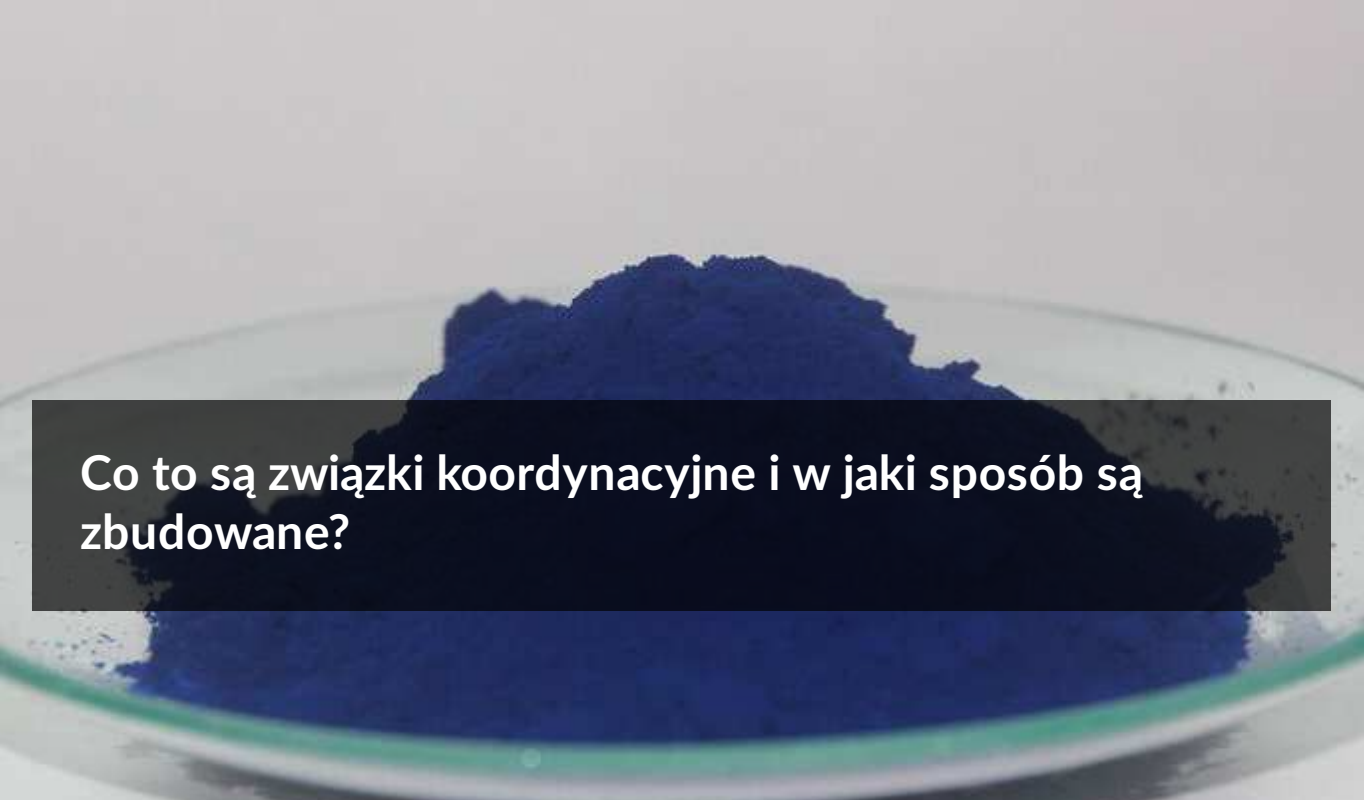




Co to są związki koordynacyjne i w jaki sposób są zbudowane?

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



Co to są związki koordynacyjne i w jaki sposób są zbudowane?

Błękit pruski, czyli heksacyjanożelazian(II) żelaza(III) $\text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3$ to sól kompleksowa. Wykazuje silnie niebieskie zabarwienie powodowane absorpcją światła związaną z przeniesieniem elektronu pomiędzy atomami żelaza na II i III utlenienia.

Źródło: dostępny w internecie: commons.wikimedia.org, domena publiczna.

Hemoglobina odgrywa dużą rolę w transporcie tlenu w naszym organizmie. Z punktu widzenia chemii jest przykładem związku koordynacyjnego, który zawiera kation żelaza Fe^{2+} . Związki koordynacyjne mają szerokie zastosowanie w chemii – mogą służyć jako barwniki, jak np. błękit pruski. Co więcej – chętnie się je wykorzystuje także w przemyśle kosmetycznym oraz farmaceutycznym w postaci popularnych suplementów diety, których zadaniem jest dostarczenie jonów metali do organizmu. Ich postać powoduje, że są lepiej przyswajalne przez nasz organizm.

Twoje cele

- Przeanalizujesz budowę związków koordynacyjnych.
- Wyjaśnisz, na czym polega nazewnictwo związków koordynacyjnych.
- Wykażesz, jak zaprojektować doświadczenia prowadzące do otrzymania związku koordynacyjnego.

Przeczytaj

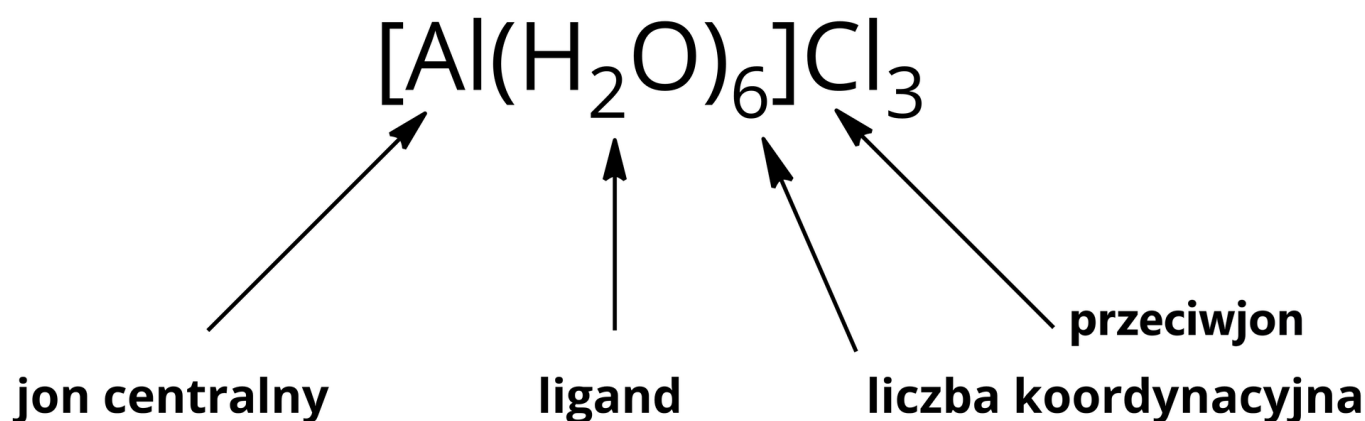
Budowa związku koordynacyjnego

Związek koordynacyjny może być związkiem jonowym, w którym jeden z jonów jest jodem kompleksowym (np. wspomniany już błękit pruski $\text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3$), ale może być też związkiem, w którym nie występują wiązania jonowe np. Ni. Każdy jon lub związek koordynacyjny posiada jon lub atom centralny oraz połączone z nim

ligandy. [Ligandy](#) (donory pary elektronowej) łączą się z jodem lub atomem centralnym (akceptor pary elektronowej) za pomocą [wiązań koordynacyjnych](#). Liczba ligandów, bezpośrednio połączonych z atomem centralnym, to **liczba koordynacyjna**.

Najczęściej liczby koordynacyjne przyjmują wartości od 2 do 6. Liczba koordynacyjna nie jest cechą charakterystyczną danego jonu centralnego, lecz zależy m.in. od rodzaju ligandów. Decyduje o określonej strukturze przestrzennej związku koordynacyjnego.

Związek koordynacyjny składa się z:

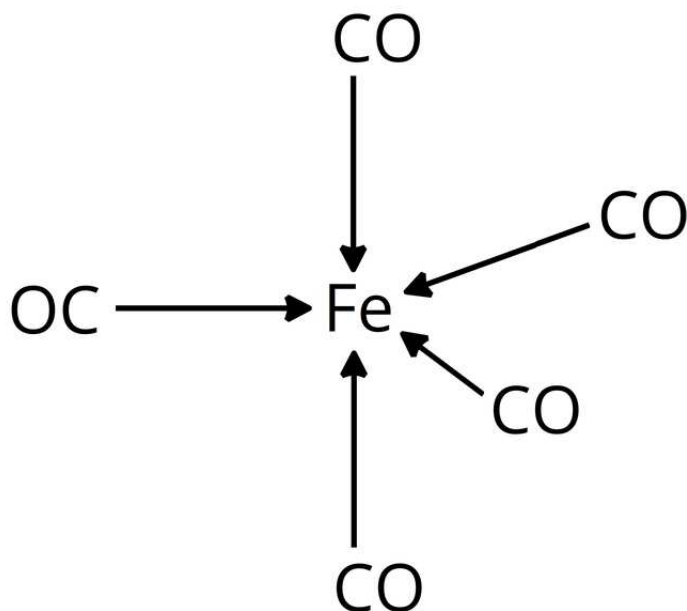


Budowa związku koordynacyjnego

Źródło: GroMar Sp. z o.o., na podstawie M. Krzeczowska, J. Loch, A. Mizera, *Repetitorium chemia. Liceum – poziom podstawowy i rozszerzony*, Warszawa – Bielsko-Biała 2010., licencja: CC BY-SA 3.0.

- [jonu centralnego](#), np. Al^{3+} , Be^{2+} , Cu^{2+} , Co^{2+} , Cr^{3+} , Fe^{3+} , Ni^{2+} , Zn^{2+} , Ag^+ ;

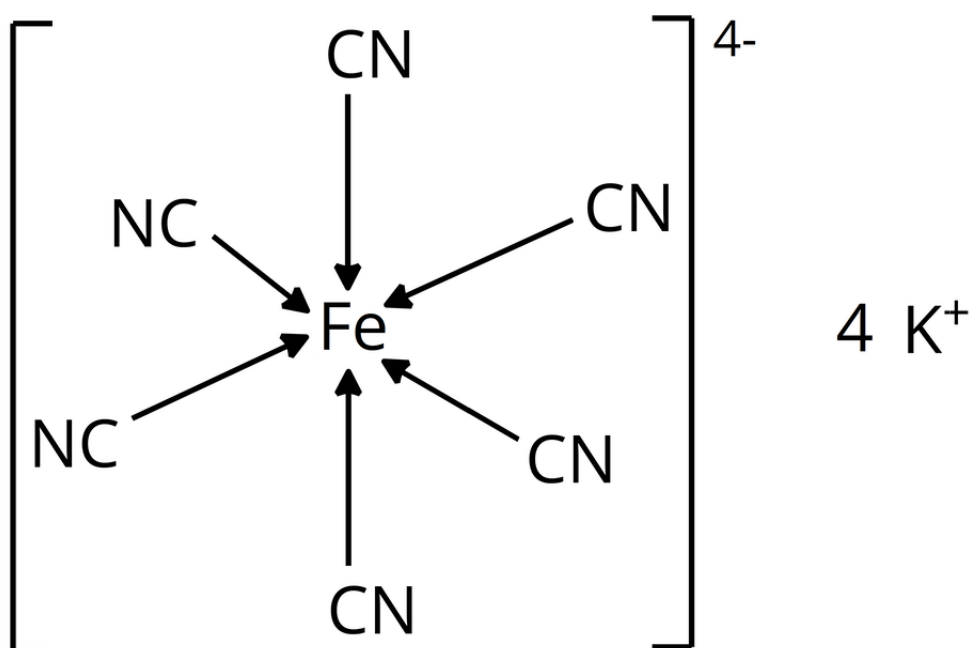
- [ligandów](#), którymi mogą być obojętne cząsteczki, np. H_2O (akwa), NH_3 (amina), CO (karbonyl), NO (nitrozyl), lub jony, np. OH^- (hydrokso), Cl^- (chloro), F^- (fluoro), SCN^- (tiocyjaniano), CN^- (cyjano).



Cząsteczka pentakarbonylżelaza(0) – $\text{Fe}(\text{CO})_5$

Jest to związek kompleksowy, w którym zarówno ligandy (cząsteczki tlenku węgla(II), jak i atom centralny (atom żelaza) nie posiadają ładunku.

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

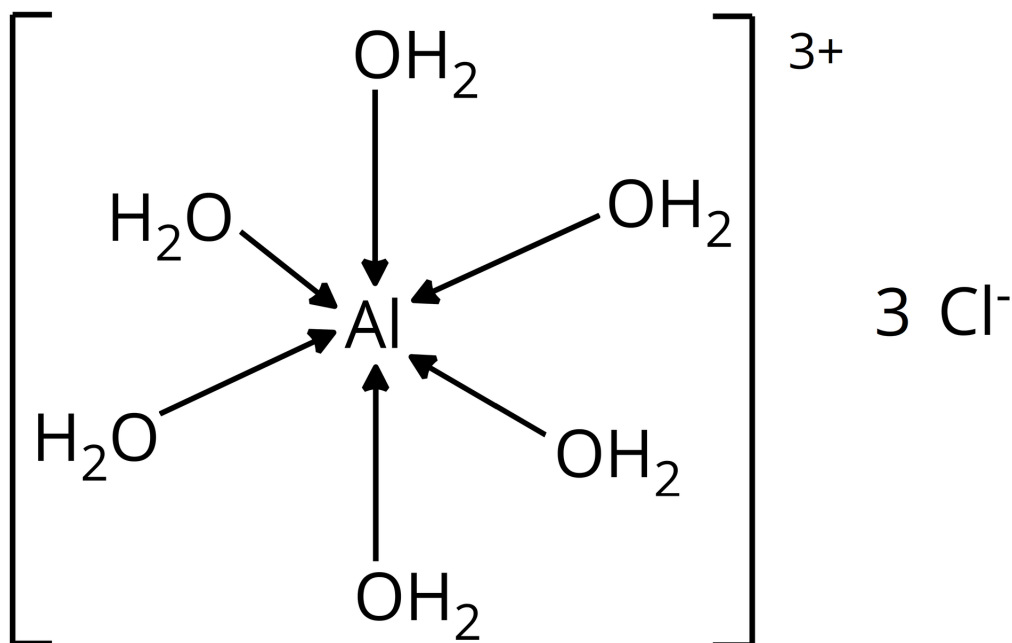


Sól kompleksowa na przykładzie heksacyjanożelazianu(II) potasu – $K_4[Fe(CN)_6]$

W tym związku jon kompleksowy ma ładunek ujemny (-4), który jest sumą ładunków ligandów (jony cyjankowe o ładunku -1 każdy) oraz jonu centralnego (jonu żelaza o ładunku $+2$).

Ładunek jonu kompleksowego jest równoważony przez dodatnie ładunki jonów potasu.

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



Sól kompleksowa na przykładzie chlorku heksaakwaglinu – $[Al(H_2O)_6]Cl_3$

W związku tym jon kompleksowy ma ładunek dodatni ($+3$), który wynika z dodatniego ładunku jonu centralnego (jonu glinu), bowiem ligandy (cząsteczki wody) nie posiadają ładunku.

Ładunek jonu kompleksowego jest równoważony przez ujemne ładunki jonów chlorkowych.

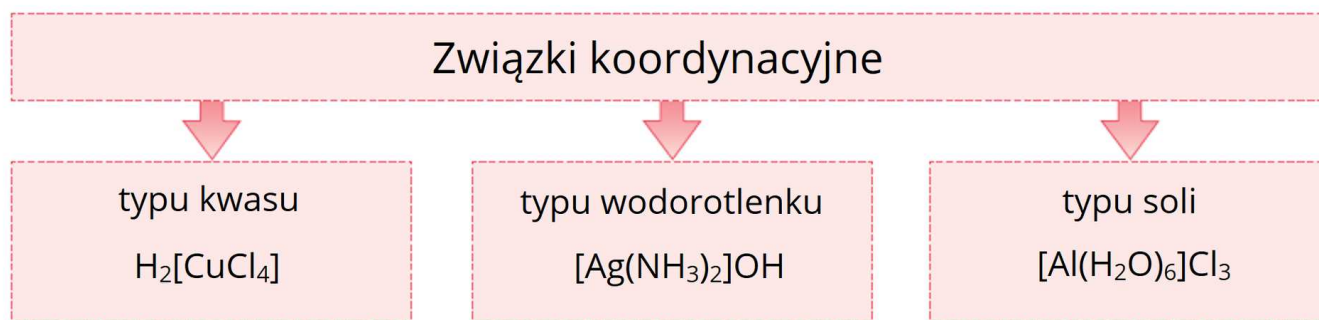
Źródło: GroMar Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Najbardziej typowe liczby koordynacyjne wybranych jonów

Al^{3+}	Be^{2+}	Cu^{2+}	Cr^{3+}	Zn^{2+}	Ag
4 lub 6	4	4	4 lub 6	4	2

Przykładowe liczby koordynacyjne

Przykładowa klasyfikacja związków koordynacyjnych



Rodzaje związków koordynacyjnych

Źródło: GroMar Sp. z o.o., na podstawie M. Krzeczowska, J. Loch, A. Mizera, *Repetitorium chemia: Liceum – poziom podstawowy i rozszerzony*, Wydawnictwo Szkolne PWN, Warszawa – Bielsko-Biała 2010., licencja: CC BY-SA 3.0.

Zasady nazewnictwa w oparciu o tzw. system Stocka

W nazwie obowiązuje **kolejność alfabetyczna wszystkich ligandów**, należy też uwzględnić liczbę ligandów (wtedy stosujemy przedrostki di-, tri-, tetra-, penta-, hekso- itd.), niezależnie od ich rodzaju. Następnie wymienia się jon centralny w odpowiednim przypadku (zależnym od tego, czy jon kompleksowy jest kationem, czy anionem). Gdy ładunek jonu koordynacyjnego wynosi zero, nazwę jonu centralnego podaje się w mianowniku.

Dla przykładu:

- $[Al(H_2O)_6]Cl_3$ chlorek heksaakwaglinu;
- $K_3[Fe(SCN)_6]$ heksatiocyjanianożelazian(III) potasu;

- $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH}$ wodorotlenek diaminasrebra(I);
- $\text{Na}_2[\text{Fe}(\text{CN})_5\text{NO}]$ pentacyjanonitrozylżelazian(III) sodu.

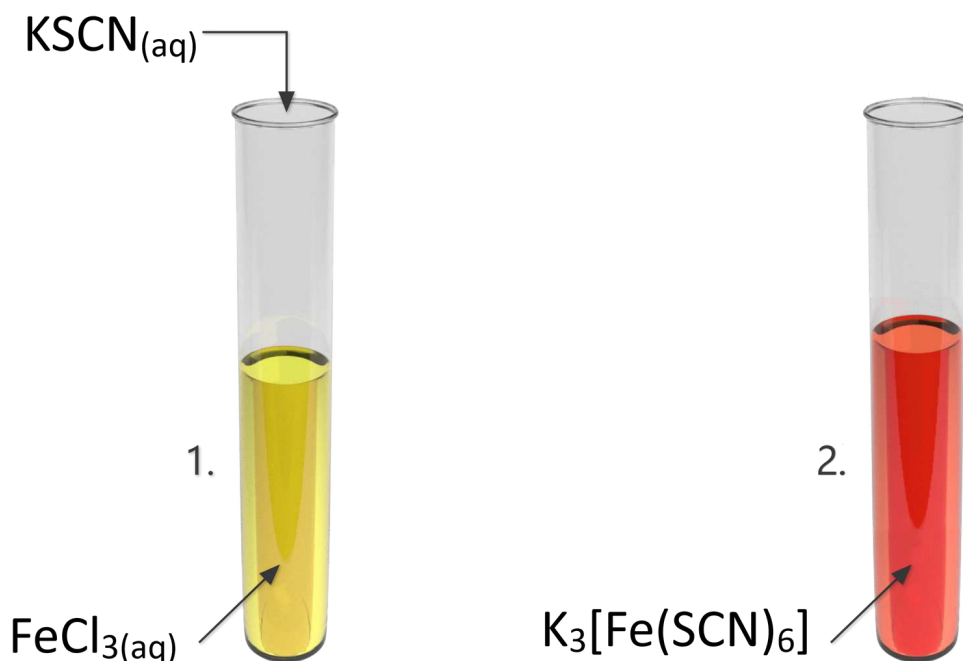
Jeśli związek koordynacyjny jest solą o budowie jonowej, to niezmiennie pozostaje, że najpierw wymieniamy nazwę anionu a później kationu, niezależnie który z nich ma budowę koordynacyjną, np. heksacyjanokobaltan(III) heksaaminachromu(III) $[\text{Cr}(\text{NH}_3)_6][\text{Co}(\text{CN})_6]$.

Jak zaprojektować doświadczenia, które prowadzą do otrzymania związku koordynacyjnego?

Przeprowadzając doświadczenia opisane poniższymi rysunkami, można otrzymać związek koordynacyjny o charakterystycznej barwie.

Przykład 1

Doświadczenie: otrzymywanie heksatiocyjanianożelazanu(III) potasu.



Obserwacje:

Pojawia się krwistoczerwone zabarwienie roztworu.

Wnioski:

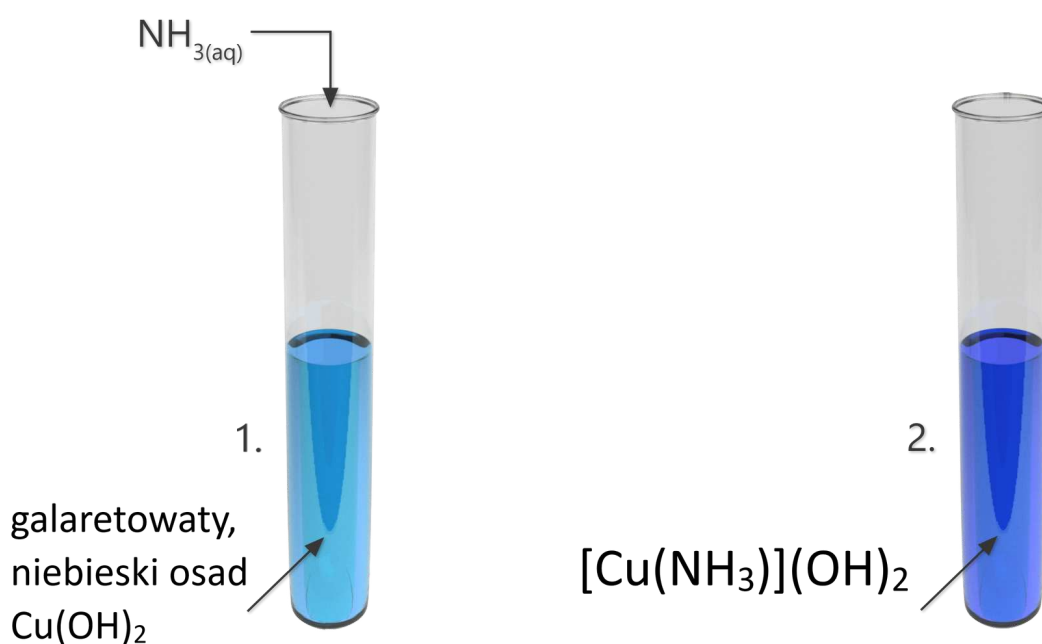
Zachodzi reakcja wg poniższego równania reakcji:



W wyniku reakcji chlorku żelaza(III) z tiocyjanianem potasu powstaje związek o czerwonym zabarwieniu – heksatiocyjanianożelazian(III) potasu oraz chlorek potasu.

Przykład 2

Doświadczenie: otrzymywanie wodorotlenku tetraaminamiedzi(II).



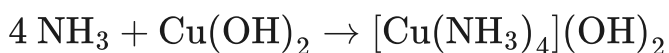
Źródło: GroMar Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Obserwacje:

Osad się rozтворя, a roztwór zabarwia na szafirowo.

Wnioski:

Zachodzi reakcja wg poniższego równania reakcji:



W wyniku reakcji amoniaku z wodorotlenkiem miedzi(II) powstaje związek o szafirowym zabarwieniu - wodorotlenek tetraaminamiedzi(II).

Słownik

jon lub atom centralny

atom bądź jon, który stanowi rdzeń kompleksu i przyłącza (koordynuje) pewną liczbę ligandów, które mogą stanowić cząsteczki lub jony ujemne

ligand

dawniej **addend**; jon lub cząsteczka związane koordynacyjnie z atomem centralnym w związkach koordynacyjnych

wiązanie koordynacyjne

wiązanie donorowo-akceptorowe; wiązanie chem., które tworzy para elektronów, pochodząca od jednego atomu (donora), wiążącego się z drugim atomem (akceptorem) o niezapełnionej powłoce elektronowej

Bibliografia

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

Krzeczkowska M., Loch J., Mizera A., *Chemia. Repetytorium. Liceum – poziom podstawowy i rozszerzony*, Warszawa – Bielsko-Biała 2010.

Trzebiatowski W., *Chemia nieorganiczna*, wyd. VIII, PWN, Warszawa 1978 r.

Animacja

Polecenie 1

Co to są związki koordynacyjne i w jaki sposób są zbudowane? Zapoznaj się z poniższą animacją i zwróć uwagę na wyjaśnienie pojęć: atom centralny, ligand, liczba koordynacyjna. Następnie rozwiąż ćwiczenia sprawdzające zamieszczone pod animacją.

Film dostępny pod adresem <https://zpe.gov.pl/a/DGQghKDGT>

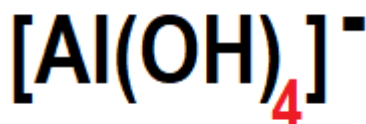
Animacja pt. „Co to są związki koordynacyjne i w jaki sposób są zbudowane?”

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

Animacja przedstawia zagadnienie związków koordynacyjnych i ich budowy. Podane są przykłady związków koordynacyjnych, jonów stanowiących centrum związku oraz ligandów.

Ćwiczenie 1

Dokończ zdanie. Liczba, zaznaczona na kolor czerwony, jest w związku koordynacyjnym:



☐ liczbą pierwszą.

☐ liczba kwantową.

☐ liczbą całkowitą.

☐ liczbą koordynacyjną.

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

Ćwiczenie 2

Określ, które zdanie jest prawdziwe, a które fałszywe. Zaznacz Prawda/Fałsz.

Zdanie	Prawda	Fałsz
Związki koordynacyjne to związki chemiczne, w których atom lub jon centralny łączy się wiązaniami koordynacyjnymi z ligandami.	☐	☐
Związki koordynacyjne muszą mieć przynajmniej dwa wiązania koordynacyjne pomiędzy atomem lub jodem centralnym a ligandem.	☐	☐
Ze względu na ilość występujących atomów lub jonów centralnych, związki koordynacyjne możemy podzielić na jednordzeniowe i wielordzeniowe.	☐	☐

Ćwiczenie 3

Dopasuj poniższe związki koordynacyjne w odpowiednie miejsca.

Jednordzeniowe



Wielordzeniowe

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



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

Ćwiczenie 2



Odczynnikiem stosowanym w próbie Tollensa jest amoniakalny roztwór tlenku srebra(I), czyli związek o wzorze: $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH}$. Podaj jego nazwę, określ jon centralny, ligandy oraz liczbę koordynacyjną.

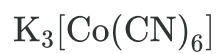
Rozwiązanie oraz odpowiedź zapisz w zeszycie do lekcji chemii, zrób zdjęcie, a następnie umieść je w wyznaczonym polu.

Zaloguj się, aby dodać ilustrację.

Ćwiczenie 3



Ułóż nazwę związku koordynacyjnego.



kobaltan



heksa



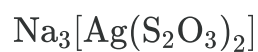
potasu



(III)



cyjano



siarczano



srebrzan



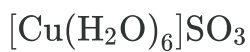
sodu



(I)



tio



(IV)



(II)



siarczan



akwa



miedzi



heksa



$K_4[NiF_6]$

sodu



fluoro



heksa



(II)



niklan



Ćwiczenie 4



Chlorek miedzi(II) w warunkach niestandardowych (np. wysoka temperatura, stężony roztwór HCl) zareaguje z kwasem solnym, tworząc pewien związek koordynacyjny typu kwas, który w roztworze wodnym przyjmuje barwę żółtą. Wiedząc, że liczba koordynacyjna w tym związku wynosi 4, napisz równanie zachodzącej reakcji oraz podaj nazwę powstałego produktu.

Rozwiązanie oraz odpowiedź zapisz w zeszyte do lekcji chemii, zrób zdjęcie, a następnie umieść je w wyznaczonym polu.

Zaloguj się, aby dodać ilustrację.

Ćwiczenie 5



Ćwiczenie 6



Uzupełnij tabelę. Podaj nazwy związków koordynacyjnych. Używaj wyłącznie małych liter. Pamiętaj o wartościowościach pierwiastków.

Nazwa	Wzór związku
	$[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_6]\text{Cl}_3$
	$[\text{Co}(\text{NH}_3)_5\text{Cl}]\text{Cl}_3$
	$\text{K}_2[\text{PdCl}_4]$
	$[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4](\text{OH})_2$
	$\text{Ni}(\text{CO})_4$

Ćwiczenie 7



W celu rozтворzenia złota należy zastosować tzw. wodę królewską. Jest to mieszanina stężonych kwasów HCl i HNO_3 zmieszanych w stosunku objętościowym 3 : 1. Produktem reakcji złota z wodą królewską jest kwas tetrachlorozłotowy(III) o wzorze sumarycznym HAuCl_4 , będący mocnym elektrolitem, oraz tlenek azotu(IV).

Napisz w formie jonowej z uwzględnieniem pobranych lub oddanych elektronów (zapis jonowo-elektronowy) równania procesów redukcji i utleniania oraz napisz pełne równanie reakcji w formie jonowej i cząsteczkowej dla przemiany opisanej w informacji wprowadzającej.

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

Zaloguj się, aby dodać ilustrację.

Ćwiczenie 8



Zapisz równanie reakcji otrzymywania związku koordynacyjnego o wzorze $\text{Na}_2[\text{Be}(\text{OH})_4]$ z wodorotlenku berylu. Podaj nazwę systematyczną tego związku koordynacyjnego, określ jon centralny, ligand oraz liczbę koordynacyjną, a następnie zapisz proces dysocjacji elektrolitycznej tego związku i podaj nazwy jonów obecnych w roztworze.

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

Zaloguj się, aby dodać ilustrację.

Dla nauczyciela

Autor: Gabriela Iwińska

Przedmiot: Chemia

Temat: Co to są związki koordynacyjne i w jaki sposób są zbudowane?

Grupa docelowa:

Szkoła ponadpodstawowa, liceum ogólnokształcące, technikum, zakres podstawowy i rozszerzony

Podstawa programowa:

Poziom podstawowy i rozszerzony

Wymagania ogólne

II. Rozumowanie i zastosowanie nabytej wiedzy do rozwiązywania problemów. Uczeń:

4) wskazuje na związek między właściwościami substancji a ich budową chemiczną.

Kształtowane kompetencje kluczowe:

- kompetencje cyfrowe;
- kompetencje osobiste, społeczne i w zakresie umiejętności uczenia się;
- kompetencje matematyczne oraz kompetencje w zakresie nauk przyrodniczych, technologii i inżynierii;
- kompetencje w zakresie rozumienia i tworzenia informacji.

Cele operacyjne

Uczeń:

- analizuje budowę związków koordynacyjnych;
- wyjaśnia zasady nazewnictwa związków koordynacyjnych;
- projektuje doświadczenie prowadzące do otrzymania związku koordynacyjnego.

Strategie nauczania:

- strategia asocjacyjna.

Metody i techniki nauczania:

- symulacja interaktywna;

- analiza materiału źródłowego oraz ćwiczenia uczniowskie;
- dyskusja;
- technika zdań podsumowujących;
- burza mózgów;
- metoda stolików eksperckich.

Formy pracy:

- praca indywidualna;
- praca w parach;
- praca w grupach;
- praca całego zespołu klasowego.

Środki dydaktyczne:

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

Przebieg lekcji

Faza wstępna:

1. Zaciekawienie i dyskusja. Nauczyciel zadaje uczniom pytania, zaciekawiając tematem. Przykładowe pytania: jaki związek koordynacyjny służy jako niebieski pigment? Czy wiesz, czym jest błękit pruski? Jakie związki koordynacyjne wykorzystuje się w popularnych suplementach diety?
2. Prowadzący lekcję określa cel zajęć i informuje uczniów o ich planowanym przebiegu. Przedstawia kryteria sukcesu oraz podaje temat lekcji: „Co to są związki koordynacyjne i w jaki sposób są zbudowane?”.
3. Rozpoznawanie wiedzy wyjściowej uczniów. Burza mózgów wokół pojęcia „związki koordynacyjne”.

Faza realizacyjna:

1. Praca metodą JIGSAW. Nauczyciel dzieli klasę na trzy grupy. Są to tzw. grupy eksperckie. Każdy uczestnik zostaje ekspertem, który w istotny sposób przyczyni się do sukcesu całej grupy. Każdy uczeń występuje w roli uczącego się i nauczającego. Zespoły otrzymują arkusze papieru i mazaki. Nauczyciel przydziela im różne zagadnienia do opracowania w ciągu 10 minut::
- I grupa – budowa związku koordynacyjnego;
 - II grupa – najbardziej typowe liczby koordynacyjne wybranych jonów oraz klasyfikacja związków koordynacyjnych;

- III grupa – zasady nazewnictwa w oparciu o tzw. system Stocka.
2. Każda grupa zapoznaje się z informacjami w ramach swojego zagadnienia, korzystając z e-materiałów (zwłaszcza informacje przedstawione na schemacie interaktywnym), podręcznika tradycyjnego oraz internetu. W opracowaniach grupy zwracają uwagę na budowę wewnętrzną, właściwości i zastosowanie podanych materiałów lub pierwiastków. Efektem pracy powinno być wspólne opracowanie na podstawie dyskusji oraz uczenia się nawzajem.
 3. Na umówiony znak uczniowie tworzą nowe grupy tak, aby w każdej nowej grupie znaleźli się eksperci z wszystkich pozostałych grup.
 4. Eksperci kolejno relacjonują to, czego nauczyli się w swoich pierwotnych grupach, czyli ekspert grupy I uczy pozostałych tego, czego się nauczył sam przed chwilą itd. Uczący uczestnicy przekazują wiedzę pozostałym uczniom. Każda z grup w ten sposób zapoznaje się z całym materiałem przewidzianym do realizacji na danej jednostce lekcyjnej (czas ok. 10 min).
 5. Eksperci wracają do swoich pierwotnych grup, konfrontują zdobytą wiedzę, uzupełniają, sprawdzają, czy wszyscy posiadają zbieżne informacje w omawianych kwestiach (czas ok. 7 minut).
 6. Omówienie na forum klasy otrzymywania związków koordynacyjnych, np. chlorku diaminasrebra(I), tetrahydroksocynkanu sodu, di(tiosiarczano)srebrzanu(I) sodu.
 7. Uczniowie w parach sprawdzają swoją wiedzę wykonując ćwiczenia zawarte w e-materiale – sprawdź się.

Faza podsumowująca:

1. Uczniowie w tych samych parach pracują z medium bazowym – analizują animację pt. „Co to są związki koordynacyjne i w jaki sposób są zbudowane?”. Następnie wykonują co najmniej jedno polecenie dołączone do medium.
2. Jako podsumowanie lekcji nauczyciel może wykorzystać zdania do uzupełnienia, które uczniowie również zamieszczają w swoim portfolio:
 - Przypomniałem/łam sobie, że...
 - Co było dla mnie łatwe...
 - Czego się nauczyłem/łam...
 - Co sprawiało mi trudność...

Praca domowa:

1. Uczniowie wykonują ćwiczenia interaktywne, których nie rozwiązali na zajęciach.

Materiały pomocnicze:

- K. H. Lautenschläger, W. Schröter, A. Wanninger, *Nowoczesne kompendium chemii*, tłum. A. Dworak, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2014.

- L. Jones, P. Atkins, *Chemia ogólna : cząsteczki, materia, reakcje*, tłum. J. Kuryłowicz, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2004.

Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania multimedium:

- Medium w sekcji „Animacja” można wykorzystać jako materiał służący powtórzeniu materiału w temacie „Co to są związki koordynacyjne i w jaki sposób są zbudowane?”.