

## Практичне заняття. 5.

### Тема. КООРДИНАЦІЙНІ СПОЛУКИ.

**Мета.** Навчитися аналізувати склад та будову комплексної сполуки; визначати комплексоутворювач, ліганди, визначати заряд комплексної частинки, координаційне число (КЧ) і ступінь окиснення комплексоутворювача; розрізнити катіонні, аніонні і нейтральні комплексні сполуки; визначати природу хімічного зв'язку в комплексних сполуках; складати рівняння дисоціації комплексних сполук у водних розчинах і вираз для константи нестійкості  $K_n$  комплексного іона; розрізнити подвійні та комплексні солі; складати рівняння реакцій утворення комплексних сполук, рівняння реакцій обміну за участю комплексних сполук у молекулярному та іонному виглядах.

### Вступ.

Комплексні сполуки становлять найбільш поширену і неоднорідну групу речовин. Певні представники цього класу речовин мають значне біологічне значення, інші широко застосовуються в аналітичній хімії. Серед причин, які визначають цінність знань про склад, будову і властивості комплексних сполук, слід зазначити наступні: по-перше, розгляд комплексів дає можливість поглибити знання про просторову будову молекул та залежність властивостей речовин від їх будови, по-друге, комплексні сполуки використовуються для отримання нових матеріалів (карбоніл заліза – для отримання заліза високого ступеня чистоти, фероцен – як каталізатор у реакціях полімеризації тощо).

### План.

1. Склад і будова комплексних сполук. Природа хімічного зв'язку в комплексних сполуках.
2. Основні положення координаційної теорії.
3. Номенклатура комплексних сполук.
4. Просторова будова комплексних сполук.
5. Ізмерія комплексних сполук.
6. Хімічні властивості комплексних сполук.

### Приклади виконання типових завдань

**Приклад 1** Дайте назву сполуці за формулою: а)  $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_3\text{Cl}]\text{Cl}$ ; б)  $[\text{K}_3(\text{Co}(\text{NO}_2)_6)]$ .

**Розв'язання.** Комплексні сполуки називають починаючи з катіона. Назву комплексного йона складають так: спочатку в алфавітному порядку зазначають кількість (використовуючи грецькі числівники: ди, три, тетра, пента, гекса і т.д.) і назву кожного негативно зарядженого ліганду із суфіксом «о» ( $\text{Cl}^-$  – хлоро,  $\text{SO}_4^{2-}$  – сульфато,  $\text{CN}^-$  – ціано,  $\text{OH}^-$  – гідроксо); потім – кількості і назви нейтральних лігандів ( $\text{H}_2\text{O}$  – аква,  $\text{NH}_3$  – амін,  $\text{CO}$  – карбоніл). Останнім називають комплексоутворювач та його ступінь окиснення (римськими цифрами після назви комплексоутворювача).

У назвах катіонних і нейтральних комплексних йонів не передбачено спеціальних закінчень, а назви аніонних комплексів мають суфікс – **ат**, що додається до кореня назви центрального атома. У цілому для складання назви комплексної сполуки необхідно визначити за формулою зовнішню сферу та її заряд, заряд комплексного йона, заряди лігандів і ступінь окиснення комплексоутворювача.

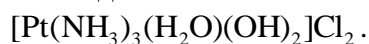
**а)** У комплексній сполуці  $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_3\text{Cl}]\text{Cl}$  зовнішня сфера представлена хлорид-аніоном  $\text{Cl}^-$ , комплексний йон – катіоном  $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_3\text{Cl}]^+$ , в якому комплексоутворювачем є  $\text{Pt}^{2+}$ , а

лігандами – молекули  $\text{NH}_3$  та йон  $\text{Cl}^-$ . Називаємо сполуку відповідно до вимог номенклатури: хлоротриамінплатина(II) хлорид.

б) У комплексній сполуці  $\text{K}_3[\text{Co}(\text{NO}_2)_6]$  роль зовнішньої сфери відіграють три катіони  $\text{K}^+$ , комплексного йона – аніон  $[\text{Co}(\text{NO}_2)_6]^{3-}$ , в якому комплексоутворювачем є  $\text{Co}^{3+}$ , а лігандами – шість аніонів  $\text{NO}_2^-$ . З урахуванням правил називаємо сполуку: калій гексанітритокобальтат(III).

**Приклад 2. Складіть формулу сполуки за назвою: дигідроксоакватриамінплатина(IV) хлорид.**

**Розв’язання.** Як випливає з назви сполуки, комплексоутворювачем в ній є йон  $\text{Pt}^{4+}$ , а лігандами – дві гідроксильні групи  $\text{OH}^-$  (про що свідчить частина слова «гідроксо», перед якою є префікс «ди»), одна нейтральна молекула  $\text{H}_2\text{O}$  (аква) і три молекули амоніаку  $\text{NH}_3$  (триамін). З урахуванням усіх перелічених частинок одержуємо формулу комплексного йона  $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_3(\text{H}_2\text{O})(\text{OH})_2]^x$ , а його заряд визначаємо як алгебраїчну суму зарядів всіх складових:  $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_3(\text{H}_2\text{O})(\text{OH})_2]^{2+}$ . Координаційне число комплексоутворювача дорівнює загальній кількості всіх лігандів ( $3+1+2=6$ ). Зовнішня сфера комплексної сполуки – протийон – повинна мати такий же за величиною, але протилежний за знаком заряд ( $-2$ ), що забезпечується двома йонами  $\text{Cl}^-$ . Остаточна формула дигідроксоакватриамінплатина(IV) хлориду має вигляд:

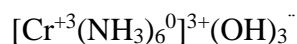


**Приклад 3. Складіть координаційну формулу комплексної сполуки, що містить частинки  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{CN}^-$ ,  $\text{Sr}^{2+}$ .**

**Розв’язання.** Спочатку необхідно визначити центральний атом, або комплексоутворювач. Це може бути  $\text{Cu}^{2+}$  чи  $\text{Sr}^{2+}$ . Однак зважаючи на те, що найчастіше у ролі комплексоутворювача можуть бути йони d-елементів, вважаємо, що центральним атомом буде йон  $\text{Cu}^{2+}$ . Координаційне число, як правило, вдвічі більше за ступінь його окиснення, тому для  $\text{Cu}^{2+}$  воно дорівнюватиме 4. Лігандами можуть бути електронейтральні молекули, що містять атоми з неподіленими електронними парами, або негативно заряджені йони, до яких належать частинки  $\text{CN}^-$ . Таким чином, одержуємо формулу  $\text{Sr}[\text{Cu}(\text{CN})_4]$  – стронцій тетраціанокупрат(II).

**Приклад 4. Визначте комплексоутворювач, ліганди, заряд комплексного йона і координаційне число комплексоутворювача у сполуках:  $[\text{Ni}(\text{NH}_3)_3\text{Cl}]\text{Cl}$ ;  $[\text{Cr}(\text{NH}_3)_6](\text{OH})_3$ .**

**Розв’язання:**  $[\text{Ni}^{2+}(\text{NH}_3)_3^0\text{Cl}^-]^+\text{Cl}$ . В даній КС в зовнішній сфері знаходиться один хлорид-іон ( $\text{Cl}^-$ ), значить, комплексний йон має заряд  $1+$  (катіонний комплекс). В комплексному йоні комплексоутворювачем є  $\text{Ni}^{2+}$ , а лігандами – три молекули  $\text{NH}_3$  і один хлорид-іон. Ступінь окиснення М визначаємо за різницею між зарядом комплексного йона та сумарним зарядом лігандів:  $(1+) - [3 \cdot 0 + 1 \cdot (-1)] = +2$ . Число лігандів дорівнює чотирьом, тому КЧ = 4.



В даній КС у зовнішній сфері знаходиться три  $\text{OH}^-$  групи, тобто заряд комплексного іона  $3+$ . Комплексоутворювачем є  $\text{Cr}^{+3}$ , а лігандами – шість нейтральних молекул аміаку  $\text{NH}_3$ . КЧ= 6.

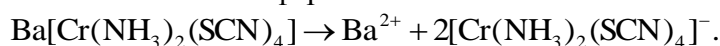
**Приклад 5.** Дано ряд частинок:  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{NH}_3^0$ ,  $\text{CN}^-$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{NO}_3^-$ . Складіть з них формули аміачного і ціанідного комплексів.

**Розв'язання:** З усіх частинок комплексоутворювачем може бути тільки  $\text{Cu}^{2+}$  (*d*-елемент), його КЧ дорівнює 4.

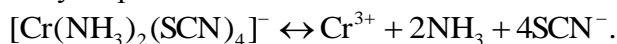
Складаємо комплексний іон аміачного комплексу (у ролі лігандів виступають молекули  $\text{NH}_3$ :  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ . Заряд комплексного іона дорівнює  $2+$ , це означає, що у зовнішній сфері можуть знаходитись виключно негативні частинки. Звідси формула КС -  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4](\text{NO}_3)_2$ , це катіонний комплекс. Складаємо комплексний іон ціанідного комплексу (у ролі лігандів виступають  $\text{CN}^-$  іони):  $[\text{Cu}(\text{CN})_4]^{2-}$ , заряд комплексного іона дорівнює  $2-$ , тобто це – аніонний комплекс, і у зовнішній сфері можуть знаходитись тільки позитивні частинки. Звідси формула комплексної сполуки  $\text{K}_2[\text{Cu}(\text{CN})_4]$ .

**Приклад 6.** Складіть рівняння первинної і вторинної дисоціації та вираз константи нестійкості комплексного йону для комплексної сполуки  $\text{Ba}[\text{Cr}(\text{NH}_3)_2(\text{SCN})_4]_2$ .

**Розв'язання.** Первинна дисоціація – практично необоротний розпад електроліту на комплексний йон та йони зовнішньої сфери:



Вторинна дисоціація – оборотний розпад комплексного йона на комплексоутворювач та ліганди:



Вторинна дисоціація проходить дуже незначною мірою, тому підлягає закону діючих мас і характеризується константою рівноваги, яку у випадку комплексного йона називають константою нестійкості.

Складаємо вираз константи нестійкості комплексного йона:

$$K_{\text{нест}} = \frac{[\text{Cr}^{3+}][\text{NH}_3]^2[\text{SCN}^-]^4}{[[\text{Cr}(\text{NH}_3)_2(\text{SCN})_4]^-]}$$

**Приклад 7.** Виходячи з частинок  $\text{K}^+$ ,  $\text{Cr}^{3+}$ ,  $\text{OH}^-$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ , складіть сім координаційних формул комплексних сполук і назвіть їх. Вкажіть комплексний неелектроліт. Для однієї з них зазначте тип за природою лігандів і за зарядом внутрішньої сфери.

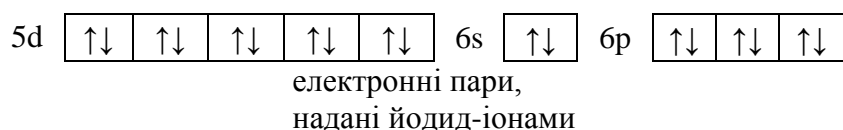
**Розв'язання.** Серед наведених частинок найімовірніше комплексоутворювачем може бути  $\text{Cr}^{3+}$ , який належить до *d*-металів, найбільшою мірою схильних до комплексоутворення. Ступінь окиснення  $+3$  зумовлює координаційне число 6, тому навколо  $\text{Cr}^{3+}$  повинно скупчуватися шість лігандів – негативно заряджених йонів чи нейтральних молекул. Такими є  $\text{OH}^-$  і  $\text{H}_2\text{O}$ . Тоді зовнішньою сферою для аніонних комплексів може бути  $\text{K}^+$ , а для катіонних –  $\text{OH}^-$ . При цьому слід дотримуватися рівності за величиною, але протилежності за знаком зарядів внутрішньої та зовнішньої сфер, регулюючи кількість частинок у зовнішній сфері. Дотримуючись перелічених умов, складаємо координаційні формули:

- 1)  $\text{K}_3[\text{Cr}(\text{OH})_6]$  – калій гексагідроксохромат(III);
- 2)  $\text{K}_2[\text{Cr}(\text{OH})_5(\text{H}_2\text{O})]$  – калій аквапентагідроксохромат(III);

- 3)  $K[Cr(OH)_4(H_2O)_2]$  – калій диакватетрагідрохсохромат(III);
- 4)  $[Cr(OH)_3(H_2O)_3]$  – триакватригідрохсохром(III), ком-плексний неелектроліт;
- 5)  $[Cr(OH)_2(H_2O)_4]OH$  – тетраквадигідрохсохром(III) гідроксид;
- 6)  $[Cr(OH)(H_2O)_5](OH)_2$  – пентаквигідрохсохром(III) гідроксид;
- 7)  $[Cr(H_2O)_6](OH)_3$  – гексаквахром(III) гідроксид, за зарядом належить до аніонних комплексів, за природою лігандів – до гідрохсокомплексів.

**Приклад 8.** Визначте тип гібридизації АО комплексоутворювача, визначте геометричну форму і магнітні властивості комплексного йона:  $[HgI_4]^{2-}$

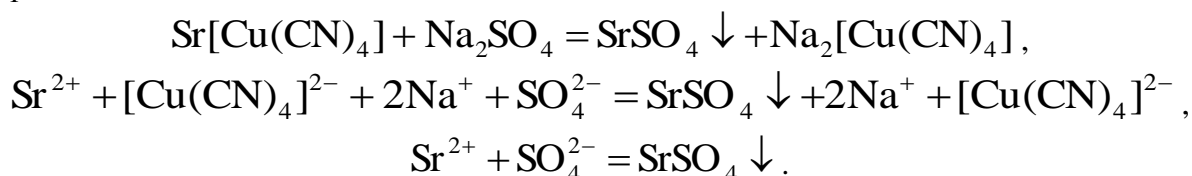
**Розв'язання.** У комплексі  $[HgI_4]^{2-}$  у зв'язках з йодид-іонами беруть участь чотири  $sp^3$ -гібридні орбіталі йона  $Hg^{2+}$ :



Тип гібридизації ( $sp^3$ ) зумовлює тетраедричну форму комплексного йона. Комплекс є діаманітним, оскільки сумарний спіновий момент електронів дорівнює 0 (всі електрони спарені).

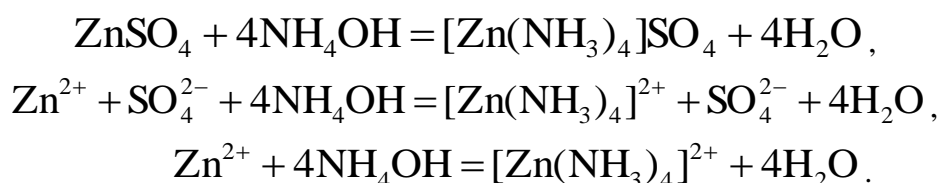
**Приклад 9.** Написати рівняння реакції обміну комплексної сполуки  $Sr[Cu(CN)_4]$  з розчином солі  $Na_2SO_4$ .

**Розв'язання.** Реакція обміну проходить згідно з рівнянням у молекулярній та йонній формах:

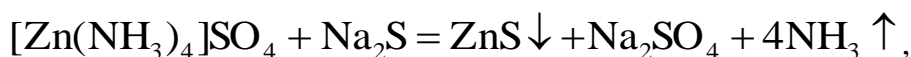


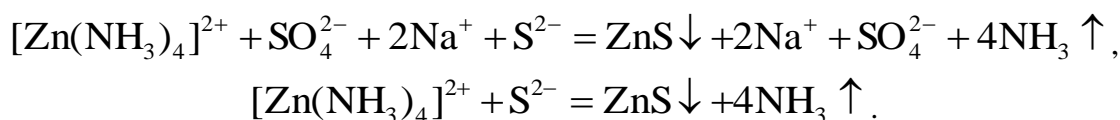
**Приклад 10.** Написати молекулярні і йонні рівняння реакцій утворення комплексної сполуки тетраамінцинк сульфату та її руйнування при додаванні відповідного реагенту.

**Розв'язання.** Склад комплексної сполуки тетраамінцинк (+2) сульфату відповідає формулі  $[Zn(NH_3)_4]SO_4$ . Рівняння реакції її утворення має такий вигляд:



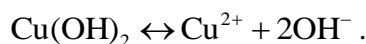
Руйнування комплексу відбувається за умови утворення більш стійкої сполуки, наприклад, осаду сульфиду. Тому до розчину  $[Zn(NH_3)_4]SO_4$  слід додати розчин добре розчинної солі  $Na_2S$ . При цьому проходить реакція, рівняння якої має такий вигляд:





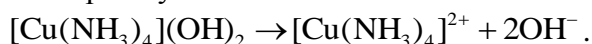
**Приклад 11.** Визначте, яка основа є більш сильним електролітом:  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  чи  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4](\text{OH})_2$ ?

**Розв'язання.** Купрум(II) гідроксид є малорозчинною сполукою, тому майже не розпадається на йони і належить до слабких електролітів. Дисоціація проходить дуже незначною мірою:



Оскільки кількість йонів  $\text{OH}^-$  обмежена, то  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  є слабкою основою.

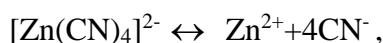
На відміну від  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  комплексна основа, в молекулі якої між внутрішньою та зовнішньою сферами здійснюється йонний зв'язок, у розчинах піддається повній первинній дисоціації, внаслідок чого відбувається накопичення гідроксильних йонів  $\text{OH}^-$  – саме їх наявність визначає силу електроліту:



**Приклад 12.** Напишіть рівняння дисоціації іонів  $[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$  та  $[\text{Zn}(\text{CN})_4]^{2-}$  і вирази для констант нестійкості. За числовими значеннями констант нестійкості визначте, який з наведених іонів є більш стійким?



$$K_H = \frac{[\text{Zn}^{2+}] \cdot [\text{NH}_3^0]^4}{[[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]^{2+}]} = 3,5 \cdot 10^{-10}$$



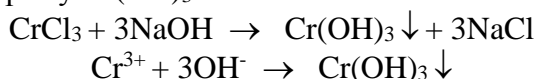
$$K_H = \frac{[\text{Zn}^{2+}] \cdot [\text{CN}^-]^4}{[[\text{Zn}(\text{CN})_4]^{2-}]} = 2,0 \cdot 10^{-17}$$

Так як константа нестійкості іона  $[\text{Zn}(\text{CN})_4]^{2-}$  менша за аналогічну величину для  $[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ , то цей іон є більш стійким у розчині.

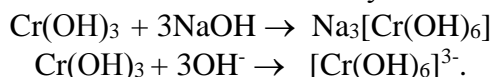
Для утворення комплексних сполук потрібні: наявність комплексоутворювача, наявність і надлишок лігандів та достатня стійкість комплексного іона, що утворюється.

**Приклад 13.** Напишіть у молекулярному та іонному вигляді рівняння реакцій утворення комплексної солі  $\text{Na}_3[\text{Cr}(\text{OH})_6]$ .

**Розв'язання.** Для утворення комплексної солі хрому необхідно взяти розчин солі хрому  $\text{CrCl}_3$ , який містить комплексоутворювач  $\text{Cr}^{3+}$ , і додати розчин лугу  $\text{NaOH}$ , що має ліганди – іони  $\text{OH}^-$ . На першому етапі реакції за дефіцитом лугу комплексна сіль не утворюється, а випадає осад гідроксиду хрому  $\text{Cr}(\text{OH})_3$ .

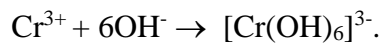


При наявності надлишку лугу осад повністю розчиняється, утворюючи розчин яскраво-зеленого кольору, який представляє собою комплексну сіль  $\text{Na}_3[\text{Cr}(\text{OH})_6]$ :



Сумарне рівняння реакції має вигляд:

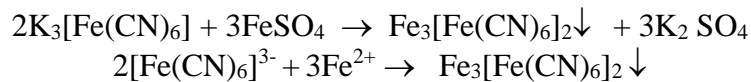




У реакціях обміну без руйнування комплексного іона КС поводять себе як звичайні сполуки, при цьому комплексні іони переходять від однієї сполуки до іншої в незмінному вигляді.

**Приклад 14. Напишіть в молекулярному та іонному виді рівняння реакції взаємодії  $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6] + \text{FeSO}_4 \rightarrow \dots$ , маючи на увазі, що утворена КС є нерозчинною.**

**Розв'язання.** Пишемо рівняння реакції обміну іонами в молекулярному та іонному вигляді:



### Література.

1. Самостійна робота студентів при вивченні хімії: навч. посіб. / Ю.В. Ліцман, Л.І. Марченко, С.Ю. Лебедев.– Суми: Сумський державний університет, 2011. – 349 с. ISBN 978-966-657-338-7.
2. Методичні вказівки до практичних робіт з загальної хімії (для студентів усіх спеціальностей) (Уклад.: Т.М.Волох, Н.М.Максименко, В.В.Приседський, Л.І.Рубльова, С.Г.Шейко; Під ред. В.В.Приседського. – Донецьк: ДонНТУ, 2005. – 183 с.
3. Буря О.І., Повхан М.Ф., Чигвінцева О.П., Антрапцева Н.М. Загальна хімія: Навчальний посібник. – Дніпропетровськ: Наука і освіта, 2002. – 306 с.
4. Ахметов Н.С. Общая и неорганическая химия. Учеб. для вузов. – 4-е изд., испр. – Москва: Высш. шк., Изд. центр «Академия», 2001. – 743 с., ил.
5. Кириченко В.І. Загальна хімія: Навчальний посібник. [для студ. інженер.–техн. спец. вищ. навч. закл.] / Віктор Іванович Кириченко; [Мін-во освіти і науки України; гриф: лист №14/18.2–1285 від 03.06.2005]. – Київ: Вища шк., 2005. – 639 с.: іл., 83 рис., 80 табл. – Інформаційне середовище: на поч. розд. – Контрол. запитання: після розд. – Структурно-логічні схеми: після розд. – Бібліогр.: с. 635 (22 назви). – ISBN 966-642-182-8.
6. Михалічко Б.М. Курс загальної хімії. Теоретичні основи: Навчальний посібник / Михалічко Борис Миронович; [Мін-во освіти і науки України; гриф: лист № 1.4/18-Г-1180 від 22.11.2006]. – Київ: Знання, 2009. – 548 с. - Бібліогр.: с. 511 (21 назва). – Предм. покажч.: с. 543–548. – ISBN 978-966-346-712-2.
7. Неорганическая химия: В 3 т. /Под редакцией Ю.Д.Третьякова. Т.1: Физико-химические основы неорганической химии: Учебник для студ. высш. учеб. заведений /М.Е.Тамм, Ю.Д.Третьяков; - М.: Издательский центр «Академия», 2004.- 240 с. ISBN 5-7695-1446-9.
8. Неорганическая химия: В 3 т. /Под редакцией Ю.Д.Третьякова. Т.2: Химия непереходных элементов: Учебник для студ. высш. учеб. заведений /А.А.Дроздов, В.П.Зломанов, Г.Н.Мазо, Ф.М.Спиридонов. – М.: Издательский центр «Академия», 2004.-368 с. ISBN 5-7695-1436-9.
9. Неорганическая химия: В 3 т. /Под редакцией Ю.Д.Третьякова. Т.3: Химия переходных элементов. Кн.1 : Учебник для студ. высш. учеб. заведений /А.А.Дроздов, В.П.Зломанов, Г.Н.Мазо, Ф.М.Спиридонов. – М.: Издательский центр «Академия», 2007.-352 с. ISBN 5-7695-2532-0.
10. Неорганическая химия: В 3 т. /Под редакцией Ю.Д.Третьякова. Т.3: Химия переходных элементов. Кн.2 : Учебник для студ. высш. учеб. заведений

/А.А.Дроздов, В.П.Зломанов, Г.Н.Мазо, Ф.М.Спиридонов. – М.: Издательский центр «Академия», 2007.-400 с. ISBN 5-7695-2533-9.

11. Загальна та неорганічна хімія у двох частинах: Підручник. Частина II [для студ. вищ. навч. закл.] / О.М. Степаненко, Л.Г. Рейтер, В.М. Ледовських, С.В. Іванов; [Мін-во освіти і науки України; гриф: лист № 212 від 03.06.1999]. – Київ: Пед. преса, 2000. – 784с.: іл., 125 рис., 63 табл. – Бібліогр.: с. 771 (28 назв). – Імен. покажч.: с.772–773. – Предметн. покажч.: с.774–783. – ISBN 955-7320-13-8.
12. Романова Н.В. Загальна та неорганічна хімія: Підручник [для студ. вищ. навч. закл.] / Неоніла Володимирівна Романова; [Мін-во освіти і науки України; гриф: лист №13710594 від 30.06.1995]. – Київ: Ірпінь: ВТФ «Перун», 2004. – 480с.: 54 рис., 30 табл. – Бібліогр.: с. 465 (25 назв). – Імен. покажч.: с. 466–467. – Предм. покажч.: с. 468–477. – ISBN 966-569-106-6.
13. Угай Я.А. Общая и неорганическая химия. – Москва: Высш. шк., 1997. – 527 с.

### Запитання для самоперевірки.

1. Визначити заряд комплексного іона, ступінь окиснення і координаційне число комплексоутворювача у сполуках:  
 $K[Ag(CN)_2]$ ;  $[Cd(NH_3)_4](NO_3)_2$ ;  $K_2[PtCl_6]$ .
2. З переліку частинок  $Co^{2+}$ ,  $NO_2^-$ ,  $NH_3^0$ ,  $K^+$  складіть шість формул комплексних сполук.
3. Напишіть вирази для констант нестійкості наступних комплексних іонів:  $[Co(NO_2)_6]^{3-}$ ;  $[Cr(NH_3)_4Cl_2]^+$ .
4. Напишіть рівняння реакцій дисоціації  $KAl(SO_4)_2$ ,  $[Cu(NH_3)_4]SO_4$ . В якому випадку випадає осад гідроксиду, якщо до розчинів цих солей додати лугу.
5. Напишіть в молекулярному та іонному виді рівняння реакції обміну, маючи на увазі, що утворена комплексна сполука нерозчинна у воді:  $K_4[Fe(CN)_6] + Cu(NO_3)_2 \rightarrow \dots$ .
6. Знайдіть заряди комплексних частинок і зазначте серед них катіони, аніони та нейтральні комплекси:  $[Cr(NH_3)_5PO_4]$ ;  $[Ag(NH_3)_2]$ ;  $[Cr(OH)_6]$ ;  $[Cu(H_2O)_4]$ ;  $[Co(NH_3)_5Cl]$ .
7. Напишіть рівняння реакції  $AgNO_3 + KI$  (надлишок)  $\rightarrow \dots$  по стадіях в молекулярному та іонному вигляді та розрахуйте, чи вистачить 500 мл 10% розчину йодиду калію густиною 1,1 г/мл для перетворення в комплексну сполуку 20 г нітрату срібла? Відповідь: вистачить.
8. Покажіть механізм утворення хімічного зв'язку на прикладах комплексних іонів:  $NH_4^+$  та  $BF_4^-$ .
9. Йодид калію осаджує срібло у вигляді  $AgI$  з розчину  $[Ag(NH_3)_2]NO_3$ , але не осаджує його з розчину  $K[Ag(CN)_2]$  тієї ж молярної концентрації. Яким є співвідношення між значеннями констант нестійкості іонів  $[Ag(NH_3)_2]^+$  ( $K_{H1}$ ) та  $[Ag(CN)_2]^-$  ( $K_{H2}$ ): а)  $K_{H1} > K_{H2}$ ; б)  $K_{H1} = K_{H2}$ ; в)  $K_{H1} < K_{H2}$ ?
10. Напишіть рівняння реакцій утворення комплексних сполук в молекулярному та іонному вигляді:

