

МІНІСТЕРСТВО ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я УКРАЇНИ  
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ МЕДИЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

**КОМПЛЕКСОУТВОРЕННЯ В ГЕТЕРОГЕННИХ СИСТЕМАХ. РЕАКЦІЇ  
ОСАДЖЕННЯ ТА РОЗЧИНЕННЯ**

Методичні вказівки для самостійної роботи студентів I курсу з дисципліни  
«Медична хімія»

«Затверджено»  
Вченою радою Харківського  
національного медичного  
університету  
Протокол №11  
від 27 листопада 2014 р.

Харків 2014

Комплексоутворення в гетерогенних системах. Реакції осадження та розчинення: Метод. вказ. для студентів 1-го курсу / уклад. Г.О. Сирова, С.А. Наконечна, Л.Г. Шаповал, В.М. Петюніна, Є.Р. Грабовецька, В.О. Макаров, С.В. Андрєєва, Л.В. Лук'янова, С.М. Козуб, Т.С. Тішакова, Р.О. Бачинський, О.Л. Левашова, О.В. Савельєва, Н.В. Копотєва, Н.М. Чаленко. – Харків: ХНМУ, 2014. – 16 с.

Укладачі:

Г.О. Сирова

С.А. Наконечна

Л.Г. Шаповал

В.М. Петюніна

Є.Р. Грабовецька

В.О. Макаров

С.В. Андрєєва

Л.В. Лук'янова

С.М. Козуб

Т.С. Тішакова

Р.О. Бачинський

О.Л. Левашова

О.В. Савельєва

Н.В. Копотєва

Н.М. Чаленко

## ТЕМА ЗАНЯТТЯ «КОМПЛЕКСОУТВОРЕННЯ В ГЕТЕРОГЕННИХ СИСТЕМАХ. РЕАКЦІЇ ОСАДЖЕННЯ ТА РОЗЧИНЕННЯ»

### 1. Кількість годин 2.

### 2. Матеріальне та методичне забезпечення теми.

Мультимедійне забезпечення (презентації, науковий фільм).

Таблиці:

1. Графологічна структура теми.
2. Періодична система Д.І. Менделєєва.
3. Будова комплексних сполук.
4. Назви та класифікація лігандів.
5. Структура гема.
6. Структура хлорофілу.
7. Структура ціанокобаламіну.
8. Структура карбоангідрази.

Навчально-методична література:

1. Медична хімія : підручник / В.О. Калібабчук, І.С. Чекман, Г.О. Сирова, В.І. Галинська та ін.; за ред. проф. В.О. Калібабчук. – К.: ВСВ «Медицина», 2013. – 336 с. (Затверджено Міністерством освіти і науки України (лист МОН України №1/11-1152 від 05.02.13) та Міністерством охорони здоров'я України як базовий підручник для студентів вищих навчальних закладів IV рівня акредитації (напрями «Лікувальна справа» та «Стоматологія»).

2. Завгородній І.В., Сирова Г.О., Ткачук Н.М. та ін. Медична хімія. Навчальний посібник рекомендований МОЗ та МОН України як навчальний посібник для самостійної роботи студентів вищих медичних навчальних закладів IV рівня акредитації, Харків, ХНМУ, 2010. – 268 с.

3. Робочий зошит для самостійної роботи студентів з курсу «Медична хімія» Харків, ХНМУ, 2013. – 72 с.

4. Методичні вказівки для самостійної роботи студентів з курсу «Медична хімія» за темою «Комплексоутворення в гетерогенних системах. Реакції осадження та розчинення».

## 5. Конспект лекції.

Лабораторний посуд та реактиви для проведення лабораторної роботи.

**3. Обґрунтування теми:** Комплексні сполуки широко поширені в живій природі. Найважливішими з них є хлорофіл, гем-переносник кисню з легенів у тканині, цитохроми, які виконують функції переносників електронів від речовин, що окислюються, до кисню, вітамін В<sub>12</sub>, необхідний для нормального кровотворення, деякі ферменти (каталаза, пероксидаза). Значна кількість лікарських препаратів містить комплекси в якості фармакологічно активних речовин. Утворення комплексних сполук лежить у підґрунті комплекснометрії – методу кількісного аналізу, що застосовується для визначення іонів багатьох металів у біологічних об'єктах.

## 4. Мета заняття:

- загальна: вивчити будову, ізомерію, номенклатуру, стійкість комплексних сполук, як підґрунтя для розуміння їхньої фізіологічної дії й застосування в медицині;

- конкретна: усвідомити будову й природу хімічного зв'язку в комплексних сполуках; уміти дати назву комплексним сполукам; знати просторову будову й типи ізомерії комплексів; інтерпретувати особливості будови комплексних сполук, як основи для їхнього застосування в хелатотерапії.

а) знати типи комплексних сполук, основні частини комплексу: зовнішня й внутрішня сфери, комплексоутворювач, ліганди, електронну будову зв'язків у комплексних сполуках, просторову будову комплексів, стійкість комплексних сполук, номенклатуру комплексних сполук; б) вміти називати комплексні сполуки, розрізняти біокомплекси, обґрунтовувати застосування комплексонів у хелатотерапії та комплекснометрії; в) практичні навички: : знати склад та функції біокомплексів, знати лікувальну дію антидотів при токсикозах, знати основні комплексони, уміти визначати жорсткість води методом комплексометричного титрування.

## 5. Граф логічна структура теми:



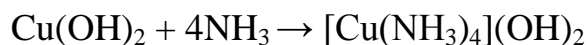
## 6. Орієнтована карта роботи студентів:

№ п/п	Етапи	Час (хв.)	Навчальні посібники	Місце проведення
Заняття I				
1.	Корекція знань і вмінь студентів шляхом вирішення навчальних завдань	70	Довідкові таблиці, навчальний посібник, набір завдань	Навчальна лабораторія
2.	Тестовий контроль	15	Тести	
3.	Підведення підсумків заняття	5		
Заняття II				
1.	Обговорення порядку виконання лабораторної роботи	10		Навчальна лабораторія
2.	Виконання роботи і оформлення протоколу	35	Розчин трилону Б, індикатор, лабораторний посуд	
3.	Захист лабораторних робіт	45	Тести	

### ТЕОРЕТИЧНІ ПИТАННЯ

1. Будова комплексних сполук.
2. Природа хімічного зв'язку в комплексних сполуках.
3. Класифікація комплексних сполук.
4. Просторова будова й ізомерія комплексних сполук.
5. Номенклатура комплексних сполук.
6. Рівновага в розчинах комплексних сполук.
7. Біологічно активні комплекси. Хелатотерапія.
8. Комплексні сполуки в аналітичних дослідженнях. Комплексонометрія.

**1. Будова комплексних сполук.** Окрім звичайних кислот, основ, солей часто зустрічаються більш складні сполуки, які утворюються при взаємодії простих речовин. Наприклад:  $\text{Fe}(\text{CN})_2 + 4\text{KCN} \rightarrow \text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$



Стосовно «звичайних» вони є сполуками вищого порядку й були названі комплексними сполуками. Теорія будови комплексних сполук була запропонована швейцарським хіміком А.Вернером (1891 р.).

Комплексна сполука складається із центрального іона металу-комплексоутворювача, оточеного аніонами або нейтральними молекулами-лігандами. Комплексоутворювач і ліганди утворюють внутрішню сферу, що при написанні формули полягає у квадратні дужки.

У якості комплексоутворювача найчастіше виступають катіони металів, а в якості лігандів – аніони або молекули неорганічних і органічних речовин, що мають у складі атом з неподіленою парою електронів.

Якщо внутрішня сфера має заряд, то до складу комплексної сполуки надходять іони зовнішньої сфери, заряд яких протилежний заряду внутрішньої сфери.

## **2. Природа хімічного зв'язку в комплексних сполуках**

При розчиненні у воді комплексні сполуки поведуться як сильні електроліти, дисоціюючи на іони зовнішньої й внутрішньої сфери,



що дозволяє зробити висновок про наявність між цими частинами сполуки іонного зв'язку. Якщо комплексоутворювач є катіон, а ліганди — аніони, між ними також існує іонний зв'язок. Однак, оскільки внутрішня сфера при розчиненні у воді дисоціює у край незначно, цей тип зв'язку не може бути єдиним. Якщо ліганди представлені нейтральними молекулами, то іонного зв'язку між ними й комплексоутворювачем бути не може.

Координаційна теорія будови комплексних сполук пояснює стійкість внутрішньої сфери утворенням ковалентних донорно-акцепторних зв'язків між комплексоутворювачем і лігандами. Катіони металів мають на зовнішньому енергетичному рівні вільні орбіталі, а атоми елементів, що надходять до складу лігандів (нітроген, кисень, галогени) – орбіталі зі спареними електронами. Отже, ліганди виступають донорами, а комплексоутворювач – акцептором

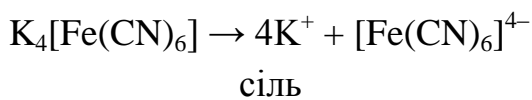
електронних пар. У багатьох випадках кількість вільних орбіталей іонів металів збільшується при переході їх у збуджений стан, у якому всі електрони спарені. Наприклад, іон  $\text{Co}^{3+}$  має 4 вільних валентних орбіталей і 4 орбіталей з неспареними електронами:

При утворенні донорно-акцепторних зв'язків відбувається гібридизація атомних орбіталей, яка визначає просторову будову внутрішньої сфери. Наприклад, при утворенні іона  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$  5s і 5p орбіталі іона  $\text{Ag}^+$  утворюють дві гібридні *sp*-орбіталі. Перекривання цих орбіталей з орбіталями атомів нітрогену призводить до утворення комплексу, що має лінійну будову.

### 3. Класифікація комплексних сполук.

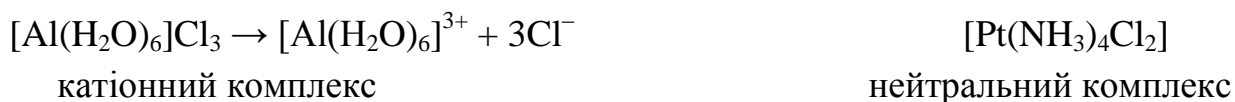
Комплексні сполуки класифікують за декількома ознаками.

Комплексними можуть бути кислоти, основи, солі:



Залежно від заряду комплексного іона розрізняють аніонні, катіонні й нейтральні комплекси:  $\text{K}_3[\text{Al}(\text{OH})_6] \rightarrow 3\text{K}^+ + [\text{Al}(\text{OH})_6]^{3-}$

аніонний комплекс



Кількість ковалентних зв'язків, які ліганди утворюють із комплексоутворювачем, визначає дентатність лігандів. Розрізняють монодентатні ( $\text{Cl}^-$ ;  $\text{CN}^-$ ;  $\text{OH}^-$ ;  $\text{H}_2\text{O}$ ;  $\text{NH}_3$ ), бідентатні ( $\text{CO}_3^{2-}$ ;  $\text{SO}_4^{2-}$ ;  $\text{H}_2\text{N}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{NH}_2$ -етилендіамін) і полідентатні ліганди. Комплексні сполуки, що містять полідентатні ліганди, називаються внутрішньоконкомплексними сполуками або хелатами (від греч. хеле-клішня). Прикладами таких сполук є продукти взаємодії багатоатомних спиртів з гідроксидами важких металів (якісна реакція на багатоатомні спирти):

Хелатні сполуки містять стійкі п'яти- або шестичленні цикли, вони значно прочніші за комплекси із простими лігандами. Загальне число зв'язків,



утворених комплексоутворювачем з лігандами, визначає його координаційне число. Його значення залежить від заряду іона комплексоутворювача й лігандів, а також від їхніх розмірів (радіусів). У сполуках  $K_4[Ni(CN)_4]$ ,  $[Pt(NH_3)_2Cl_4]$ ,  $Na[Cr_2(H_2O)_2(CO_3)_2]$  координаційні числа дорівнюють відповідно 4, 6 і 6 ( $CO_3^{2-}$  – бідентатний ліганд).

#### **4. Просторова будова й ізомерія комплексних сполук**

Розташування лігандів у просторі визначається типом гібридизації орбіталей комплексоутворювача. Комплексні сполуки з координаційним числом шість мають, як правило, октаедричну будову, з координаційним числом 4 – квадратну або тетраедричну; з координаційним числом 2 – лінійну. При цьому забезпечується максимальна відстань і найменше відштовхування між лігандами. Якщо до складу комплексів надходять різні ліганди, для них можлива цис-транс ізомерія. Приставка «цис» означає поруч, а «транс» – навпроти. Наприклад, для сполуки  $[Pt(NH_3)_2Cl_2]$  можливі ізомери: цис-, транс-.

Ізомерія, яка обумовлена різним розподілом іонів між внутрішньою й зовнішньою сферами комплексу, називається іонізаційною. Наприклад:  $[Al(OH)_2]Cl$  і  $[Al(OH)Cl]OH$ . Ізомери комплексних сполук відрізняються за фізичними і хімічними властивостями, а також за фізіологічною активністю.

#### **5. Номенклатура комплексних сполук**

Деякі комплексні сполуки відомі дуже давно, задовго до того, як була встановлена їхня будова. Таким сполукам давали тривіальні назви, які відбивали джерела одержання, властивості або області застосування цих речовин. Багато які з таких назв збереглися й дотепер. Наприклад:  $K_3[Fe(CN)_6]$  – червона кров'яна сіль;  $Fe_4[Fe(CN)_6]_3$  – берлінська лазур і т.ін.

Номенклатура, яка відбиває будову комплексних сполук, була запропонована А. Вернером і надалі вдосконалена комісією ІЮПАК.

У внутрішній сфері спочатку називають ліганди, потім комплексоутворювач. Із лігандів спершу називають аніони із закінченням «о» (хлоро, циано й т.ін.), потім молекули. Кількість лігандів позначають грецькими числівниками: ди-, три-, тетра-, пента-, гекса-. Потім дають назву

нейтральним лігандам, при цьому молекулу води називають «аква», аміак – «амін», оксид карбону (II) – «карбоніл». Назва комплексоутворювача залежить від типу комплексу. У комплексних аніонах до кореня латинської назви елемента додають суфікс «ат», у катіонах використовують російську назву елемента в називному або родовому відмінку, а в нейтральних комплексах – тільки в називному. Після назви комплексоутворювача в дужках римськими цифрами вказують його ступінь окислення. Спочатку називають катіон, а потім аніон, незалежно від того, який з них є комплексним. Допускається і таке, що назва простого катіона ставиться після комплексного аніона.

Приклади:

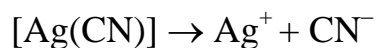
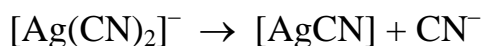
$K[PtNH_3Br_5]$  — калію пентабромоамінплатинат (IV)

$[Cr(H_2O)_4Cl_2]Cl$  — дихлоротетрааквахрома (III) хлорид

$[Pt(NH_3)_2Cl_4]$  — тетрахлородіамінплатина (IV)

## 6. Рівновага в розчинах комплексних сполук

Раніше вказувалося, що при розчиненні у воді відбувається дисоціація комплексних сполук на іони зовнішньої й внутрішньої сфери. Ліганди, що надходять до внутрішньої сфери, пов'язані з комплексоутворювачем ковалентними зв'язками, тому внутрішня сфера дисоціює досить незначно подібно слабким електролітам. Як і для будь-якого слабого електроліту дисоціація відбувається східчасто й приводить до встановлення рівноваги між комплексними іонами й продуктами їхньої дисоціації.



Кожний щабель характеризується константою рівноваги, яка називається константою нестійкості. Повна константа нестійкості є добутком східчастих констант. Чим менше константа нестійкості, тим стійкіше комплексна сполука.

Знання величин констант нестійкості дозволяє передбачати характер реакцій, які відбуваються у розчинах комплексних сполук.

Наприклад, для комплексу  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$ , а для комплексу  $[\text{Ag}(\text{CN})_2]^-$   
 $K_{\text{нест.}} = 1 \cdot 10^{-21}$ .

Якщо нітрат срібла додати до розчину, який містить ціанід іони й аміак, то в першу чергу утвориться більш стійкий ціанідний комплекс. Аміачний комплекс з'явиться тільки після зв'язування  $\text{CN}^-$  іонів.

При додаванні ціанід іонів до розчину, що містить комплексні іони  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$ , вони будуть заміщати молекули аміаку, тому що це приводить до утворення більш стійкого комплексу:  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+ + 2\text{CN}^- \rightarrow [\text{Ag}(\text{CN})_2]^- + 2\text{NH}_3$

Зворотня реакція відбуватися не буде.

### **7. Біологічно активні комплекси. Хелатотерапія**

У біологічно активних комплексах катіони металів пов'язані, як правило, з органічними лігандами, які в цьому випадку називаються біолігандами. Деякі з них виконують роль переносників молекул, іонів або електронів.

Наприклад, іони  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  з біолігандами утворюють гідрофобні комплекси-краун-ефіри, що полегшують транспорт цих іонів через клітинні мембрани. Прикладом може служити поліефір 18-краун-6, який можна одержати з етиленліколю. Дуже важливими біолігандами є тетрапірольні сполуки, до складу яких надходять 4 пірольних кільця, з'єднані між собою метиновими групами –  $\text{CH}$ . У результаті утворюється стійке макроциклічне кільце-порфін. Порфіни, які містять у пірольних циклах замісники, називаються порфіринами. Прикладом може служити вхідний до складу гемоглобіну крові протопорфірин, у якому в якості замісників утримуються метильні й вінільні групи, а також залишки пропіонової кислоти. Комплекс порфірина з іоном  $\text{Fe}^{2+}$  називається гемом і є простетичною групою гемоглобіну – оксигенпереносного білка. У гемі координаційне число іона  $\text{Fe}^{2+}$  дорівнює шости. Чотири зв'язки він утворює із атомами нітрогену пірольних кілець, п'яту з білком-глобіном, а шосту – з молекулою кисню. У такий спосіб відбувається перенос кисню із легенів у тканини, де він заміщується молекулою води або  $\text{CO}_2$ .

Окрім кисню, з іоном  $\text{Fe}^{2+}$  можуть зв'язуватися багато інших лігандів. Зокрема іони  $\text{CN}^-$  і молекули  $\text{CO}$  утворюють із гемом більш стійкі комплекси, ніж кисень. Цим пояснюється дія цианідів і чадного газу як дихальних отрут.

Цитохроми виконують функції переносників електронів від речовини, що окиснюється, до кисню. Наприклад, у цитохромі С ферум, як і в гемоглобіні, перебуває в центрі порфіринового кільця, а п'ятим і шостим лігандами є атом нітрогену амінокислоти гістидину й атом сульфуру амінокислоти метіоніну, які надходять до складу білкової частини цитохрому.

У вітаміні  $\text{B}_{12}$  комплексоутворювачем є іон  $\text{Co}^{3+}$ , який пов'язаний із чотирма атомами нітрогену пірольних ядер, а також з іоном  $\text{CN}^-$  або молекулою води й атомом нітрогену нуклеотидного фрагмента. Вітамін  $\text{B}_{12}$  необхідний для нормального кровотворення. Комплекс порфірину з магнієм є основою молекули хлорофілу, який є переносником електронів у процесі фотосинтезу.

Біокомплекси є складовою частиною деяких ферментів — карбоангідрази, каталізуючої процесу гідратації вуглекислого газу в тканинах і зворотньому процесі дегідратації карбонатної кислоти в легенях:  $\text{CO}_{2(\text{r})} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{CO}_3$ ; карбоксипептидази, каталізуючої гідроліз пептидного зв'язку в білкових молекулах. Комплексоутворювачем у цих комплексах є іон  $\text{Zn}^{2+}$ .

Найбільш важливою фізіологічною функцією комплексів, що містять молібден є використання неорганічного нітрогену для синтезу білків, нуклеїнових кислот та інших нітрогеновмісних речовин.

В організмі безупинно відбувається утворення й руйнування біокомплексів у процесі обміну речовин. Однією із причин порушення цього процесу є наявність надлишкових кількостей іонів металів, що утворюють із біолігандами більш стійкі комплекси, ніж природні комплексоутворювачі. Наприклад, катіони купрума зв'язуються з багатьма лігандами прочніше, ніж ферум, цинк або кобальт, роблячи тим самим токсичну дію. У цьому полягає суть токсикозу.

Для лікування токсикозу доцільно використовувати речовини, що утворюють із катіонами токсичних металів більш міцні хелатні комплекси, ніж ті, які вони утворюють із біолігандами. Цей метод лікування називається хелатотерапією. Найбільш широке поширення в хелатотерапії одержали амінополікарбонові кислоти і їхні солі, названі за їхню здатність утворювати стійкі комплекси з багатьма металами, комплексонами. Одним з них є етилендіамінтетраоцтова кислота (ЕДТА). У практиці звичайно використовується динатрієва сіль цієї кислоти (торгівельна назва «Трилон-Б») у зв'язку із кращою її розчинністю у воді. ЕДТА утворює стійкі комплекси хелатного типу з багатьма металами, зокрема:  $\text{Fe}^{3+}$ ;  $\text{Cr}^{3+}$ ;  $\text{Ca}^{2+}$ ;  $\text{Mg}^{2+}$ ;  $\text{Ba}^{2+}$  і ін.

Із цієї причини Трилон Б використовується при отруєнні солями цих металів. Є також комплексоном, що видаляють із організму радіонукліди (уран, плутон, технецій), іони плюмбуму, кадмію й ін. токсичних металів.

## **8. Комплексні сполуки в аналітичних дослідженнях.**

### **Комплексонометрія**

Утворення комплексних сполук широко використовується для якісного й кількісного визначення багатьох речовин. Оскільки хелатні сполуки майже завжди мають забарвлення, їхнє одержання є якісною реакцією на речовини, здатні їх утворювати, зокрема, на багатоатомні спирти й амінокислоти.

Утворення хелатів використовується також для кількісного визначення катіонів багатьох металів, які є в них комплексоутворювачами. Для цієї мети використовують комплексоном, тому метод називають комплексонометрією або комплексонометричним титруванням. Найпоширенішим комплексоном є ЕДТА (Трилон Б), реакція якого з катіоном  $\text{Ca}^{2+}$  розглянута раніше. ЕДТА утворює комплекси з металами в іонізованій формі, тому титрування проводять у лужному середовищі, що може бути створено додаванням аміачного буфера.

У комплексонометричному титруванні використовують спеціальні металохромні індикатори, які утворюють з іонами металу менш стійкі комплекси, ніж ЕДТА, кольори яких відрізняються від вихідного індикатора.

У процесі титрування комплекс металу з індикатором руйнується й індикатор виділяється у вільному стані.

### **7. Завдання для самостійної роботи:**

- перелік питань, що підлягають вивченню: будова комплексних сполук, назви лігандів, види ізомерії, просторова будова молекул, стійкість та дисоціація комплексних сполук, основні комплексоутворювачі біологічно активних комплексів, основні комплекси в лабораторних дослідженнях, основні антидоти в профілактиці і лікуванні отруєнь.

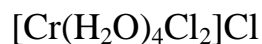
- перелік робіт, що підлягають вивченню: складання назв комплексних сполук, визначення координаційного числа та ступеню окислення елемента-комплексоутворювача, розрахунок заряду комплексного іону, визначення геометричної фігури молекули, проведення лабораторної роботи по визначенню жорсткості води.

- перелік практичних навичок, якими необхідно оволодіти: уміти титрувати дослідний розчин робочим розчином та визначати середній значимий результат, уміти розраховувати жорсткість води і визначати її природність для побутових потреб, уміти користуватися лабораторним посудом.

### **8. Ситуаційні задачі для визначення кінцевого рівня знань:**

Завдання 1.

Визначіть заряд іону-комплексоутворювача і його координаційне число в сполуці:



1. Комплексоутворювачем є:

A. Cr                      B. H<sub>2</sub>O                      C. Cl

2. Заряд комплексоутворювача:

A. +1                      У. +2                      С. +3

3. Координаційне число:

A. 2                      У. 4                      С. 6

Еталони відповідей: 1 – А; 2 – В; 3 – С.

## Завдання 2.

Напишіть формулу комплексної сполуки: гексаакваалюмінію (III) хлорид.

1. Комплексоутворювачем є:

A. вода                      В. алюміній                      С. хлор

2. Ліганди:

A. вода                      В. алюміній                      С. Хлор

3. Заряд комплексного іона:

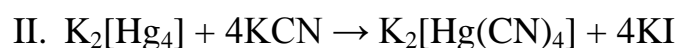
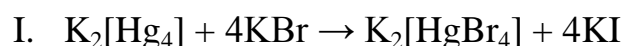
A. -1                      У. +1                      С. +3

Еталони відповідей: 1 – В; 2 – А; 3 – С.

Формула:  $[\text{Al}(\text{H}_2\text{O})_6]\text{Cl}_3$

## Завдання 3.

Чи будуть відбуватися реакції у водяному розчині?



якщо константи нестійкості комплексних іонів становлять:

$$K_{\text{нест.}}([\text{Hg}_4]^{-2}) = 1 \cdot 10^{-39}$$

$$K_{\text{нест.}}([\text{HgBr}_4]^{-2}) = 1 \cdot 10^{-21}$$

$$K_{\text{нест.}}([\text{Hg}(\text{CN})_4]^{-2}) = 1 \cdot 10^{-42}$$

1. Який комплекс у реакції (I) більш стійкий?

A.  $[\text{Hg}_4]^{-2}$     В.  $[\text{HgBr}_4]^{-2}$                       С. стійкість однакова

2. Який комплекс у реакції (II) більш стійкий

A.  $[\text{Hg}_4]^{-2}$     У.  $[\text{Hg}(\text{CN})_4]^{-2}$                       С. стійкість однакова

3. Яка з наведених вище реакцій буде відбуватися?

A. (I)                      В. (II)                      С. (I) і (II)

Еталони відповіді: 1-А; 2-В; 3-С (II)

## 9. Рекомендації до оформлення результатів роботи:

всі дані та розрахунки заносяться у лабораторний журнал-зошит, де ставиться дата відпрацювання заняття і підпис студента та викладача.

## 10. Література:

а) основна:

1. Медична хімія : підручник / В.О. Калібабчук, І.С. Чекман, Г.О. Сирова, В.І. Галинська та ін.; за ред. проф. В.О. Калібабчук. – К.: ВСВ «Медицина», 2013. – 336 с. (Затверджено Міністерством освіти і науки України (лист МОН України №1/11-1152 від 05.02.13) та Міністерством охорони здоров'я України як базовий підручник для студентів вищих навчальних закладів IV рівня акредитації (напрями «Лікувальна справа» та «Стоматологія»).

2. Завгородній І.В., Сирова Г.О., Ткачук Н.М. та ін. Медична хімія. Навчальний посібник рекомендований МОЗ та МОН України як навчальний посібник для самостійної роботи студентів вищих медичних навчальних закладів IV рівня акредитації, Харків, ХНМУ, 2010. – 268 с.

б) допоміжна:

1. К. Н. Зеленін, В. В. Алексєєв «Хімія загальна й біоорганічна». С.-П. 2003. с. 58-70.

2. Ю. Л. Єршов, В. А. Попков, А. С. Берлянд і ін. «Загальна хімія. Біофізична хімія», «Хімія біогенних елементів». М. 1993.

3. А. С. Ленський «Введення в біоорганічну й біофізичну хімію». М. 1989. с. 219-227.