



Czy orbitale d też mogą brać udział w hybrydyzacji?

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



Czy orbitale d też mogą brać udział w hybrydyzacji?

Jeden ze zdegenerowanych orbitali d ma kształt przypominający koniczynę.

Źródło: dostępny w internecie: www.pixabay.com, domena publiczna.

Wykorzystanie pojęcia hybrydyzacji orbitali atomowych jest użytecznym sposobem wyjaśnienia sposobu powstawania wiązań chemicznych w wielu cząsteczkach. Czy możliwe jest wykorzystanie orbitali typu d w hybrydyzacji? W przypadku atomów centralnych jakich pierwiastków ma miejsce ten zabieg matematyczny? Czy orbitale walencyjne atomu centralnego w cząsteczkach SF_4 i SF_6 są w tym samym stanie hybrydyzacji?

Twoje cele

- Przeanalizujesz tworzenie się orbitali zhybrydowanych typu sp^3d , sp^3d^2 oraz sp^3d^3 z orbitali atomowych.
- Sformułujesz wnioski dotyczące kształtu cząsteczek na podstawie typu hybrydyzacji.
- Podasz przykłady atomów pierwiastków, których orbitale walencyjne s , p oraz d ulegają hybrydyzacji.
- Skonstruujesz modele cząsteczek oraz podasz typ hybrydyzacji orbitali walencyjnych atomu centralnego.

Przeczytaj

Jakie rodzaje hybrydyzacji z udziałem orbitali typu d wyróżniamy?

Ideą **hybrydyzacji** jest to, że **orbitale** o różnej energii mieszają się dając **orbitale zhybrydowane** o tej samej energii. Hybrydyzacji mogą ulegać orbitale walencyjne podpowłoki typu s , p i d . W zależności od liczby i typu orbitali typu d biorących udział w hybrydyzacji, można wyróżnić kilka rodzajów hybrydyzacji:

- sp^3d - hybrydyzacja pentagonalna,
- sp^3d^2 - hybrydyzacja heksagonalna,
- sp^3d^3 - hybrydyzacja heptagonalna.

Czy hybrydyzacji z udziałem orbitali typu d ulegają atomy wszystkich pierwiastków?

Skoro w tworzenie wiązań mogą być zaangażowane orbitale typu d , to można przypuszczać, że jedynie atomy pierwiastków, które posiadają pustą lub częściowo zapełnioną podpowłokę d , takiej hybrydyzacji ulegają. Jeżeli spojrzymy na układ okresowy pierwiastków chemicznych, to zauważymy, że w hybrydyzacji z udziałem orbitali d nie biorą udziału atomy pierwiastków należących do okresów od 1 do 2.

Przykład 1

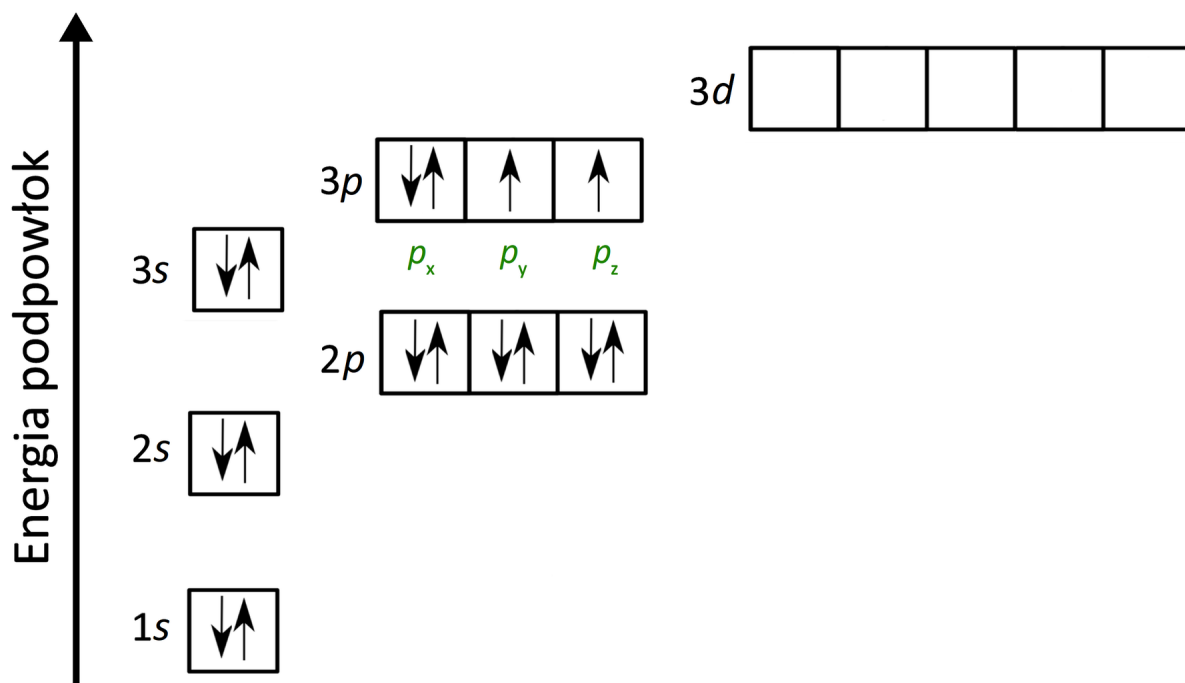
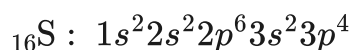
Hybrydyzacja typu sp^3d w cząsteczce SF_4 .

Hybrydyzacja typu sp^3d pozwala wyjaśnić powstawanie wiązań w cząsteczce SF_4 .

Jeden z elementów, który warto omówić w tym typie hybrydyzacji to rodzaj oraz liczba orbitali atomowych, które „mieszają się” tworząc nowe orbitale, tzw. **orbitale zhybrydowane** (hybrydy). W hybrydyzacji typu sp^3d dochodzi do wymieszania **jednego** orbitalu typu s , **trzech** orbitali typu p (p_x , p_y , p_z) oraz **jednego** orbitalu typu d , w wyniku czego powstaje **pięć zhybrydowanych orbitali typu sp^3d** . Można to zapisać w postaci równania: $s + p_x + p_y + p_z + d = 5$ orbitali zhybrydowanych typu sp^3d

Krok 1. Stan podstawowy

W stanie podstawowym atom siarki (${}_{16}\text{S}$) posiada konfigurację elektronową:



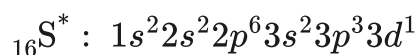
Źródło: GroMar Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

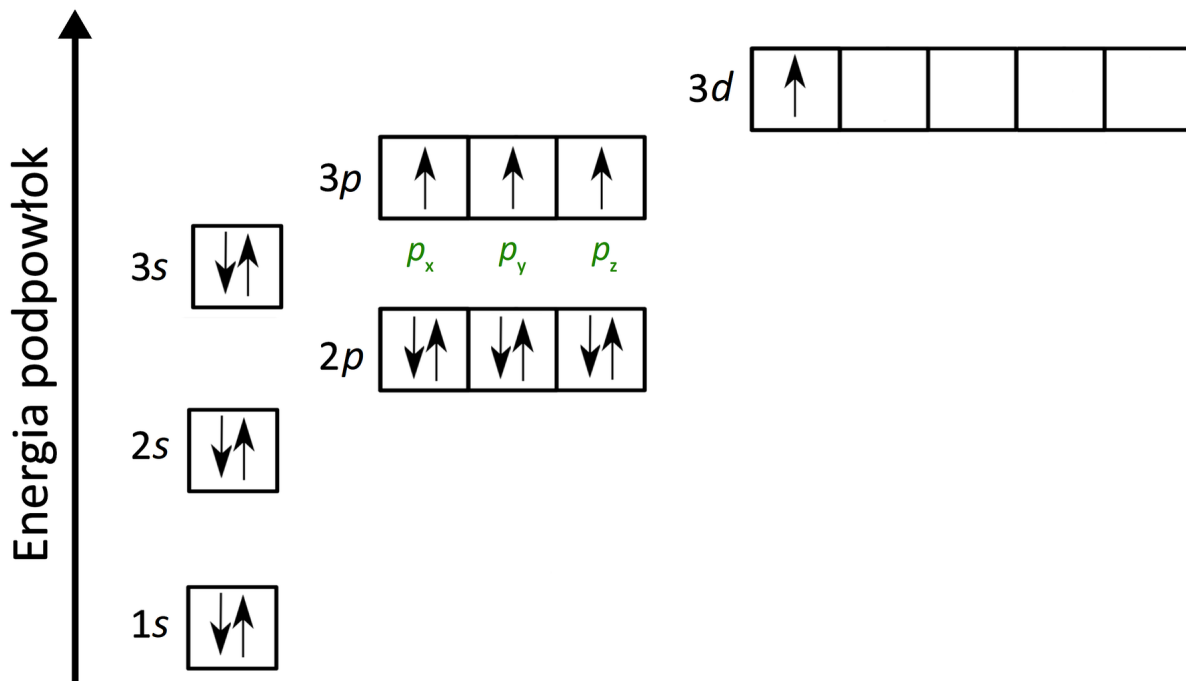
Jeżeli spojrzymy na diagram energetyczny orbitali atomowych, to zauważymy, że na powłóce trzeciej znajdują się trzy podpowłoki - 3s, 3p oraz 3d. Co ważne, podpowłoka typu 3d jest nieobsadzona przez elektrony.

Krok 2. Stan wzbudzony

Aby w cząsteczce czterofluorku siarki (SF_4), atom siarki utworzył wiązania kowalencyjne z atomami fluoru, musi posiadać cztery niesparowane elektrony. W związku z tym musi nastąpić wzbudzenie elektronu z niższego poziomu energetycznego na wyższy. W wyniku wzbudzenia atomu siarki, na podpowłóce 3p pozostały trzy elektrony walencyjne, a czwarty jest na podpowłóce 3d.

W I (pierwszym) stanie wzbudzonym atom siarki (${}_{16}\text{S}^*$) posiada konfigurację elektronową:

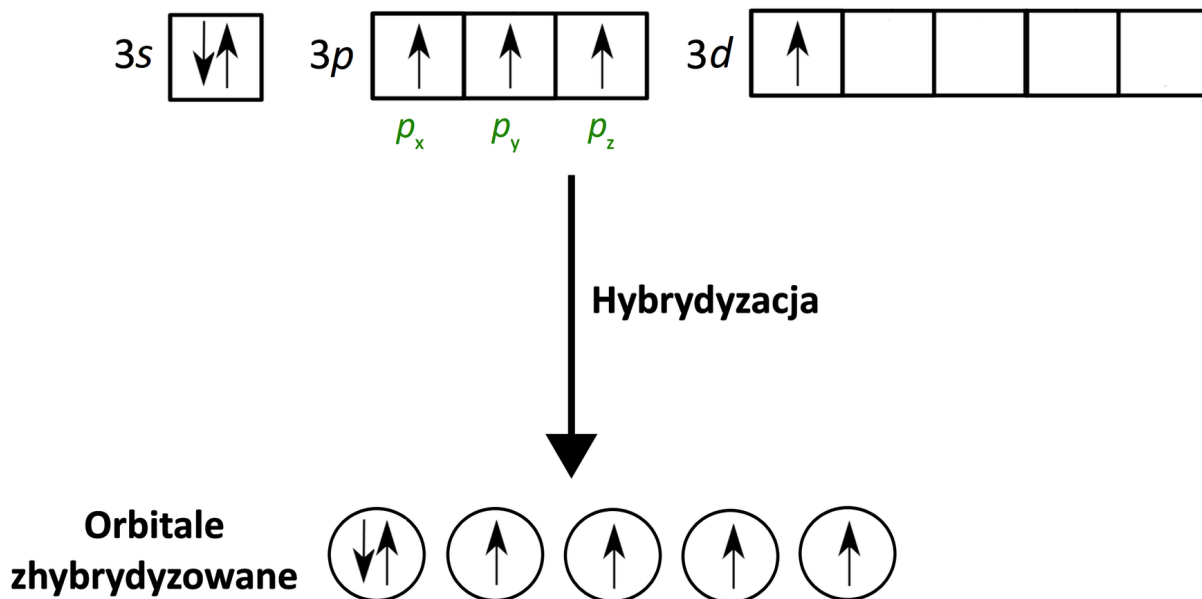




Źródło: GroMar Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Krok 3. Hybrydyzacja

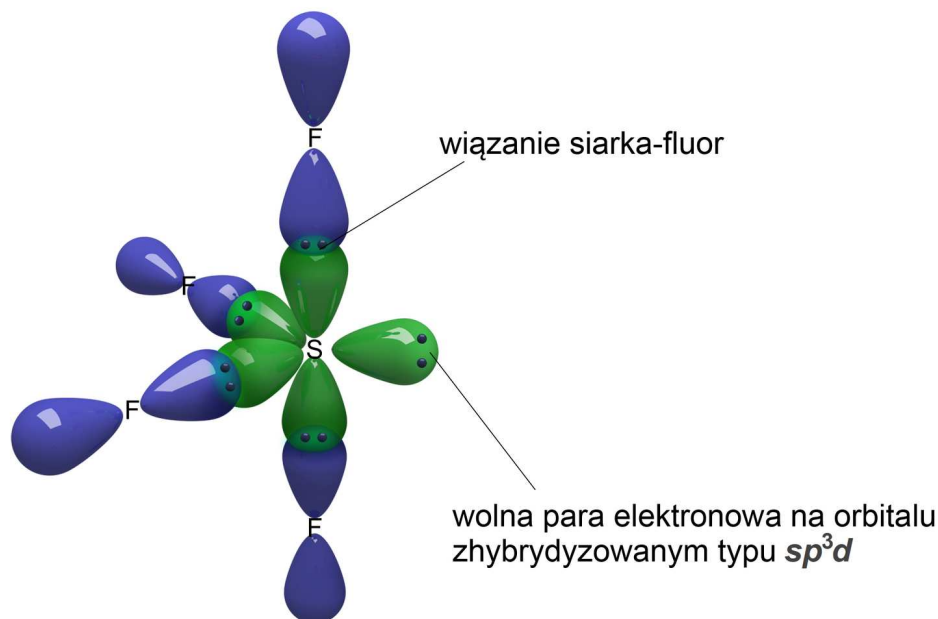
W kolejnym kroku hybrydyzacji ulegają 1 orbital s , 3 orbitale p oraz 1 orbital d .



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

Efektom hybrydyzacji jest utworzenie pięciu równocennych orbitali zhybrydowanych typu sp^3d .

Cztery niesparowane elektrony walencyjne atomu siarki (cztery hybrydy sp^3d) tworzą cztery pary wiążące z niesparowanym elektronem walencyjnym każdego z czterech atomów fluorku, natomiast piąty orbital zhybrydowany zawiera wolną parę elektronową.



Geometria cząsteczki SF_4 z uwzględnieniem zhybryzowanych orbitali sp^3d atomu siarki oraz orbitali p atomów fluoru. Kształt cząsteczki określany jest jako „huśtawka” (ang. see - saw), bisfenoid lub zniekształcony tetraedr.

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

Przykład 2

Hybrydyzacja typu sp^3d^2 w cząsteczce SF_6

W przeciwieństwie do cząsteczki tetrafluorku siarki SF_4 , atom siarki w heksafluorku siarki musi mieć hybrydyzację sp^3d^2 .

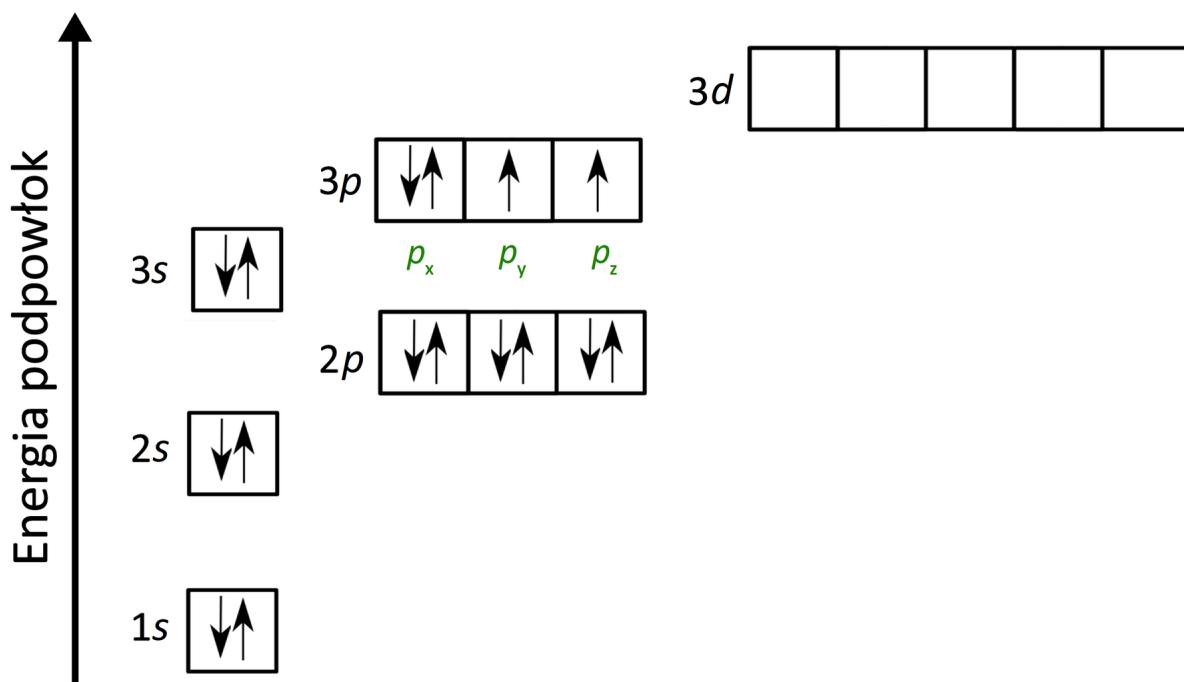
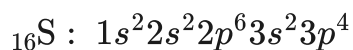
Aby utworzyć sześć wiązań z atomami fluoru, atom siarki musi posiadać 6 niesparowanych elektronów walencyjnych na sześciu równocennych orbitalach zhybryzowanych. W związku z tym w hybrydyzacji muszą uczestniczyć dwa orbitale typu d , a nie jeden.

W hybrydyzacji typu sp^3d^2 dochodzi do wymieszania **jednego** orbitalu typu s , **trzech** orbitali typu p (p_x , p_y , p_z) oraz **dwóch** orbitali typu d , w wyniku czego powstaje **sześć zhybryzowanych orbitali typu sp^3d^2** . Można to zapisać w postaci równania:

$$s + p_x + p_y + p_z + 2d = 6 \text{ orbitali zhybryzowanych typu } sp^3d^2$$

Krok 1. Stan podstawowy

W stanie podstawowym atom siarki (${}_{16}\text{S}$) posiada konfigurację elektronową:



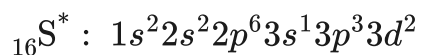
Źródło: GroMar Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

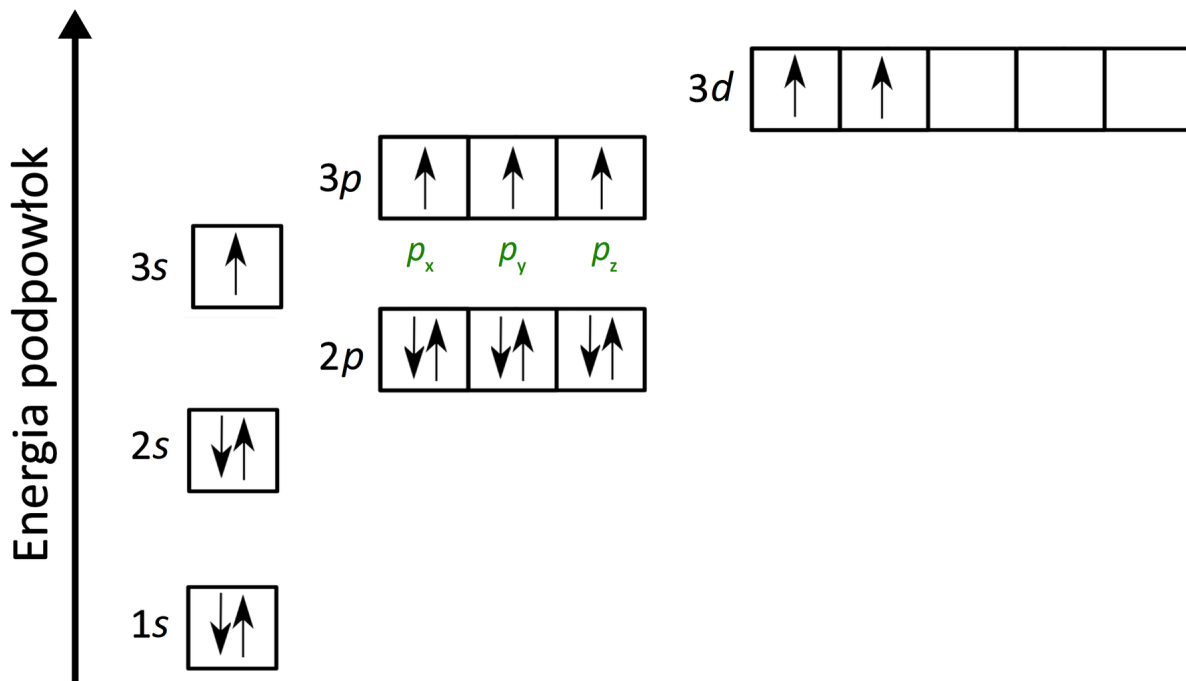
Jeżeli spojrzymy na diagram energetyczny orbitali atomowych, to zauważymy, że na powłoce trzeciej znajdują się trzy podpowłoki - 3s, 3p oraz 3d. Co ważne, podpowłoka typu 3d jest nieobsadzona przez elektrony.

Krok 2. Stan wzbudzony

Aby w cząsteczce heksafluorku siarki (SF_6), atom siarki utworzył wiązania kowalencyjne z atomami fluoru, musi posiadać sześć niesparowanych elektronów. W związku z tym musi nastąpić wzbudzenie elektronów z podpowłoki 3s na podpowłokę 3d. W wyniku wzbudzenia atomu siarki, na podpowłoce 3p pozostały trzy elektrony walencyjne, a na podpowłoce 3d.

W II (drugim) stanie wzbudzonym atom siarki (${}_{16}\text{S}^*$) posiada konfigurację elektronową:

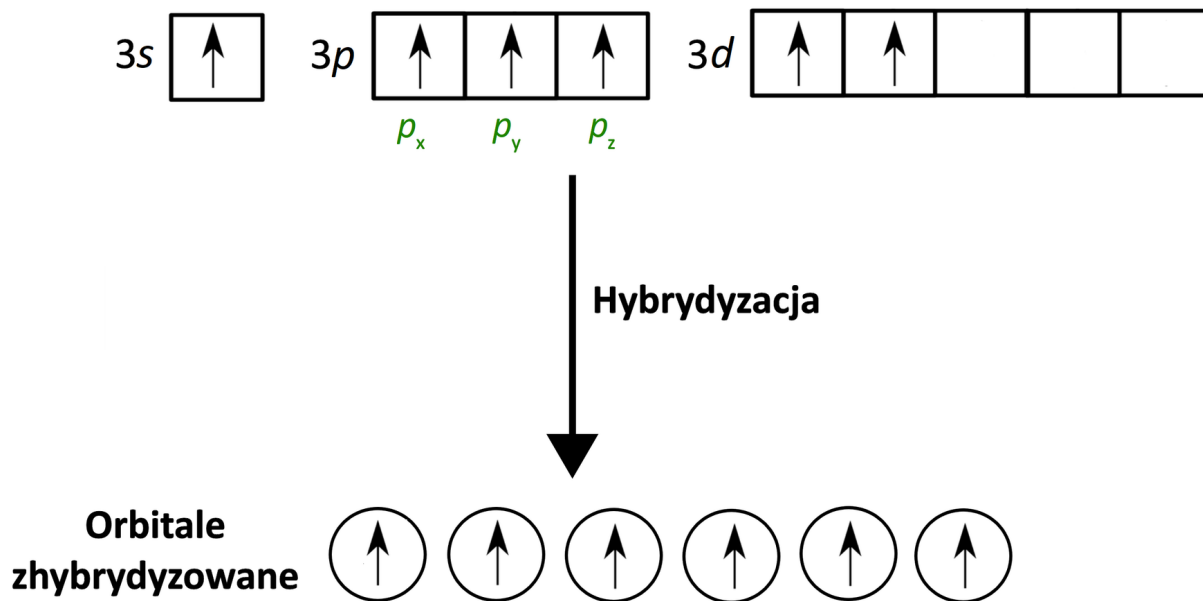




Źródło: GroMar Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Krok 3. Hybrydyzacja

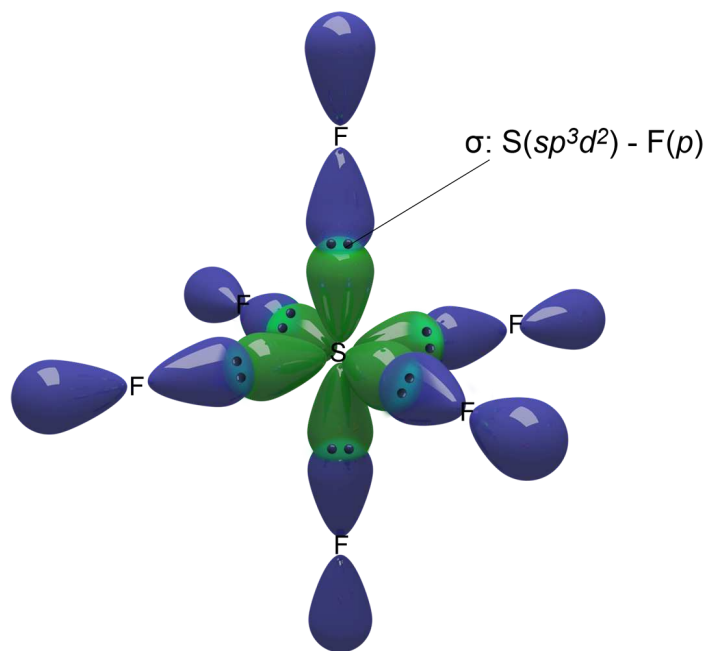
W kolejnym kroku hybrydyzacji ulegają 1 orbital s , 3 orbitale p oraz 2 orbitale d .



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

Efektom hybrydyzacji jest utworzenie sześciu równocennych orbitali zhybrydyzowanych typu sp^3d^2 .

Sześć niesparowanych elektronów walencyjnych atomu siarki (sześć hybryd sp^3d^2) tworzy sześć par wiążących z niesparowanym elektronem walencyjnym każdego z sześciu atomów fluoru, przez co cząsteczka przyjmuje kształt oktaedru.



Geometria cząsteczki SF_4 z uwzględnieniem zhybrydyzowanych orbitali sp^3d^2 atomu siarki oraz orbitali p atomów fluoru. Kształt cząsteczki określany jest jako oktaedr.

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

Ciekawostka

Do roku 2006 jednym z zastosowań związku o wzorze SF_6 było napełnianie poduszek butów sportowych pewnej marki obuwniczej. W plastikowej kieszeni powietrznej przymocowanej do piąty producenci obuwia umieszczali heksafluorek siarki, dzięki czemu obuwie stabilizowało stopę podczas biegania. Z uwagi na fakt, że gaz ten został ogłoszony przez ekologów gazem szkodliwym (cieplarnianym) wycofano go z użycia. Zamiast nim buty wypełniano powietrzem.

Słownik

hybrydyzacja

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

funkcja falowa, opisująca stan jednego elektronu, zależna od współrzędnych określających jego położenie w atomie (orbital atomowy) i w cząsteczce (orbital molekularny, orbital cząsteczkowy)

orbitale zhybrydowane

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

stan podstawowy

stan, w którym elektrony rozmieszczone są w taki sposób, aby atom posiadał najmniejszą energię

stan wzbudzony

każdy stan elektronu o energii wyższej od energii stanu podstawowego; jest wynikiem przejścia elektronu (po pobraniu energii) z podpowłoki o niższej energii na podpowłokę o energii wyższej; jeśli atom znajduje się w stanie wzbudzonym, dopisywany jest przy nim symbol gwiazdki (*)

Bibliografia

Biełański 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

Kaznowski K., Pazdro K. M., *Chemia. Podręcznik dla liceów i techników. Zakres rozszerzony*, Warszawa 2019.

Lee J. D., *Związła chemia nieorganiczna*, tłum. J. Kuryłowicz, Warszawa 1997, wyd. 5.

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

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

A Brief History of Nike Air, 2019, online: <https://news.nike.com/news/history-of-nike-air>, dostęp: 05.02.2022.

Animacja

Polecenie 1

Czy wiesz, na czym polega hybrydyzacja orbitali atomowych? Czy hybrydyzacja może zachodzić również z udziałem orbitali typu d ? Zapoznaj się z poniższą animacją i wykonaj zadania.

Trwa wczytywanie danych ..



Czy orbitale d mogą ulegać hybrydyzacji?

Film dostępny pod adresem </preview/resource/R1c65Z7l6Mazh>

Animacja pt. „Czy orbitale typu d mogą ulegać hybrydyzacji?”

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




Film nawiązujący do treści materiału - odpowiada na pytanie, czy orbitale d mogą ulegać hybrydyzacji.

Ćwiczenie 1

Ćwiczenie 2

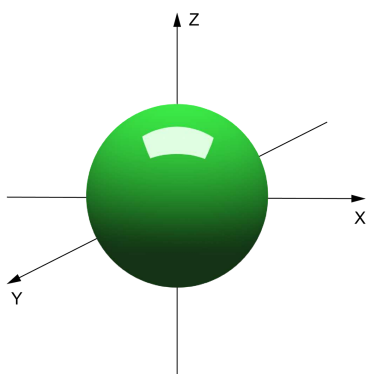
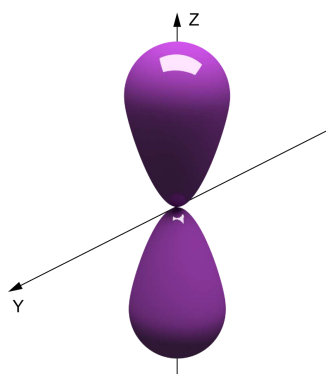
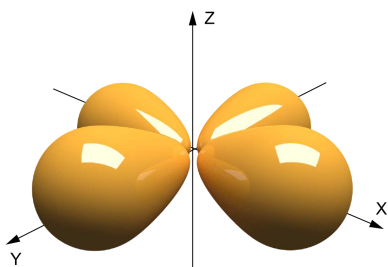
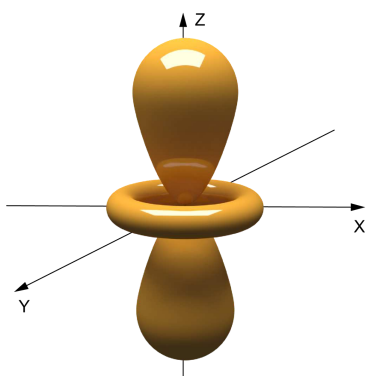
Ćwiczenie 3

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1

Który z przedstawionych modeli prezentuje orbital d ?



Ćwiczenie 2



Wskaż cząsteczki zawierające atom centralny, którego orbitale walencyjne są w stanie hybrydyzacji sp^3d .

H₂O

ClF₃

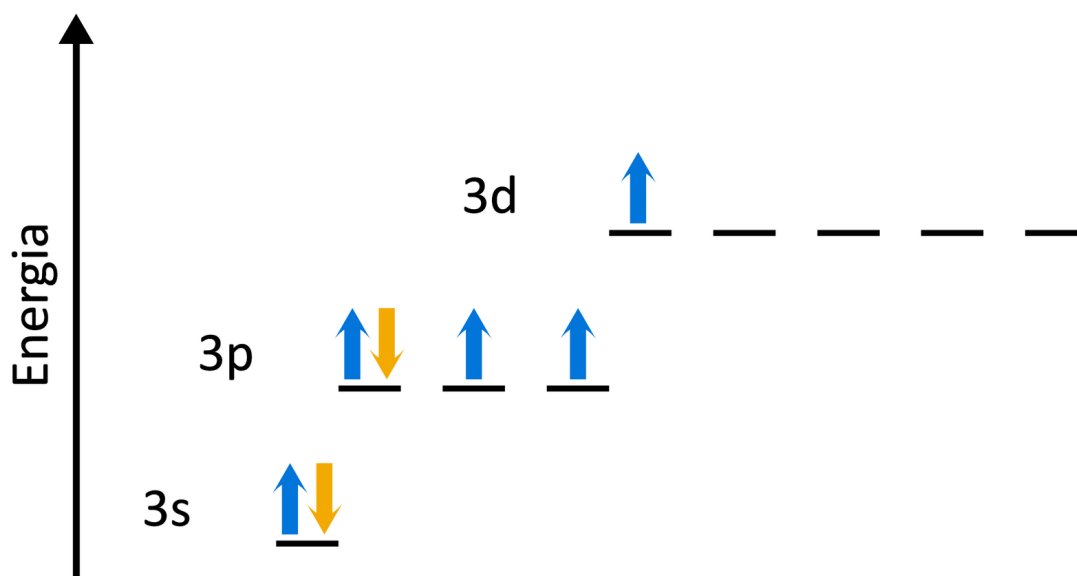
CH₄

XeF₄

Ćwiczenie 3



Poniżej przedstawiono diagram energetyczny elektronów walencyjnych w stanie wzbudzonym atomu jednego z pierwiastków. Na tej podstawie określ typ hybrydyzacji i podaj symbol tego pierwiastka w pierwszym stanie wzbudzonym.



sp^3d Cl

sp^3d P

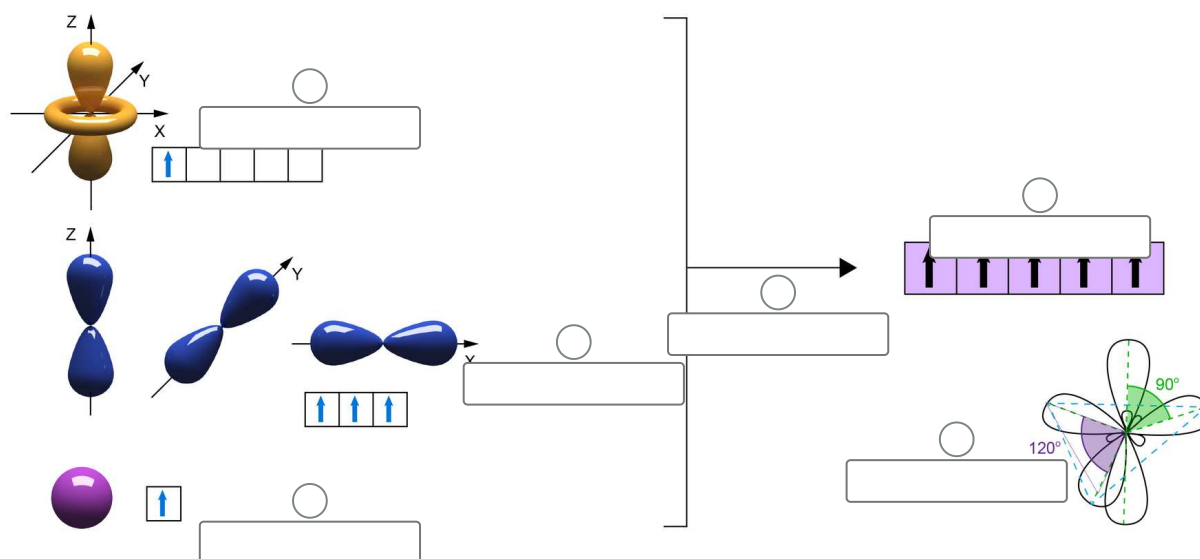
sp C

sp^3 C

Ćwiczenie 4



Opisz rysunek wybierając odpowiednie określenia spośród podanych poniżej.



orbitale atomowe typu d

orbital sp^3d^3

orbitale atomowe typu s

orbital atomowy typu p

wzbudzenie

orbitale zhybrydizowane typu sp^3d

hybrydyzacja

orbitale molekularne

orbitale zhybrydizowane typu sp^3d^5

orbitale zhybrydizowane typu sp^3d

orbital atomowy typu s

orbital atomowy typu d

orbitale sp

orbital sp^3d^2

orbitale atomowe typu p

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

Ćwiczenie 5



Wyjaśnij, dlaczego orbitale walencyjne atomu węgla nie mogą ulegać hybrydyzacji typu sp^3d .

Odpowiedź:

Ćwiczenie 6



Oceń prawdziwość zdań.

Zdanie	Prawda	Fałsz
Typ hybrydyzacji orbitali walencyjnych atomu siarki w cząsteczce SF_4 jest taki sam, jak typ hybrydyzacji orbitali walencyjnych atomu siarki w cząsteczce SO_2 .	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Orbitale typu d posiadają jednakowy kształt.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Jeżeli orbitale walencyjne atomu centralnego w cząsteczce są w stanie hybrydyzacji sp^3d^2 to cząsteczka ma zawsze kształt oktaedru.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
W hybrydyzacji typu sp^3d^2 bierze udział: 1 orbital s , 2 orbitale typu p oraz trzy orbitale typu d	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Ćwiczenie 7



Jaka jest hybrydyzacja orbitali walencyjnych atomu jodu występującego w cząsteczce IF_7 ?
Przedstaw elektronową konfigurację walencyjną atomu jodu w stanie podstawowym i wzbudzonym, korzystając z systemu klatkowego i oceń typ hybrydyzacji.

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

Zaloguj się, aby dodać ilustrację.

Ćwiczenie 8



Pewien nieorganiczny związek chemiczny tworzą dwa pierwiastki: X oraz Y. Atom pierwiastka X stanowi atom centralny i wiadomo, że leży w 15 grupie układu okresowego, a jego rdzeń opisywany jest konfiguracją elektronową neonu. Pierwiastek Y leży w trzecim okresie, a do uzyskania trwałej stabilnej energetycznie konfiguracji elektronowej potrzebuje jednego elektronu.

Stosunek atomowy pierwiastków (X:Y) w związku wynosi 1:5.

Na podstawie powyższych informacji określ wzór sumaryczny związku złożonego z pierwiastków X i Y, rodzaj hybrydyzacji atomu centralnego oraz budowę przestrzenną tej cząsteczki.

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: Czy orbitale d też mogą brać udział w hybrydyzacji?

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

Podstawa programowa:

Zakres rozszerzony

III. Wiązania chemiczne. Oddziaływania międzycząsteczkowe. Uczeń:

3) wyjaśnia tworzenie orbitali zhybrydyzowanych zgodnie z modelem hybrydyzacji, opisuje ich wzajemne ułożenie w przestrzeni.

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 tworzenie się orbitali zhybrydyzowanych typu sp^3d , sp^3d^2 oraz sp^3d^3 z orbitali atomowych;
- formułuje wnioski dotyczące kształtu cząsteczek na podstawie typu hybrydyzacji;
- podaje przykłady atomów pierwiastków, których orbitale walencyjne s , p oraz d ulegają hybrydyzacji;
- konstruuje modele cząsteczek oraz podaje typ hybrydyzacji orbitali walencyjnych atomu centralnego.

Strategie nauczania:

- asocjacyjna.

Metody i techniki nauczania:

- animacja;
- dyskusja dydaktyczna;
- analiza materiału źródłowego;
- ćwiczenia uczniowskie;
- technika baterii.

Formy pracy:

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

Środki dydaktyczne:

- komputery z głośnikami, słuchawkami i dostępem do Internetu;
- zasoby multimedialne zawarte w e-materiale;
- tablica interaktywna/tablica, kreda/pisak;
- zestaw do budowania modeli cząsteczek;
- rzutnik multimedialny.

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 możliwe jest wykorzystanie orbitali typu d w hybrydyzacji? W przypadku atomów centralnych jakich pierwiastków ma miejsce ten zabieg matematyczny? Czy orbitale walencyjne atomu centralnego w cząsteczkach SF_4 i SF_6 są w tym samym stanie hybrydyzacji?

Faza realizacyjna:

1. Budowanie modeli cząsteczek. Nauczyciel dzieli uczniów na grupy dwuosobowe i rozdaje zestaw do budowania modeli cząsteczek (jeden na parę). Następnie prosi uczniów by skonstruowali modele cząsteczek SF_4 i SF_6 . Na wykonanie zadania mają 5 minut. Po tym czasie nauczyciel zadaje pytanie: W jaki sposób powstają wiązania w obu cząsteczkach? Ile wiązań typu σ tworzy atom centralny w każdej cząsteczce? Chętni uczniowie udzielają odpowiedzi.

2. Nauczyciel wyświetla na tablicy interaktywnej animację z medium bazowego „Czy orbitale d też mogą brać udział w hybrydyzacji”, po czym uczniowie sprawdzają zdobytą wiedzę, wykonując wspólnie ćwiczenia załączone do medium. Chętni lub wskazani uczniowie podchodzą do tablicy interaktywnej i rozwiązują zadania na forum klasy.
3. Nauczyciel odsyła uczniów do analizy tekstu źródłowego w e-materiale. Uczniowie zapoznają się z tekstem, na co nauczyciel przeznaczona 10 minut lekcji.
4. Następnie nauczyciel wyświetla na tablicy multimedialnej modele orbitali zhybrydowanych z ich odpowiednią orientacją przestrzenną, a chętni bądź wskazani uczniowie omawiają, na czym polega hybrydyzacja typu sp^3d , sp^3d^2 , sp^3d^3 , po czym uczniowie sporządzają w zeszytach krótką notatkę na temat hybrydyzacji z udziałem orbitali typu d .
5. Uczniowie analizują w e-materiale w sekcji „przeczytaj” przykład 1 i przykład 2. Powrót do fazy wstępnej i konfrontacja wypowiedzi uczniów z nowo nabytymi wiadomościami.
6. Uczniowie pracują w parach i wykonują ćwiczenia zawarte w e-materiale w części „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. Uczniowie na planszy z narysowaną baterią i zaznaczonymi poziomami jej naładowania, np. co 5-10% zaznaczają samoprzylepnymi karteczkami w jakim stopniu opanowali zagadnienia wynikające z zamierzonych do osiągnięcia celów lekcji. W przypadku, gdy bateria nie jest naładowana w 100%, zastanawiają się w jaki sposób podnieść swój poziom posiadanej wiedzy?

Praca domowa:

1. Uczniowie wykonują pozostałe ćwiczenia zawarte w e-materiale – „Sprawdź się”, których nie zdążyli wykonać na lekcji.
2. Nauczyciel prosi uczniów o stworzenie modeli orbitali zhybrydowanych typu sp^3d^2 .

Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania multimedium:

Animacja „Czy orbitale d też mogą ulegać hybrydyzacji?” może być wykorzystana przez uczniów podczas odrabiania pracy domowej.

Materiały pomocnicze:

1. Nauczyciel przygotowuje:

- arkusze papieru;
- mazaki.

2. Nauczyciel przygotowuje planszę z narysowaną baterią i zaznaczonymi poziomami jej naładowania, np. co 5-10% do oceny stopnia opanowania zagadnień oraz samoprzylepne karteczki dla uczniów.

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

- Czym się różnią orbitale zhybrydyzowane od orbitali atomowych niezhybrydyzowanych?
- Hybrydyzacji uległ jeden orbital walencyjny typu s, trzy orbitale walencyjne typu p oraz dwa orbitale walencyjne typu d – określ, jakiego typu hybrydyzacji możemy się spodziewać?
- Jaka jest hybrydyzacja orbitali walencyjnych atomu centralnego w cząsteczkach: IF_7 , BrF_3 , TeCl_4 ?