanie σ</p> <p>2 wiązania π</p>

Podsumowanie

Wiązanie σ jest wiązaniem utworzonym przez elektrony, które opisują kilka rodzajów orbitali molekularnych. Dla przykładu :

- **orbital molekularny $s-s$** - powstający poprzez czołowe nałożenie się **dwóch orbitali s** (o kształcie sferycznym), występuje w cząsteczce H_2 .
- **orbital molekularny $s-p$** - powstający poprzez czołowe przenikanie się **jednego orbitalu s** oraz jednego orbitalu p , występuje w cząsteczce HF . Wiązanie σ , które tworzy ten typ orbitalu molekularnego, jest powszechne w związkach wodoru z pierwiastkami 15, 16 i 17 grupy układu okresowego.
- **orbital molekularny p_z-p_z** - powstający poprzez czołowe przenikanie się **dwóch orbitali p** , tworzy wiązanie σ w cząsteczce F_2 .



Sposoby nakładania się orbitali atomowych, prowadzące do utworzenia wiązania σ

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

Słownik

elektrony walencyjne

elektrony, które znajdują się na ostatniej (najbardziej zewnętrznej) powłoce atomu, tzw. powłoce walencyjnej

mechanika kwantowa

fundamentalna teoria fizyczna opisująca oddziaływanie mikroobiektów materii między sobą oraz z zewnętrznymi polami, głównie z polem elektromagnetycznym

orbital atomowy/molekularny

funkcja falowa opisująca stan jednego elektronu w atomie (orbital atomowy) lub w cząsteczce (orbital molekularny, inaczej: cząsteczkowy)

orbitale zhybrydowane

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

hybrydyzacja

(łac. *hybrida* „mieszaniec”) w chemii kwantowej tworzenie kombinacji liniowych orbitali atomowych powłoki walencyjnej

Bibliografia

Bielański A., *Podstawy Chemii nieorganicznej*, t. 1-2, Warszawa 2010.

Czerwiński A., Czerwińska A., Jeziorna M., Kańska M., *Chemia 3. Podręcznik dla liceum ogólnokształcącego, liceum profilowanego, technikum*, Warszawa 2004.

Encyklopedia PWN

Pazdro K., *Zbiór zadań z chemii dla szkół ponadgimnazjalnych*, Warszawa 2003.

Litwin M., Styka-Wlazło Sz., Szymońska J., *To jest chemia 1*, Warszawa 2013.

Animacja

Polecenie 1

Czy wiesz, jak powstają wiązania sigma? Zapoznaj się z poniższą animacją, a następnie odpowiedz na pytania zamieszczone poniżej.

Trwa wczytywanie danych ..

Jak powstają wiązania typu sigma?

Film dostępny pod adresem </preview/resource/RT9He7xE9h68I>

Animacja pt. „*Jak powstają wiązania typu sigma?*”

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

Animacja dotyczy powstawania wiązania typu sigma.

Ćwiczenie 1




Ćwiczenie 2

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

Ćwiczenie 3

Nałożenie się jakich orbitali prowadzi do powstania wiązania σ w cząsteczce HF?

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Który z przedstawionych modeli prezentuje orbital molekularny typu σ_{s-p} ?



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

Ćwiczenie 2



Wskaż cząsteczki, w których występują wiązania σ powstałe na skutek nałożenia się orbitalu s z orbitalem sp^3 .

H₂

HF

SO₃

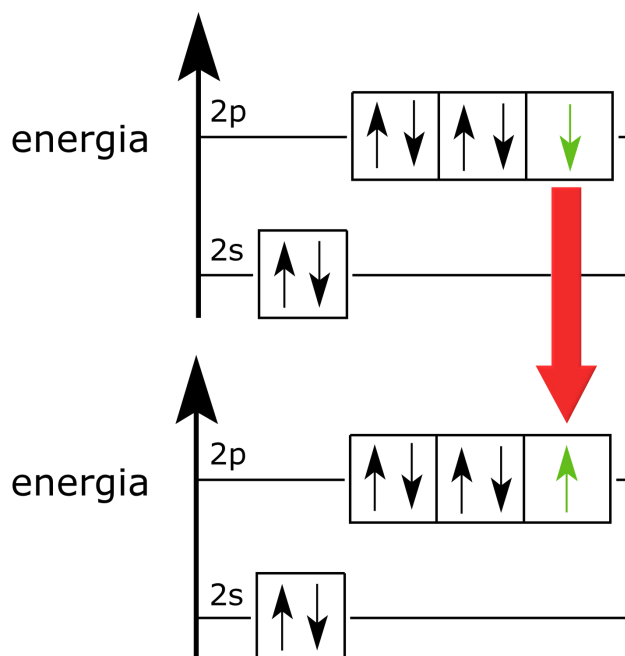
CH₃CH₂OH

CH₄

Ćwiczenie 3



Poniżej przedstawiono, w postaci klatkowej, walencyjną konfigurację elektronową dwóch atomów fluoru. Oceń, jakiego typu jest wiązanie σ utworzone przez te atomy, jeżeli sparowaniu ulegną elektrony w sposób zaznaczony na rysunku (czerwona strzałka)?



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

Odpowiedź:

Ćwiczenie 4



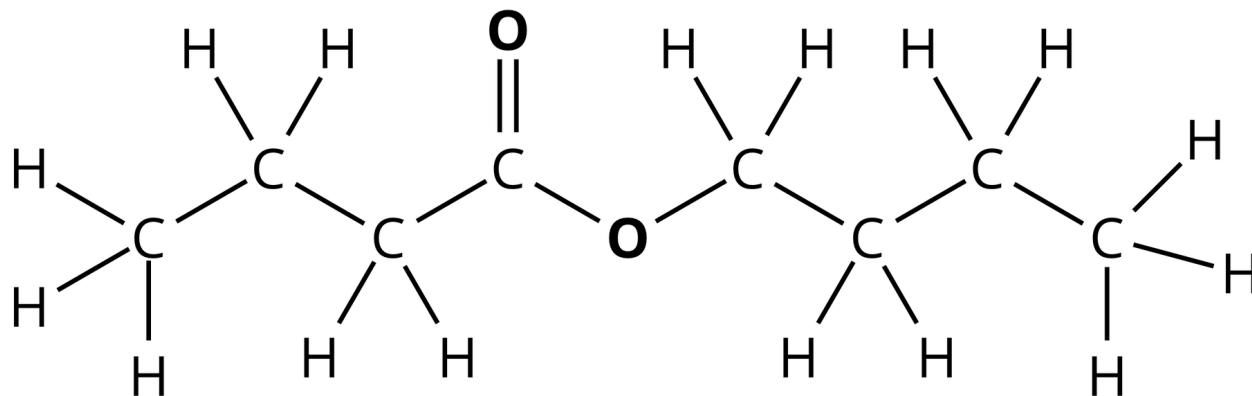
Oceń prawdziwość zdań.

	Prawda	Fałsz
Wiązanie σ jest wiązaniem silniejszym niż wiązanie π .	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Poprzez czołowe nałożenie się orbitalu s i orbitalu typu p można wyjaśnić powstawanie wiązania kowalencyjnego w cząsteczce kwasu chlorowodorowego.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Wiązanie σ powstaje w wyniku bocznego nałożenia się orbitali.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Wiązanie pojedyncze jest wiązaniem typu σ .	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Ćwiczenie 5



Poniżej przedstawiono wzór strukturalny estru butylowego kwasu butanowego (maślanu butylu). Ester ten posiada zapach kojarzący się z ananasem.



Informacja do ćwiczeń

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

W cząsteczce maślanu butylu:

- atom tlenu w grupie $C = O$ ma hybrydyzację sp^2 ;
- elektronowa konfiguracja walencyjna tlenu w stanie podstawowym to: $2s^2 2p^4$.
- atom węgla w grupie $C = O$ ma hybrydyzację typu sp^2 ;

Zaznacz orbitale molekularne, które tworzą wiązania σ w omówionej powyżej cząsteczce.

$\sigma_{sp^3-sp^2}$

σ_{s-s}

σ_{s-p}

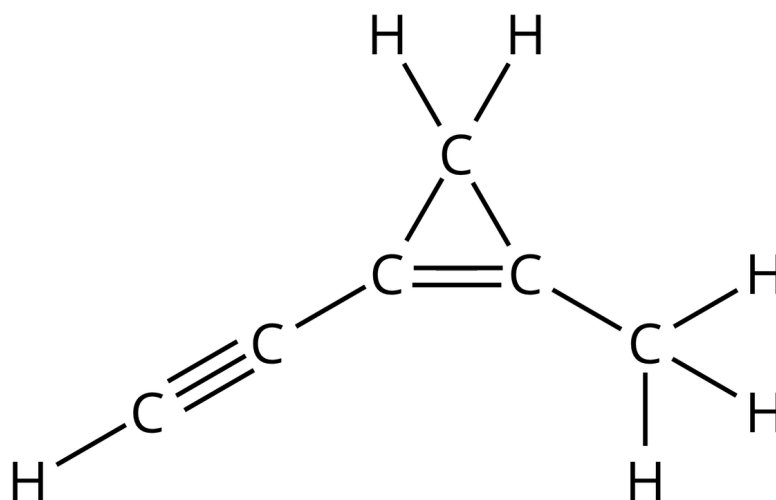
σ_{sp^3-s}

$\sigma_{sp^3-sp^3}$

Ćwiczenie 6



Określ ilość wiązań σ w cząsteczce.



Ilustracja do zadania nr 6

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

Odpowiedź:

Ćwiczenie 7



Wpisz ilość wiązań σ w cząsteczkach, których wzory podano poniżej. Uzupełnij tabelę.

wzór cząsteczki	CO ₂	HCN	O ₂	SiH ₄
ilość wiązań σ	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Ćwiczenie 8



Dane są cząsteczki:

- CH_3Cl ;
- H_2 ;
- HI .

Ustal, jakie orbitale będą się nakładały podczas tworzenia wiązań w cząsteczkach o podanych powyżej wzorach.

Odpowiedź:

Dla nauczyciela

Scenariusz zajęć

Autor: Agata Jarszak-Tyl, Krzysztof Błaszczak

Przedmiot: chemia

Temat: Jak powstają wiązania typu sigma

Grupa docelowa: uczniowie III etapu edukacyjnego, liceum, technikum, zakres podstawowy/rozszerzony

Podstawa programowa

Zakres podstawowy

III. Wiązania chemiczne. Oddziaływania międzycząsteczkowe. Uczeń:

3) określa typ wiązania (σ i π) w cząsteczkach związków nieorganicznych i organicznych.

Zakres rozszerzony

III. Wiązania chemiczne. Oddziaływania międzycząsteczkowe. Uczeń:

5) określa typ wiązania (σ i π) w cząsteczkach związków nieorganicznych i organicznych; opisuje powstawanie orbitali molekularnych.

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:

- definiuje pojęcia: orbital atomowy, orbital cząsteczkowy;
- analizuje proces tworzenia się wiązań sigma;
- formułuje wnioski dotyczące typu wiązania chemicznego, w zależności od sposobu nakładania się orbitali atomowych.

Strategie:

- asocjacyjna.

Metody i techniki nauczania:

- burza mózgów;
- dyskusja dydaktyczna;
- praca z tekstem/materiałem źródłowym;
- ćwiczenia uczniowskie;
- technika okienko informacyjne;
- technika zdań podsumowujących.

Forma pracy:

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

Środki dydaktyczne:

- komputery z głośnikami i dostępem do Internetu;
- rzutnik multimedialny;
- słuchawki;
- zasoby multimedialne zawarte w e-materiale;
- tablica interaktywna/tablica;
- pisak/kreda;
- podręcznik.

Przebieg zajęć:

Faza wstępna

1. Utrwalenie wiadomości z poprzednich lekcji oraz zaciekawienie i dyskusja. Nauczyciel zadaje przykładowe pytania: co to jest orbital? Wymień, jakie znane są Ci rodzaje orbitali? Co to jest konfiguracja elektronowa? Co występuje między dwoma atomami w cząsteczce? Jakie są rodzaje wiązań chemicznych? Czy wiesz, dlaczego pojedyncze wiązania nazywa się często wiązaniem typu σ (sigma)? W jaki sposób powstaje wiązanie typu σ ?
2. Ustalenie celów lekcji. Nauczyciel podaje temat zajęć i wspólnie z uczniami określa cele, które uczniowie zapisują w portfolio.
3. Rozpoznawanie wiedzy wyjściowej uczniów. Burza mózgów wokół pojęcia - wiązanie sigma.

Faza realizacyjna

1. Uczniowie analizują tekst w dostępnych źródłach informacji, w tym e-materiał „Jak powstają wiązania typu sigma”.
2. Nauczyciel wyświetla na tablicy multimedialnej modele orbitali atomowych typu sigma. Chętni lub wskazani uczniowie omawiają mechanizm powstawania tych wiązań. Nauczyciel wspiera uczniów i ewentualnie uzupełnia luki i wyjaśnia niezrozumiałe kwestie.
3. Nauczyciel odwołuje uczniów do animacji w medium bazowym – powstawanie wiązania sigma pochodzenia s-s i s-p. Uczniowie w parach analizują sposób nakładania się orbitali, po czym sprawdzają zdobytą wiedzę, wykonując ćwiczenia załączone do medium.
4. Okienko informacyjne – forma indywidualnej twórczej notatki. Kartkę papieru w zeszyte uczniowie dzielą na cztery części (poziom, pion lub po przekątnej). W pierwsze okienko uczniowie wpisują hasło, które ich interesuje. W drugim okienku podają definicję danego terminu (z różnych źródeł). W trzecim okienku wpisują metaforyczne znaczenie wyrazu, żart językowy, rebus itp. Ostatnie może mieć formę scenki komiksowej, dialogu, karykatury z zastosowaniem interesującego uczniów terminu.
5. Nauczyciel prosi uczniów o pracę w parach i rozpoczęcie wykonywania ćwiczeń zawartych w e-materiale – zestaw ćwiczeń.

Faza podsumowująca

1. Nauczyciel sprawdza wiedzę uczniów. Pyta:
 - Jak powstaje orbital molekularny typu s-s oraz s-p?
 - W jaki sposób może powstać wiązanie typu sigma?
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:

- Uczniowie dokończają indywidualnie ćwiczenia zawarte w e-materiale.
- Nauczyciel prosi uczniów o przygotowanie wiadomości na temat powstawania wiązania typu pi.

Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania multimedium:

Animacja „Jak powstają wiązania typu sigma?” może być wykorzystana przez uczniów podczas przygotowywania się do zajęć oraz podczas odrabiania pracy domowej.

Materiały pomocnicze:

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

- Jak powstaje orbital molekularny typu s-s oraz s-p?
- W jaki sposób może powstać wiązanie typu sigma?