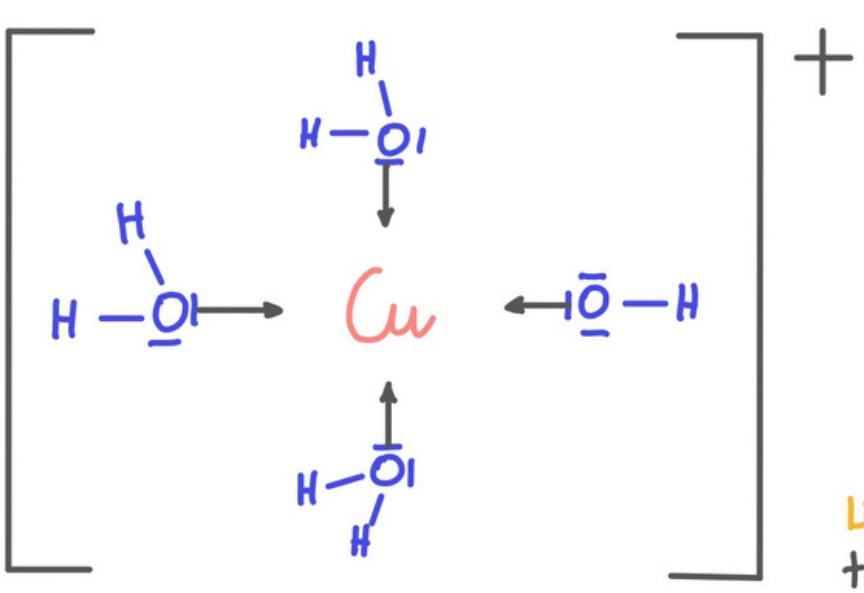
Związki Kompleksowe

to związki chemiczne, które posiadają atom centralny otoczony przez ligandy, z których przynajmniej jeden ligand jest połączony z atomem centralnym wiązaniem koordynacyjnym.

np. $[Cu(H_2O)_3OH]^+$

- $[Cu$ – atom centralny
- $(H_2O)_3OH$ – ligandy
- 3 – liczba koordynacyjna
- $]^+$ – ładunek jonu



Atom centralny
metal posiadający wakle elektronowe.

Ligand
posiada atom, który ma min. 1 wolną parę elektronową.
np. H_2O, NH_3, OH^-, Cl^-...

Liczba koordynacyjna
to liczba ligandów związanych z atomem centralnym.



Kurs maturalny
samurajchemiczny.elms.pl

Julia Kasbrylak juliakasbrylak@gmail.com

Trwałe związki kompleksowe - związek między stopniem utlenienia a liczbą koordynacyjną:

st. utl.	liczba koordynacyjna	np.
+I	2	$[Ag(NH_3)_2]^+$
+II	4	$[Zn(OH)_4]^{2-}$
+III	4, 6	$[Al(OH)_4]^-$, $[Al(OH)_6]^{3-}$

Ładunek kompleksu to wynik sumowania ładunku elektrycznego jonu centralnego i ligandów. Kompleksy mogą być:

- kationami np. $[Ag(NH_3)_2]^+$
- anionami np. $Zn(OH)_4^{2-}$
- elektrycznie obojętne np. $PtCl_2(NH_3)_2$

Poprawny zapis

$[Zn(OH)_4]^{2-}$

$Zn(OH)_4^{2-}$

Błędny zapis

~~$Zn[OH]_4^{2-}$~~



Kurs maturalny
samurajchemiczny.elms.pl

Julia Kasbrylak juliakasbrylak@gmail.com

$$[\overset{+II}{Zn}(OH)_4]^{2-}$$

końcówka dla anionu

anion tetrahydroksocynkowy(II)

2 - di
4 - tetra
6 - heksa

OH^- - hydrakso-
Cl^- - chloro-
O_2^- - oksO
CN^- - cyjano

NH_3 - amina
H_2O - akwa

nazwa metalu + ian
+ an dla anionów

wartość zależy od przyjętej metody nazewnictwa:

- STOCKA
  stopień utlenienia atomu centralnego: (II)
- Bassetta
  ładunek kompleksu: (2-)

Zadanie

$Cu(NH_3)_4^{2+}$

$Ag(NH_3)_2^{+}$

$Mg(H_2O)_4^{2+}$

$Zn(OH)_4^{2-}$

$Na_3Al(OH)_6$

$PtCl_2(NH_3)_2$



Kurs maturalny
samurajchemiczny.elms.pl

Julia Kasbrylak juliakasbrylak@gmail.com

OTRZYMYWANIE

metal + zasada + H_2O ⟶ kompleks + H_2

$Zn + 2KOH + 2H_2O \longrightarrow K_2[Zn(OH)_4] + H_2$

tl. amf + zasada + woda ⟶ kompleks

$ZnO + 2KOH + H_2O \longrightarrow K_2[Zn(OH)_4]$

wodorotlenek amf. + zasada ⟶ kompleks

$Zn(OH)_2 + 2KOH \longrightarrow K_2Zn(OH)_4$

sól + zasada (nadmiar) ⟶ kompleks + sól

$ZnCl_2 + 4KOH \longrightarrow K_2Zn(OH)_4 + 2KCl$

wodorotlenek + NH_3 ⟶ kompleks

$Zn(OH)_2$, $Cu(OH)_2$, Ag_2O

$Cu(OH)_2 + 4NH_3 \longrightarrow Cu(NH_3)_4(OH)_2$



Kurs maturalny
samurajchemiczny.elms.pl

Julia Kasbrylak juliakasbrylak@gmail.com

kompleksy reagują z kwasami, tlenkami kwasowymi i ulegają reakcjom wymiany ligandu.

$$Na_2[Zn(OH)_4] + 2HCl \longrightarrow Zn(OH)_2 + 2NaCl + 2H_2O$$

$$Na_2[Zn(OH)_4] + 4HCl \longrightarrow ZnCl_2 + 2NaCl + 4H_2O$$

$$Na_2Zn(OH)_4 + CO_2 \longrightarrow Zn(OH)_2 + Na_2CO_3 + H_2O$$

$$[Cu(H_2O)_6]^{2+} + 4NH_3 \longrightarrow [Cu(NH_3)_4]^{2+} + 6H_2O$$



Kurs maturalny
samurajchemiczny.elms.pl

Julia Kasbrylak juliakasbrylak@gmail.com

Zadanie 26.1

Dokończ równania reakcji – każda z zapisanych zachodzi.

$Cu(OH)_2 + NH_3 \longrightarrow$

$Cu(OH)_2 + KOH \longrightarrow$

$Na_2[Cu(OH)_4] + NH_3 \longrightarrow$

$Na_2Cu(OH)_4 + CO_2 \longrightarrow$

$CuSO_4 + NH_3 \cdot H_2O \longrightarrow$

$AgNO_3 + NH_{3(nadm)} \longrightarrow$

$Al(OH)_3 + KOH \longrightarrow$

$+ \quad + \longrightarrow Na[Al(OH)_4]$

$Be + KOH + H_2O \longrightarrow$



Kurs maturalny
samurajchemiczny.elms.pl

Julia Kasbrylak juliakasbrylak@gmail.com

26.
2

Zadanie 16. (0–1)

Jony miedzi(II) tworzą wiele różnych związków kompleksowych. W roztworze wodnym nie występują w postaci prostych kationów Cu^{2+}, lecz jako jony uwodnione, czyli akwakompleksy. W akwakompleksie jon miedzi(II) przyjmuje liczbę koordynacyjną równą 6. Ten kompleks jest mniej trwały niż kompleks miedzi(II) z amoniakiem, dlatego w obecności amoniaku o odpowiednim stężeniu w roztworze związku miedzi(II) tworzy się aminakompleks, w którym liczba koordynacyjna jonu Cu^{2+} także jest równa 6, ale cztery cząsteczki wody są zastąpione czterema cząsteczkami amoniaku. Nosi on nazwę jonu diakwatetraaminamiedzi(II). Obecność tych jonów nadaje roztworowi ciemnoniebieską barwę. Roztwory, w których obecne są opisane jony kompleksowe, przedstawiono na poniższych fotografiach.



akwakompleks miedzi(II)



jon diakwatetraaminamiedzi(II)

Na podstawie: A. Bielański, *Podstawy chemii nieorganicznej*, Warszawa 2010
oraz M. Cieślak-Golonka, J. Starosta, M. Wasielewski, *Wstęp do chemii koordynacyjnej*, Warszawa 2010.

Napisz wzory opisanych jonów kompleksowych: akwakompleksu miedzi(II) oraz jonu diakwatetraaminamiedzi(II).

Wzór akwakompleksu miedzi(II): .....

Wzór jonu diakwatetraaminamiedzi(II): .....

26.
3

Informacja do zadań 16.–19.

W celu określenia składu jakościowego dwuskładnikowego stopu glinu i metalu Me przeprowadzono dwuetapowe doświadczenie.

Etap 1.: Do 10,0 g stopu dodano nadmiar stężonego roztworu wodorotlenku sodu i zaobserwowano, że część stopu uległa roztworzeniu, przy czym w reakcji wydzielał się palny gaz, o gęstości mniejszej od gęstości powietrza. Masa nieprzereagowanej części stopu wynosiła 8,1 g. Otrzymany po oddzieleniu roztworu metal Me poddano dalszym badaniom.

Etap 2.: Do nieprzereagowanego składnika dodano nadmiar roztworu HNO_3 i zaobserwowano wydzielenie bezbarwnego gazu, który u wylotu probówki zmieniał barwę na brązową. W powstałym roztworze były obecne jony Me^{+}. Po ustaniu wydzielania się gazu do roztworu dodano nadmiar wodnego roztworu wodorotlenku sodu i zaobserwowano pojawienie się osadu.

Zadanie 16. (0–1)

Zapisz w formie jonowej skróconej równanie reakcji zachodzącej po dodaniu stężonego roztworu wodorotlenku sodu do glinu, jeżeli w reakcji powstaje anion tetrahydroksoglinianowy.

.....

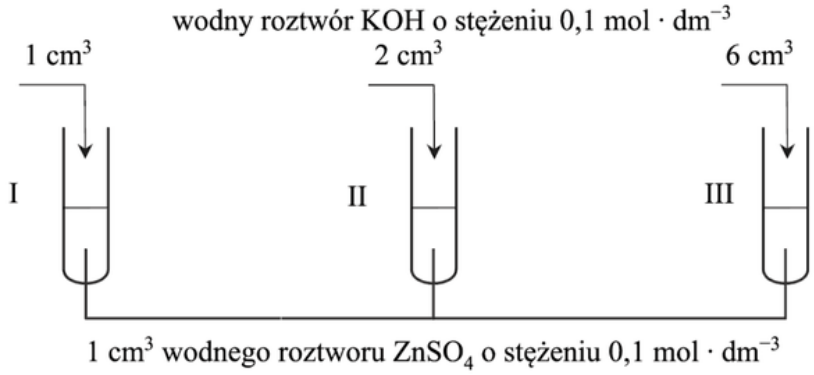


Kurs maturalny
samurajchemiczny.elms.pl

26.
4

Zadanie 18.

Przeprowadzono doświadczenie, którego przebieg zilustrowano na poniższym schemacie:



Zadanie 18.2. (0–1)

Napisz w formie jonowej skróconej równanie reakcji, która zaszła w probówce III. Uwzględnij, że jednym z produktów jest jon kompleksowy o liczbie koordynacyjnej 4.

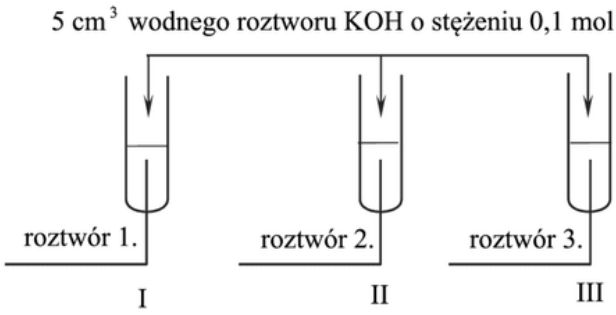
.....

26.
5

Informacja do zadań 6.–8.

W trzech probówkach I–III znajdują się rozmieszczone w przypadkowej kolejności wodne roztwory trzech soli: azotanu(V) glinu, azotanu(V) potasu i azotanu(V) magnezu. Te roztwory mają taką samą objętość $V = 5$ cm^3 i jednakowe stężenie molowe $c_m = 0{,}2$ mol · dm^{-3}. W celu zidentyfikowania zawartości probówek przeprowadzono dwuetapowe doświadczenie.

W etapie pierwszym do probówek dodano wodny roztwór wodorotlenku potasu.



Po dodaniu niewielkiej ilości roztworu wodorotlenku potasu powstały w probówkach I i II białe osady, a w probówce III nie zaobserwowano objawów reakcji.

W etapie drugim doświadczenia do probówek z wytrąconymi osadami dodano kolejne porcje roztworu wodorotlenku potasu. Objawy reakcji zaobserwowano tylko w probówce II.

Zadanie 8. (0–1)

Napisz w formie jonowej skróconej równanie reakcji zachodzącej w probówce II podczas drugiego etapu doświadczenia, jeżeli w tym procesie powstaje anion kompleksowy.

.....



Kurs maturalny
samurajchemiczny.elms.pl

26.6

Zadanie 11.

Na odważkę stopu glinu z magnezem o masie 7,50 g podziałano nadmiarem rozcieńczonego kwasu solnego. Podczas roztwarzania stopu w kwasie solnym zachodziły reakcje zilustrowane równaniami:

$$2Al + 6HCl \rightarrow 2AlCl_3 + 3H_2$$
$$Mg + 2HCl \rightarrow MgCl_2 + H_2$$

W wyniku całkowitego roztworzenia stopu otrzymano klarowny roztwór, do którego dodano nadmiar wodnego roztworu wodorotlenku sodu. Zaszły reakcje opisane równaniami:

$$AlCl_3 + 6NaOH \rightarrow Na_3[Al(OH)_6] + 3NaCl$$
$$MgCl_2 + 2NaOH \rightarrow Mg(OH)_2 + 2NaCl$$

Otrzymany nierozpuszczalny w wodzie związek odsączono, przemyto wodą, wysuszono i zważono. Jego masa (w przeliczeniu na czysty wodorotlenek magnezu) była równa 11,67 g.

Zadanie 11.2. (0–1)

Klarowny roztwór uzyskany po odsączeniu osadu $Mg(OH)_2$ nasycono tlenkiem węgla(IV). Zaobserwowano wytrącenie białego osadu wodorotlenku glinu.

Napisz w formie jonowej skróconej równanie opisanej reakcji chemicznej.

.....

26.7

Zadanie 20. (0–2)

Do dwóch probówek zawierających świeżo strącony biały osad wodorotlenku ołowiu(II) dodano oddzielnie stężony wodny roztwór wodorotlenku sodu (probówka I) oraz wodny roztwór kwasu octowego (probówka II). Przebieg doświadczenia zilustrowano na poniższym rysunku.



W obu probówkach zaobserwowano roztworzenie osadu wodorotlenku ołowiu(II).

Napisz w formie jonowej równania reakcji, które zaszły w obu probówkach. W związkach kompleksowych kation ołowiu Pb^{2+} przyjmuje liczbę koordynacyjną równą 4. Określ charakter chemiczny wodorotlenku ołowiu(II).

Probówka I: .....

Probówka II: .....

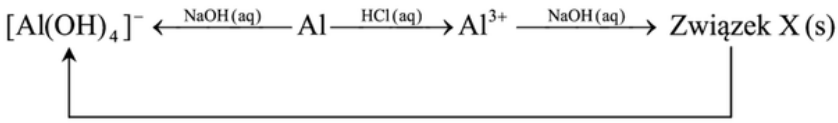
Charakter chemiczny wodorotlenku ołowiu(II): .....



Kurs maturalny
samurajchemiczny.elms.pl

26.
8

Informacja do zadań 5.–8.
Dany jest ciąg przemian chemicznych:



Zadanie 5. (0–2)
Napisz, <u>w formie jonowej skróconej</u>, równanie reakcji:

- **glinu z wodorotlenkiem sodu**
- **glinu z kwasem solnym**

wiedząc, że w obu przemianach jednym z produktów jest ten sam gaz.

Równanie reakcji glinu z wodorotlenkiem sodu:

.....

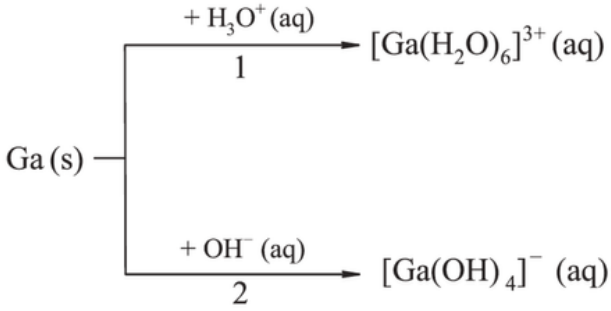
Równanie reakcji glinu z kwasem solnym:

.....

26.
9

Zadanie 7. *(2 pkt)*

Gal jest metalem, który roztwarza się w mocnych kwasach oraz mocnych zasadach. W reakcjach tych tworzy sole, przechodząc na stopień utlenienia III. Drugi produkt tych reakcji jest taki sam jak w reakcjach glinu z mocnymi kwasami i zasadami. Poniżej przedstawiono schemat reakcji galu z mocnymi kwasami i zasadami.



Na podstawie: A. Bielański, *Podstawy chemii nieorganicznej*, Warszawa 2010.

Napisz <u>w formie jonowej skróconej</u> równania reakcji oznaczonych numerami 1 i 2.

1: .....

2: .....

Kurs maturalny
samurajchemiczny.elms.pl
Julia Kasbrylak juliakasbrylak@gmail.com

26. 10

Zadanie 26. *(2 pkt)*

Odczynnik Tollensa, potocznie nazywany amoniakalnym roztworem tlenku srebra, otrzymuje się przez dodanie wody amoniakalnej do wodnego roztworu $AgNO_3$. Potoczna nazwa odczynnika nie jest poprawna, ponieważ jon O^{2-} nie występuje w roztworach wodnych. Początkowo wytrąca się czarnobrunatny osad tlenku srebra(I). W miarę dodawania kolejnych porcji wody amoniakalnej osad ten ulega roztworzeniu, ponieważ jony srebra(I) tworzą z cząsteczkami amoniaku jony kompleksowe o wzorze $Ag(NH_3)_2^+$. W wyniku tej reakcji powstaje bezbarwny roztwór, który jest odczynnikiem Tollensa.

a) Uzupełnij poniższe zapisy, tak aby otrzymać równania (w formie jonowej) opisanych reakcji. Wpisz wzory produktów oraz brakujące współczynniki stechiometryczne.

Równanie reakcji powstawania tlenku srebra(I):

…... Ag^+ + …... OH^- → .....

Równanie reakcji tlenku srebra(I) z amoniakiem:

…... Ag_2O + ..…. NH_3 + ..…. H_2O → .....

b) Określ odczyn roztworu będącego odczynnikiem Tollensa.

.....

26. 11

Zadanie 21. *(1 pkt)*

Jony Fe^{2+} reagują z jonami CN^-, w wyniku czego tworzą się jony kompleksowe.

$$Fe^{2+} + 6CN^- \rightarrow [Fe(CN)_6]^X$$

Podaj ładunek powstałego jonu kompleksowego i liczbę koordynacyjną żelaza.

Ładunek jonu: ..... Liczba koordynacyjna: .....



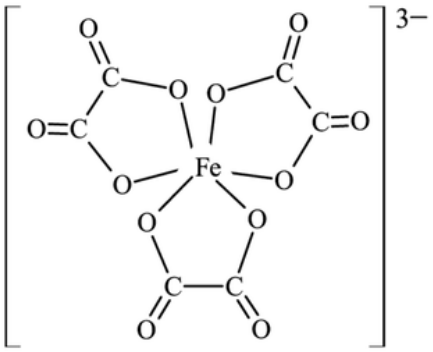
Kurs maturalny
samurajchemiczny.elms.pl

Julia Kasbrylak juliakasbrylak@gmail.com

26.
12

Zadanie 23. (0–1)

Poniżej przedstawiono wzór jonu kompleksowego, w którym ligandami są aniony szczawianowe pochodzące od kwasu szczawiowego (etanodiowego) HOOC–COOH.



Uzupełnij tabelę – wpisz wzór jonu centralnego oraz wzór półstrukturalny (grupowy) jonu, który jest ligandem.

Wzór jonu centralnego	Wzór ligandu

Kurs maturalny
samurajchemiczny.elms.pl

Julia Kasbrylak juliakasbrylak@gmail.com

26.
13

Informacja do zadań 52.–54.

Jakość gleb zależy m.in. od zawartości tzw. próchnicy, stanowiącej mieszaninę związków chemicznych pochodzących z rozkładu szczątków organicznych. Sposób określenia w przybliżeniu zawartości próchnicy w glebie polega na ilościowym utlenieniu związków organicznych, których głównym składnikiem jest węgiel.
Utlenianie węgla zawartego w związkach organicznych można przeprowadzić za pomocą dichromianu(VI) potasu, w środowisku kwasu siarkowego(VI) z dodatkiem siarczanu(VI) rtęci(II) jako katalizatora (reakcja 1.), co w uproszczeniu można zilustrować równaniem:

$$3C + 2K_2Cr_2O_7 + 8H_2SO_4 \xrightarrow{T,\ \text{katalizator}} 3CO_2 + 2K_2SO_4 + 2Cr_2(SO_4)_3 + 8H_2O$$

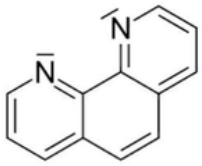
W tej metodzie stosuje się nadmiar dichromianu(VI), a następnie – w obecności wskaźnika – utleniacz dodany w nadmiarze poddaje się reakcji z jonami żelaza Fe^{2+} jako reduktorem (reakcja 2.).

$$6Fe^{2+} + Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ \rightarrow 6Fe^{3+} + 2Cr^{3+} + 7H_2O$$

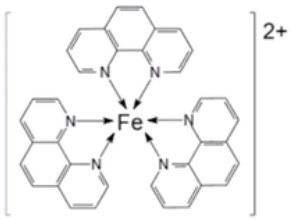
Jest to tzw. miareczkowanie reduktometryczne, podczas którego roztwór soli żelaza(II) o znanym stężeniu znajduje się w biurecie. Ten roztwór dodaje się stopniowo do kolby z utleniaczem i na końcu dokładnie odczytuje, jaka jego objętość została zużyta w reakcji.

Zadanie 54.

Przed rozpoczęciem miareczkowania wprowadza się do kolby kilka kropel wodnego roztworu wskaźnika, którym jest *o*-fenantrolina (1,10-fenantrolina) przedstawiona wzorem 1. Sam ten wskaźnik jest bezbarwny, ale tworzy z jonami żelaza Fe^{2+} kompleks (wzór 2.) o intensywnej czerwonej barwie.



wzór 1.



wzór 2.

Zadanie 54.1. (0–1)

Wyjaśnij na podstawie struktury *o*-fenantroliny, dlaczego może ona, podobnie jak amoniak, pełnić funkcję ligandu w jonie kompleksowym.

.....

.....

Kurs maturalny
samurajchemiczny.elms.pl

Julia Kasbrylak juliakasbrylak@gmail.com

26.
14

Zadanie 15. *(1 pkt)*

Większość kationów metali występuje w roztworze wodnym w postaci jonów kompleksowych, tzw. akwakompleksów, w których cząsteczki wody otaczają jon metalu, czyli są ligandami. Dodanie do takiego roztworu reagenta, który z kationami danego metalu tworzy trwalsze kompleksy niż woda, powoduje wymianę ligandów. Kompleksy mogą mieć różne barwy, zależnie od rodzaju ligandów, np. jon Fe^{3+} tworzy z jonami fluorkowymi F^- kompleks bezbarwny, a z jonami tiocyjanianowymi (rodankowymi) SCN^- – krwistoczerwony.

W dwóch probówkach znajdował się wodny roztwór chlorku żelaza(III). Do pierwszej probówki wsypano niewielką ilość stałego fluorku potasu, co poskutkowało odbarwieniem żółtego roztworu, a następnie do obu probówek dodano wodny roztwór rodanku potasu (KSCN). Stwierdzono, że tylko w probówce drugiej pojawiło się krwistoczerwone zabarwienie.

W badanych roztworach występowały jony kompleksowe żelaza(III):

I rodankowy II fluorkowy III akwakompleks

Uszereguj <u>wymienione</u> jony kompleksowe zgodnie ze wzrostem ich trwałości. Napisz w odpowiedniej kolejności numery, którymi je oznaczono.

.....

najmniejsza trwałość największa trwałość



Kurs maturalny
samurajchemiczny.elms.pl

Julia Kasbrylak juliakasbrylak@gmail.com