

Міністерство освіти і науки України
Сумський державний педагогічний університет ім. А.С.Макаренка

Кафедра хімії та методики навчання хімії

Методичні рекомендації до лабораторних та семінарських занять з курсу

КООРДИНАЦІЙНІ СПОЛУКИ

Суми – 2014

УДК 54–386

Рекомендовано вченою радою природничо-географічного факультету СумДПУ
ім. А.С. Макаренка (протокол № 6 від 22 січня 2015 р.)

Укладач:

к.х.н., ст. викладач кафедри хімії та МНХ СумДПУ ім. А.С. Макаренка
Пшеничний Р.М.

Рецензент:

к.х.н., доцент кафедри хімії та МНХ СумДПУ ім. А.С. Макаренка
Скляр А.М.

Методичні рекомендації до лабораторних та семінарських занять з курсу
координаційні сполуки. / Р.М. Пшеничний. – Суми: СумДПУ
ім. А.С. Макаренка, 2014. – 29 с.

Методичні рекомендації складені відповідно до навчального плану і
робочої навчальної програми з курсу «Координаційні сполуки» для
спеціальності «Хімія та основи інформатики». Видання містить перелік тем,
основні питання до семінарських та лабораторних занять, а також практичні
вказівки для їх підготовки та успішного виконання.

Зміст

Передмова	4
Заняття № 1. Основні поняття координаційної хімії.....	5
Заняття № 2. Номенклатура координаційних сполук.....	6
Заняття № 3. Ізомерія координаційних сполук.....	7
Заняття № 4. Методи отримання координаційних сполук.....	9
Заняття № 5. Встановлення координаційної формули сполук за даними електропровідності.....	11
Заняття № 6. Хімічний зв'язок. Електростатичні концепції. Метод валентних зв'язків.....	12
Заняття № 7. Хімічний зв'язок. Теорія кристалічного поля. Метод молекулярних орбіталей.....	14
Заняття № 8. Властивості комплексних сполук у розчинах.....	15
Заняття № 9. Стійкість комплексних сполук у розчинах. КС в окисно-відновних процесах.....	17
Заняття № 10. Координаційні сполуки у розрахункових задачах.....	20
Заняття № 11. Визначення складу і константи стійкості тіоціанатного комплексу феруму(III) методом зсуву рівноваги.....	21
Заняття № 12. Вивчення процесу ступіньчатого комплексоутворення в системі купрум(II) – гліцин методом рН-потенціометричного титрування.....	22
Заняття № 13. Практичне значення координаційних сполук.....	25
Програма навчальної дисципліни.....	27
Список рекомендованої літератури.....	29

Передмова

Комплексні сполуки знаходять широке застосування в найрізноманітніших галузях хімічної науки і технології. Вивчення основних закономірностей координаційної хімії є необхідним для успішного освоєння інших дисциплін спеціалізації. В ході вивчення курсу студенти освоюють як теоретичні, так практичні навички з основ координаційної хімії.

Навчальна дисципліна «Координаційні сполуки» відображає зв'язок між досліджуваними сполуками (їх будовою, хімічними властивостями, реакційною здатністю, рівновагою в розчинах) та ключовими розділами неорганічної хімії, розділами термодинаміки та кінетики курсу фізичної хімії, розділами аналітичної хімії, фізико- та фізико-хімічних методів дослідження речовин.

У процесі вивчення дисципліни студенти отримують знання про склад, структуру, властивості, методи синтезу та застосування координаційних сполук, про сучасні погляди на природу координаційного зв'язку, методи дослідження координаційних сполук.

Методичні рекомендації складені відповідно до навчальної програми курсу «Координаційні сполуки» для студентів спеціальності «хімія». У методичних рекомендаціях представлена тематика занять, основні питання, типові задачі та вправи, а також вказівки до виконання лабораторних робіт, список рекомендованої літератури.

Основні поняття координаційної хімії

Мета: Закріпити знання про основні поняття координаційної хімії

Самостійна підготовка:

- етапи розвитку координаційної хімії;
- основні положення теорії будови координаційних сполук А. Вернера.

Контрольні питання

1. Дати визначення поняття координаційна сполука. Чи є відмінність між координаційними сполуками і подвійними солями?
2. Маємо дві солі: $\text{CrCl}_3 \cdot 5\text{NH}_3$, і $\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{NH}_3$. Яка будова цих солей, якщо відомо, що за допомогою розчину нітрату срібла з розчину одного моля однієї солі осаджується три моля хлориду срібла, а з розчину іншої – тільки два? Написати відповідні рівняння.
3. Які молекули чи іони можуть бути лігандами?
4. Що таке донорний атом? Чи обов'язково ліганд повинен мати донорний атом?
5. Що таке дентатність ліганду? Чи є правильним твердження, що дентатність ліганду дорівнює числу донорних атомів, які входять до його складу?
6. Яку дентатність можуть мати такі ліганди: NCS^- , N_2H_4 , $\text{NH}_2\text{--CH}_2\text{--CH}_2\text{--NH}_2$, $\text{NH}_2\text{--(CH}_2)_5\text{--NH}_2$, CN^- ?
7. Які ліганди можуть бути амбідентатними? Наведіть приклади.
8. Нижче наведено два визначення координаційного числа. Яке з них, на ваш погляд, є більш правильним? Дати мотивовану відповідь.
 - Число лігандів безпосередньо зв'язаних із даним центральним атомом називається координаційним.
 - Число σ -зв'язків, за допомогою яких ліганди безпосередньо зв'язані із центральним атомом, називаються координаційним числом.
9. Навести приклади комплексів, у яких координаційне число центрального атома дорівнює 6, які у внутрішній координаційній сфері містять 6, 5, 4, 3, 2, 1 ліганди.

10. Навести і проаналізувати не менше чотирьох факторів, що впливають на величину координаційного числа центрального атома?
11. Чому платина(VI) утворює октаедричні комплекси, а платина(II) – квадратні?
12. Для яких іонів є характерними координаційні числа більше 7? Навести приклади таких комплексів?
13. Які координаційні поліедри можуть мати комплекси з координаційними числами 4 і 6? Які з них енергетично вигідніші за умови, що всі ліганди однакові?

Заняття № 2

Номенклатура координаційних сполук

Мета: Засвоїти знання про номенклатуру, особливості будови та склад координаційних сполук

Самостійна підготовка:

- основні правила назви координаційних сполук за міжнародною номенклатурою (IUPAC);
- визначення ступенів окиснення;
- назви неорганічних та органічних лігандів.

Контрольні питання

1. Назвіть ступінь окиснення і координаційне число центрального атома, координаційна ємність лігандів і заряд внутрішньої сфери в сполуках та назвіть сполуки:

а) $\text{Na}_3[\text{Fe}(\text{C}_2\text{O}_4)_2\text{SO}_4]$	б) $[\text{Coen}_3]\text{Cl}_3$;
в) $\text{K}[\text{Cr}(\text{SCN})_4(\text{NH}_3)_2]$;	г) $[\text{Ni}(\text{CO})_4]$;
д) $[\text{Cd}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4$;	е) $\text{H}[\text{AuBr}_4]$;
ж) $\text{K}[\text{Ni}(\text{CN})_4(\text{H}_2\text{O})_2]$;	з) $[\text{Fe}(\eta^6\text{-C}_6\text{H}_6)_2]$
2. Напишіть координаційні формули наступних сполук, склад яких визначається емпіричними формулами та назвіть їх:

- а) $\text{CoCl}_3 \cdot 3\text{NH}_3$; б) $\text{PtCl}_2 \cdot 3\text{NH}_3$;
в) $\text{Cr}(\text{NO}_3)_3 \cdot 6\text{NH}_3$; г) $\text{AuCl} \cdot \text{KCl}$;
д) $\text{PtCl}_2 \cdot \text{KCl} \cdot \text{C}_2\text{H}_4$; е) $\text{Fe}(\text{CN})_3 \cdot 3\text{KCN}$.

3. Напишіть та назвіть координаційні формули всіх можливих сполук платини (II), в яких лігандами є бромід-іони і молекули аміаку.
4. Координаційне число Co^{3+} дорівнює 6. Напишіть всі можливі комплекси Co^{3+} з NH_3 та H_2O в якості лігандів. Назвіть дані сполуки.
5. Напишіть координаційні формули наступних сполук:
- а) дихлоротетраамінплатина(IV) нітрат;
б) дибромодиамінпалладій;
в) натрій тетрааксіс(тіоціанат)кобальтат(II);
г) дихлоробіс(диметилсульфоксид) паладій;
д) хлоропентаамінаквахром(III) сульфат;
е) натрій тетрахлороаурат(III)
6. Елементний аналіз показав, що комплексна сполука має склад $\text{Pt}(\text{NH}_3)_4\text{Cl}_2(\text{NO}_3)_2$. Як можна встановити, які кислотні залишки перебувають у внутрішній сфері?
7. За результатами елементного аналізу речовина має склад $\text{Co}(\text{SO}_4)\text{Cl} \cdot 5\text{NH}_3$. Якщо у водний розчин цієї речовини внести надлишок хлориду барію, утворюється білий осад, а при введенні нітрату срібла осад не випадає. Напишіть координаційну формулу і назвіть цю речовину.
8. Із водного розчину, що містить 0,2 моль комплексної сполуки складу $\text{CoBr}_3 \cdot 5\text{NH}_3$, при додаванні надлишку AgNO_3 випадає в осад 0,4 моль AgBr . За результатами даного дослідження складіть координаційну формулу сполуки та назвіть її.

Заняття № 3

Ізомерія координаційних сполук

Мета: Розглянути основні типи ізомерії координаційних сполук та їх особливості

Самостійна підготовка:

- типи ізомерії координаційних сполук;
- класифікація координаційних сполук.

Контрольні питання

1. Які сполуки називаються ізомерами?
2. Що таке геометрична ізомерія, в чому її сутність? Навести приклади.
3. Яка кількість геометричних ізомерів існує для наступних сполук:
 - а) $[\text{Cr}(\text{NH}_3)_4\text{Cl}_2]\text{NO}_3$;
 - б) $[\text{Zn}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_2]$;
 - в) $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_3\text{Cl}_3]\text{Cl}$;
 - г) $\text{K}[\text{Co}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_2\text{Br}_2]$?

Зобразіть геометричні конфігурації всіх можливих ізомерів.

4. Яка ізомерія називається координаційною? Наведіть приклади координаційних ізомерів.
5. Наведіть формули можливих координаційних полімерів сполуки $[\text{Co}(\text{NH}_3)_3\text{Cl}_3]$.
6. В чому є сутність іонізаційної ізомерії? Чи можуть бути іонізаційні ізомери сполук:
 - а) $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_3\text{Br}]\text{Cl}$
 - б) $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_2\text{Br}_2]$.
7. Напишіть формули можливих гідратних ізомерів сполук $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$.
8. Що таке ізомерія зв'язку? Для яких комплексів вона характерна?
9. Яка основна умова утворення оптичних ізомерів? Чи можлива оптична ізомерія для таких сполук:
 - а) *транс*- $\text{Na}_3[\text{Ir}(\text{C}_2\text{O}_4)_2\text{Cl}_2]$
 - б) *цис*- $\text{Na}_3[\text{Ir}(\text{C}_2\text{O}_4)_2\text{Cl}_2]$
 - в) $[\text{Zn}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_2]$
 - г) *цис*- $[\text{Pd}(\text{NH}_3)_2\text{ClBr}]$
10. При нагріванні розчину хлориду платини (II) з триетилфосфіном одержали дві сполуки білого та жовтого кольору. Хімічний аналіз

показав, що вони мають однаковий склад: Pt – 38,8 %, Cl – 14,1 %, C – 28,7 %, P – 12,4 %, H – 6,02 %. Написати структурні формули та назвати ізомери.

11. Написати можливі ізомери (геометричні та оптичні) загального складу $Ma_2b_2c_2$, $M(AA)_3$, $M(AA)_2b_2$, $M(AB)_3$, $M(AA)_2bc$, а, b, c – монодентатні, (AA) та (AB) – бідентатні ліганди.

Заняття № 4

Методи отримання координаційних сполук

Мета: Ознайомитися з деякими методами одержання КС і закріпити знання про властивості КС

Самостійна підготовка:

- правила перетворення координаційних сполук;
- взаємний вплив координованих груп.

Експериментальна частина

Дослід 1. Отримання комплексної сполуки з комплексним аніоном

В пробірку внести 3-5 краплі розчину нітрату вісмуту(III) і додати по краплям розчин йодиду калію до повного розчинення утвореного спочатку осаду йодиду вісмуту(III).

Написати рівняння реакцій:

- отримання нерозчинного йодиду вісмуту(III);
- взаємодії вісмуту(III) з йодидом калію з отриманням комплексної сполуки, в якій координаційне число комплексоутворювача дорівнює 4.

Дослід 2. Отримання сполук з комплексним катіоном

До 0,5-1 мл розчину купрум(II) сульфату додати 25 %-ий розчин амоніаку до повного розчинення спочатку утвореного осаду.

Написати рівняння реакцій рівняння реакцій утворення осаду та комплексної сполуки з координаційним числом комплексоутворювача 4.

Дослід 3. Отримання подвійної комплексної сполуки

Подвійними називаються такі комплексні сполуки, в яких комплексами є як катіон, так і аніон. В пробірку внести 0,5-1 мл розчину калій гексаціаноферату(II) $K_4[Fe(CN)_6]$ та 5-6 крапель розчину нікол(II) сульфату до появи осаду нікол(II) гексаціаноферату (II) $Ni_2[Fe(CN)_6]$ додати 25 %-ий розчин амоніаку до повного розчинення осаду. Одночасно спостерігати утворення блідо-лілових кристалів комплексної солі $[Ni(NH_3)_6]_2[Fe(CN)_6]$.

Написати рівняння реакцій утворення нікол (II) гексаціаноферату(II) та взаємодію його з амоніаком і назвати отриману комплексну сполуку. Визначити заряди комплексних іонів і комплексоутворювачів.

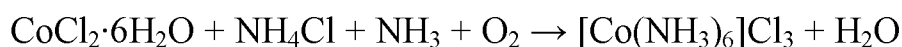
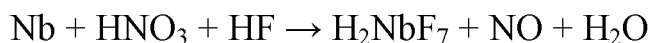
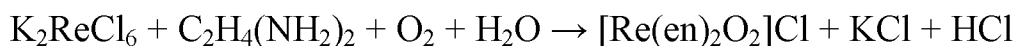
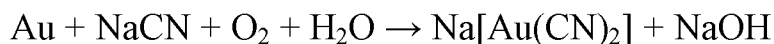
Дослід 4. Іонообмінні реакції за участю комплексних сполук

В одну пробірку внести 0,5-1 мл розчину купрум(II) сульфату, в іншу - стільки ж ферум(III) хлориду. В обидві пробірки внести по 3-4 краплі розчину $K_4[Fe(CN)_6]$. В результаті йонообмінних реакцій в обох пробірках утворюються нові комплексні сполуки. Описати дослід і спостереження. Написати рівняння реакцій і назви отриманих сполук.

Контрольні питання

1. Наведіть приклади синтезу КС із використанням реакцій: заміщення, подвійного обміну, окиснення-відновлення, прямого синтезу, темплатного синтезу, електрохімічного синтезу, фотохімічного синтезу.
2. Сформулюйте правило Пейроне та наведіть приклади реакцій, що його ілюструють.
3. Сформулюйте правило Ієргенсена та наведіть приклади реакцій, що його ілюструють.
4. У чому полягає ефект *транс*-впливу лігандів? Теорії пояснення *транс*-впливу.
5. Запропонувати шлях для синтезу *цис*- і *транс*-ізомерів $[PtCl_2(NH_3)(Py)]$ з таких вихідних речовин піридин, NH_3 , $K_2[PtCl_4]$.
6. Виходячи з металічної платини, одержати *транс*- $[PtCl_2(NH_3)_2]$.

7. Розставити коефіцієнти у рівняннях реакцій:



8. На осадження бромід іонів з розчину гексааквахром(III) броміду витрачено 0,025 л 10 % розчину нітрату срібла (густина розчину 1088 кг/м³). Яка маса гексааквахром(III) броміду містилася в розчині?

Заняття № 5

Встановлення координаційної формули сполук за даними електропровідності

Мета: Встановити склад координаційних сполук за даними електропровідності їх водних розчинів. Закріпити знання про будову КС

Самостійна підготовка:

- дисоціація координаційних сполук;
- питома та молярна електропровідність.

Експериментальна частина

На початку роботи необхідно виміряти опір розчинника (дистильована вода). Для цього 10 мл розчинника поміщають в електрохімічну комірку, приєднують її до приладу (омметра) і проводять вимірювання.

Після цього у комірку додають 10 мл свіжоприготовленого 0,01 М розчину досліджуваної речовини (А) і проводять перше вимірювання. Кожний наступне вимірювання здійснюється після додавання 10 мл розчинника і ретельного перемішування розчину. Дані вимірювань заносять у таблицю.

Використовуючи отримані значення опору R , необхідно розрахувати питому електропровідність χ концентрації розчинів C_m на кожному етапі вимірювання:

$$\chi = \frac{K}{R_x} \text{ Ом}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}, \text{ де } K - \text{ константа комірки}$$

$$C_M = \frac{1}{V}, \text{ де } V - \text{ загальний об'єм розчину (мл).}$$

Константа комірки визначається на основі вимірювання електропровідності розчинів КСІ. Значення питомої електропровідності 0,02 н. розчину КСІ за температури 20 °С дорівнює 0,00250 Ом⁻¹ · см⁻¹. Молярна електропровідність μ розчину координаційної сполуки розраховується за формулою:

$$\mu = \frac{(\chi - \chi_{p-ка}) \cdot 1000}{C_M} (\text{Ом}^{-1} \cdot \text{см}^2 \cdot \text{моль}^{-1}),$$

де $\chi_{p-ка}$ розраховується за формулою для питомої електропровідності.

Отримані результати заносять в таблицю, проводять математичну обробку одержаних експериментальних даних і будують графік у координатах $\mu - \sqrt{C_M}$. Екстраполяцією на нульову концентрацію комплексу знаходять значення молярної електропровідності, визначають тип електроліту і склад внутрішньої і зовнішньої сфери комплексу.

№	V, мл	R, Ом	C _M , моль/л	$\sqrt{C_M}$	χ , Ом ⁻¹ ·см ⁻¹	μ , Ом ⁻¹ ·см ² ·моль ⁻¹
1.						
2.						

R – опір розчинів.

Контрольні питання

1. Як можна встановити склад внутрішньої та зовнішньої координаційної сфери для комплексів, що мають склад PtCl₄·3NH₃, PtCl₄·4NH₃, PtCl₄·6NH₃?

2. Є комплексна сіль складу Ba(CN)₂·Cu(SCN)₂. При дії розчину H₂SO₄ весь барій осаджується у вигляді BaSO₄. Напишіть координаційну формулу цієї солі. Яка маса комплексної солі містилася в розчині, якщо у взаємодію вступило 0,125 л 0,25 н. сірчаної кислоти?

3. В розчині солі складу CoCO₃Cl·4NH₃ не виявлені NH₃ іони CO₃²⁻. Весь

хлор, що міститься у складі цієї солі, утворює AgCl . Вимірювання електричної провідності показали, що молекула солі розпадається на два іона. Яка координаційна будова солі? Визначте заряд комплексоутворювача.

4. Який об'єм 0,1 н. розчину аргентум нітрату необхідний для осадження хлору, що міститься в 200 мл 0,01 М розчину $\text{CrCl}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$? Вся вода зв'язана. Координаційне число хрому 6.

Заняття № 6

Хімічний зв'язок. Електростатичні концепції. Метод валентних зв'язків

Мета: Закріпити знання про будову координаційних сполук з точки зору електростатичної концепції та методу валентних зв'язків.

Самостійна підготовка:

- електростатична концепція будови КС;
- основні положення методу валентних зв'язків;
- просторова інтерпретація координаційних чисел.

Контрольні питання

1. Основні положення іонної моделі. Що таке критичне відношення радіусів? Пояснити можливість існування галогенідних комплексів для Al^{3+} та Si^{4+} .
2. Теорія жорстких і м'яких кислот та основ. Принцип даної класифікації.
3. Яку хімічну інформацію можна отримати, застосовуючи поляризаційну модель і теорію ЖМКО до реакцій комплексоутворення?
4. Які ви знаєте випадки гібридизації атомних орбіталей при утворенні координаційних сполук? Які конфігурації комплексів їм відповідають?
5. За допомогою методу ВЗ пояснити утворення комплексів: $[\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$, $[\text{Cr}(\text{CN})_6]^{3-}$, $[\text{Co}(\text{NO}_2)_6]^{3-}$, $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$, $[\text{PtCl}_4]^{2-}$, $[\text{NiCl}_4]^{2-}$.
6. Використовуючи метод ВЗ, пояснити існування високоспінових і низькоспінових комплексів кобальту(III) та мангану(II) і розрахувати теоретичні значення їх спінових магнітних моментів.

7. У чому є сутність π -дативного зв'язку? Як впливає його утворення на ефективний заряд центрального атома?

Заняття № 7

Хімічний зв'язок. Теорія кристалічного поля. Метод молекулярних орбіталей

Мета: Засвоїти знання про будову координаційних сполук. Розглянути основні положення ТКП та методу молекулярних орбіталей для характеристики властивостей КС.

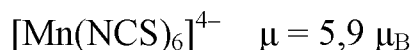
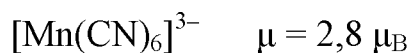
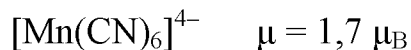
Самостійна підготовка:

- основні положення теорії кристалічного поля;
- основні положення методу молекулярних орбіталей.

Контрольні питання

1. Зобразіть схематично розщеплення d-орбіталей металу в октаедричному, тетраедричних і квадратному полях лігандів.
2. Що називається параметром розщеплення? Від чого залежить величина Δ ? Що являє собою спектрохімічний ряд лігандів? Чому він так називається?
3. Який комплекс має більш високе значення Δ : $[\text{Co}(\text{CN})_6]^{3-}$ або $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{3+}$? $[\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$ або $[\text{Rh}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$? $[\text{PtI}_4]^{2-}$ або $[\text{PtCl}_4]^{2-}$; $[\text{NiCl}_4]^{2-}$ або $[\text{PdCl}_4]^{2-}$?
4. Розгляньте, виходячи з теорії кристалічного поля, наступні комплекси і передбачте, якими вони повинні володіти магнітними властивостями: $[\text{CoF}_6]^{3-}$; $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}$; $[\text{CoCl}_4]^{2-}$ (Тетраedr); $[\text{Co}(\text{CN})_6]^{3-}$; $[\text{Ni}(\text{CN})_4]^{2-}$ (квадрат); $[\text{Mn}(\text{CN})_6]^{3-}$?
5. Що називається енергією стабілізації кристалічним полем (ЕСКП)? Що таке енергія спарювання?
6. Які комплекси називаються високоспіновими та які – низкоспіновими? При яких умовах вони утворюються?
7. Чому $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{3+}$ діамагнітний, а $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{2+}$ – парамагнітний? Поясніть це з позиції методу ВЗ та теорії кристалічного поля.

8. Пояснити причину різних значень магнітних моментів комплексів мангану



9. У чому полягає ефект Яна-Теллера? Для яких комплексів він характерний?

10. Поясніть наступні факти, що спостерігаються на досвіді:

а) комплекси Cr^{3+} , незалежно від того, сильними чи слабкими лігандами вони утворені, завжди парамагнітні;

б) комплекси $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{3+}$ та $[\text{Co}(\text{NO}_2)_6]^{3-}$ діамагнітні, а $[\text{CoF}_6]^{3-}$ – парамагнітні;

в) всі комплекси Zn^{2+} діамагнітні.

11. Зобразіть схематично утворення молекулярних орбіталей іонів: $[\text{VCl}_6]^{4-}$, $[\text{Cd}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$, $[\text{PtCl}_4]^{2-}$.

Заняття № 8

Властивості комплексних сполук у розчинах

Мета: Ознайомитися з деякими властивостями КС у водних розчинах та виявити різницю між простими та комплексними йонами

Самостійна підготовка:

- кінетика реакцій комплексоутворення;
- утворення комплексів у розчинах;
- забарвлення координаційних сполук.

Експериментальна частина

Дослід 1. Вплив концентрації розчину на комплексоутворення

До декількох крапель розчину кобальт(II) хлориду у пробірці додайте концентрованого розчину калій роданіду. Як змінилось забарвлення розчину? Розбавте одержаний розчин дистильованою водою і поясніть зміну забарвлення розчину. Складіть необхідні рівняння реакцій і зробіть висновки про вплив концентрації розчину на комплексоутворення.

Дослід 2. Дисоціація подвійних солей

У дві пробірки внесіть по 0,5-1 мл розчину галууну $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \cdot \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_2$. В одну пробірку додайте 5 крапель розчину NaOH , заткніть пробірку ватним тампоном, на який покладіть вологу смужку синього лакмусового папірця (або універсального індикатора). Нагрійте пробірку. Що спостерігається? У другу пробірку додайте 3 краплі розчину калій роданіду. Відмітьте колір розчину. Складіть необхідні рівняння реакцій і зробіть висновок про характер дисоціації галууну в розчині.

Дослід 3. Гідратна ізомерія аквакомплексів

Декілька кристалів $\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ розчиніть у воді. Одержаний розчин розділіть на дві пробірки. Вміст однієї нагрівайте протягом 3-5 хв. і спостерігайте зміну кольору, зв'язану з перебудовою комплексу. Дайте необхідні пояснення результатам дослідів.

Контрольні питання

1. Роданід калію KSCN при додаванні до розчину солі $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \cdot \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ зв'язує йон Fe^{3+} в родановое залізо, а при додаванні до розчину солі $3\text{KCN} \cdot \text{Fe}(\text{CN})_3$ не зв'язує. Яка з цих солей подвійна і яка комплексна? Напишіть рівняння дисоціації обох солей у водних розчинах.
2. При зливанні розчину калій нітрату з розчином натрій гексанітрокобальтату(III) утворюється жовтий кристалічний осад $\text{K}_2\text{Na}[\text{Co}(\text{NO}_2)_6]$ або, якщо нітрат калію присутній в надлишку, утворюється осад того ж кольору $\text{K}_3[\text{Co}(\text{NO}_2)_6]$. Написати рівняння відповідних реакцій.
3. Чи завжди кристалогідрати є аквакомплексами? Дайте аргументовану відповідь.
4. Пояснити чим зумовлене забарвлення речовин, якими правилами воно визначається? Що таке квантово-хімічні правила відбору?
5. Пояснити чому сполуки золота(I) не забарвлені, а сполуки золота(III) – забарвлені?

6. Для іону $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ максимум поглинання видимого світла відповідає довжині хвилі $\lambda = 304$ нм, а для іону $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_4]^{2+}$ – довжині хвилі 365 нм. Розрахувати енергію розщеплення d-підрівня в цих іонах. Як змінюється сила поля ліганду при переході від NH_3 до H_2O .
7. Яке забарвлення сполук мангану (III) у водних розчинах, якщо для іону $[\text{Mn}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$ $\Delta = 250,5$ кДж/моль? Якій довжині хвилі відповідає максимум поглинання видимого світла даним іоном?
8. Комплекс $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$ – фіалковий, комплекс $[\text{CrL}_6]^{2+}$ – зелений. Чи може ліганд L бути а) ціанід-іоном, б) хлорид-іоном?

Заняття № 9

Стійкість комплексних сполук у розчинах. КС в окисно-відновних процесах

Мета: Закріпити знання про поведінку та міцність КС у розчинах та їх окисно-відновні властивості

Самостійна підготовка:

- константи стійкості та нестійкості комплексів;
- окисно-відновні реакції за участю координаційних сполук.

Експериментальна частина

Дослід 1. Дослідження міцності комплексних іонів

а) Порівняння міцності комплексних іонів

У двох пробірках отримайте AgCl з розчинів $\text{NaCl}(\text{KCl})$ та AgNO_3 взявши їх по 0,5 мл відповідно. У першу пробірку додайте 25 %-ий розчин амоніаку до розчинення осаду, а в другій пробірці осад розчиніть у 1 н. розчині $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$.

В обидві пробірки додайте по 3-4 краплі 0,1 н. розчину KI і струсніть кожну.

Складіть рівняння реакцій:

- аргентум хлориду з амоніаком;
- аргентум хлориду з натрій тіосульфатом;

– дисоціації одержаних КС.

Поясніть утворення осаду AgI , користуючись рівнянням дисоціації відповідного комплексного йону та правила добутку розчинності. Чому в другій пробірці осад не випадає? Який з одержаних комплексів більш міцний?

б) руйнування комплексу осадженням комплексоутворювача.

У дві пробірки внесіть по 0,5-1 мл розчину CuSO_4 . В одну пробірку додайте такий же об'єм розчину амоній оксалату $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$, а в другу натрій сульфід. Які сполуки випадають в осад. Складіть відповідні рівняння. В двох інших пробірках отримайте комплексну сполуку купруму (II) з розчину CuSO_4 і надлишку конц. розчину аміаку і відмітьте колір утвореної КС. Складіть рівняння реакції.

Випробуйте дію амоній оксалату та натрій сульфід на одержаний розчин КС. В якому випадку випадає осад? Про наявність яких іонів це свідчить? Що відбувається з КС? Складіть рівняння реакції. Чому з розчином оксалату осад не випадає? ($\text{ДР}(\text{CuS}) = 4 \cdot 10^{-38}$; $\text{ДР}(\text{CuC}_2\text{O}_4) = 3 \cdot 10^{-8}$).

Дослід 2. Окисно-відновні реакції КС

а) Відновлення калій гексаціаноферату(III).

У пробірці змішайте 0,5-1 мл 0,1 н. KI , 0,5 мл 2 н. HCl , 5-6 крапель бензолу. Спостерігайте, що бензол залишається безбарвним. Додайте кристалів комплексної солі взятої на кінчику ножа в пробірку і струсніть її декілька разів. Якого кольору набуває бензол? Складіть відповідне рівняння взаємодії KI з КС, враховуючи утворення калій гексаціаноферату(II). Вкажіть окисник і відновник.

б) окиснення аргентум фероціаніду.

В одну пробірку внесіть 0,5-1 мл розчину $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$, в другу – такий же об'єм $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$. В обидві пробірки додайте 6-7 крапель розчину AgNO_3 . Відмітьте колір осадів. До білого осаду при перемішування скляною паличкою додайте 0,5 мл HNO_3 (конц.) ($\rho = 1,4$ г/мл). Як змінився колір осаду?

Запишіть рівняння утворення осадів. У яку сполуку переходить аргентум фероціанід під дією нітратної кислоти? Складіть це рівняння, вкажіть окисник і

Контрольні питання

1. Яка сполука є більш сильною основою купрум(II) гідроксид чи тетраамінкупрум(II) гідроксид і чому?
2. Складіть координаційні формули таких сполук і рівняння їх дисоціації, якщо координаційне число комплексоутворювача дорівнює 6:
 - а) $\text{Co}(\text{NO}_2)_3 \cdot 6\text{NH}_3$,
 - б) $\text{Co}(\text{NO}_2)_3 \cdot \text{KNO}_3 \cdot 2\text{NH}_3$,
 - в) $\text{Co}(\text{NO}_2)_3 \cdot 4\text{NH}_3$,
 - г) $\text{Co}(\text{NO}_2)_3 \cdot 3\text{KNO}_2$.
3. Який комплексний іон повинен бути міцнішим: а) $[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ чи $[\text{Cd}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$; б) $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}$ чи $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$. Відповідь обґрунтуйте.
4. При зливання 1 л 0,1 М розчину FeCl_3 і 1 л 0,6 М розчину KCN утворюється розчин, у якому якісним аналізом не виявляються йони Fe^{3+} і CN^- , але виявляються йони Cl^- і K^+ . Складіть рівняння реакції.
5. Складіть рівняння ОВР за участю комплексних іонів у водному розчині:
 - а) хлор + калій гексаціаноферат(II),
 - б) гідроген пероксид + гексаамінкобальт(II) хлорид,
 - в) бром + калій гексагідроксохромат(III).
6. Яке середовище мають розчини солей $[\text{Co}(\text{H}_2\text{O})(\text{NH}_3)_5]\text{Cl}_3$ і $[\text{Co}(\text{H}_2\text{O})(\text{NH}_3)_3]\text{Cl}_2$?
7. Чому, на відміну від алюмінію, цинк розчиняють не лише сильні луги, а й розчини амоніаку і солей амонію? Складіть рівняння реакцій.
8. Обчисліть ΔG° процесу: $[\text{Ni}(\text{CN})_4]^{2-} \leftrightarrow \text{Ni}^{2+} + 4\text{CN}^-$, якщо $K_{\text{H}} = 1 \cdot 10^{-22}$ при 20 °С.
9. Чи можна цинк сульфід розчинити в 1 М розчину NaOH ? Відповідь дайте на основі розрахунків ($\text{ДР}(\text{ZnS}) = 1 \cdot 10^{-23}$, $K_{\text{H}}[\text{Zn}(\text{OH})_4]^{2-} = 7 \cdot 10^{-16}$).

Координаційні сполуки у розрахункових задачах

Мета: Узагальнити знання про властивості КС і закріпити навички розв'язування розрахункових задач за участю координаційних сполук.

Самостійна підготовка

– поведінка КС у розчинах, характер і кількісні характеристики їх дисоціації, типи реакцій КС у розчинах.

– добуток розчинності важкорозчинних сполук, його використання в розрахунках, властивості розбавлених розчинів електролітів.

Контрольні питання та задачі

1. Розчин солі складу $\text{Fe}(\text{CN})_2 \cdot 4\text{KCN}$ не дає реакцій на йони Fe^{2+} і CN^- . Осмотичний тиск 0,002 М розчину цієї солі за 0 °С дорівнює 22610 Па. Яка координаційна формула солі?
2. На осадження іонів Br^- з розчину комплексної солі $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_6]\text{Br}_3$ витрачено 0,025 л розчину нітрату срібла $\rho = 1,088$ г/мл і $\omega(\text{AgNO}_3) = 10$ %. Скільки грамів комплексної солі містилося в розчині?
3. Обчисліть концентрацію йонів Ag^+ у 1 л 0,2 М розчині $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{NO}_3$, у якому міститься 0,5 моль NH_3 , якщо $K_{\text{H}}[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+ = 6 \cdot 10^{-8}$?
4. Чи випадає осад CdS , якщо до 0,1 М розчину $\text{K}_2[\text{Cd}(\text{CN})_4]$ додати рівний об'єм 0,1 М розчину Na_2S ? $K_{\text{H}}[\text{Cd}(\text{CN})_4]^{2-} = 1,4 \cdot 10^{-19}$, $\text{ДР}(\text{CdS}) = 1,6 \cdot 10^{-28}$?
5. Яка маса Hg^{2+} знаходиться в 0,1 л 0,01 М розчину $\text{K}_2[\text{HgI}_4]$, у якому розчинено 5 г NaI ? Чи випадає осад $\text{Hg}(\text{OH})_2$, якщо до цього розчину додати 0,001 моль KOH ? $K_{\text{H}}[\text{HgI}_4]^{2-} = 1,38 \cdot 10^{-30}$, $\text{ДР}(\text{Hg}(\text{OH})_2) = 10^{-26}$.
6. $K_{\text{H}}[\text{Co}(\text{CN})_4]^{2-} = 7,66 \cdot 10^{-18}$ дорівнює за 25 °С. Обчисліть зміну стандартної енергії Гіббса процесу $[\text{Co}(\text{CN})_4]^{2-} \leftrightarrow \text{Co}^{2+} + 4\text{CN}^-$
7. Для йону $[\text{Rh}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$ $\Delta = 321,6$ кДж·моль⁻¹. Визначить забарвлення даного йону та положення максимуму поглинання світла.
8. Закінчіть рівняння окисно-відновної реакції, використовуючи електронно-іонний метод і вкажіть окисник та відновник. Розрахуйте M_E окисника та

відновника.



Заняття № 11

Визначення складу і константи стійкості тіоціанатного комплексу феруму(III) методом зсуву рівноваги

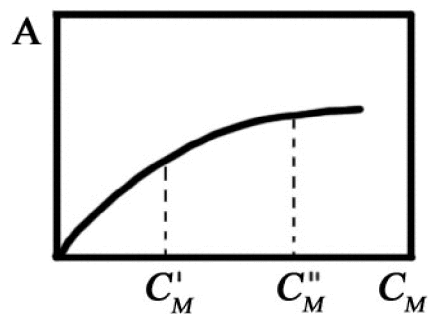
Мета: Закріпити знання про константи утворення та дисоціації комплексних іонів, функції, що характеризують комплексні іони

Самостійна підготовка:

- константа стійкості комплексних іонів у розчинах;
- фотометрія, пинцип роботи КФК-2.

Експериментальна частина

Для визначення константи стійкості комплексу методом зсуву рівноваги у шість мірних колб на 25 мл наливають по 5 мл 0,5 н. розчину HNO_3 , 2 мл $4 \cdot 10^{-3}$ М розчину KSCN , а потім додають 1, 2, 3, 4, 5, 6 мл 0,03 М розчину $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$. Об'єми розчинів доводять водою до мітки. Через 20 хв після зливання вихідних компонентів вимірюють оптичну густину розчинів при $\lambda = 460$ нм та товщині поглинаючого шару 1 см. Одержані експериментальні дані заносять у табл. і будують графік залежності оптичної густини від загальної концентрації Fe^{3+} . Потім попарно беруть розчини серії C'_{Fe} і C''_{Fe} як вказано на рис., визначають відношення оптичних густин цих розчинів, розраховують концентрацію комплексу $[\text{Fe}(\text{NCS})]^{2+}$, а потім – його константу стійкості.



$$\frac{A_2}{A_1} = \frac{C''_K}{C'_K} = p$$

$$C'_K = \frac{C_L(C''_{\text{Fe}} - pC'_{\text{Fe}})}{p(C''_{\text{Fe}} - C'_{\text{Fe}})}$$

$$\beta = \frac{C_K'}{(C_L - C_K')C_{Fe}'}$$

де C_K' та C_K'' – концентрації комплексів, C_{Fe}' C_{Fe}'' – концентрації іонів металу, C_L концентрація ліганду, β – константа стійкості комплексу.

Кількість Fe(NO ₃) ₃ , мл	$C_{Fe^{3+}}$	A	p	C_K	β

Контрольні питання

1. Написати рівняння реакції ступінчастої взаємодії $[Cd(H_2O)_6]^{2+}$ з водним розчином KI з утворенням $[CdI_4]^{2-}$. Показати, що $\beta_4 = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4$.
2. Обчислити розчинність AgI в 2,5 М розчині NH₃. $DP_{AgI} = 8,3 \cdot 10^{-17}$; для $[Ag(NH_3)_2]^+$ $\beta_2 = 1,7 \cdot 10^7$.
3. Тіоціанат калію, KSCN, часто використовують для спектрофотометричного визначення Fe³⁺ у вигляді комплексного іона FeNCS²⁺. Яка концентрація Fe³⁺ буде у розчині, якщо змішали 0,5 л 0,0015 М розчину Fe(NO₃)₃ і 0,5 л 0,2 М розчину KSCN? (для FeNCS²⁺ $K = 8,9 \cdot 10^2$).
4. За якої концентрації аміаку $[Ag^+] = [Ag(NH_3)_2]^+$?
5. Визначити концентрацію іонів $[Zn^{2+}]$, $[CN^-]$ та $[Zn(CN)_4]^{2-}$ у розчині, який був отриманий при розчиненні 0,82 г ZnCl₂ в 1 л 0,15 М розчину NaCN. (Для $[Zn(CN)_4]^{2-}$ $\beta_4 = 4,2 \cdot 10^{19}$)

Заняття № 12

Вивчення процесу ступінчатого комплексоутворення в системі купрум (II) – гліцин методом рН-потенціометричного титрування.

Мета: Дослідити комплексоутворення в системі Cu(NO₃)₂ – гліцин – H₂O та визначення наближених констант стійкості комплексних іонів

Самостійна підготовка:

- дисоціація комплексних іонів у розчинах;
- методи визначення ступінчатих констант стійкості комплексних іонів;
- рН-потенціометричне титрування.

Експериментальна частина

Як вихідні речовини використовують 0,025 М розчин $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$, 0,025 М розчин KNO_3 , 0,1 М розчин HNO_3 , 0,1 М розчин KOH .

У мірну колбу на 25 мл вносять 2,5 мл розчину $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$, 5 мл розчину гліцину, 5 мл розчину KNO_3 (для постійної йонної сили $\mu = 0,1$), 1,5 мл розчину HNO_3 (для повного протонування всіх часток у розчині) і розбавляють водою до мітки. Одержаний розчин титрують розчином KOH , записуючи значення рН розчину залежно від об'єму доданого лугу. Останній додають з кроком 0,1 мл.

Розрахунки. У системі нітрат купруму (II) – амінооцтова кислота (HL) відбуваються такі процеси:



де K_3 і K_4 – константи дисоціації амінооцтової кислоти K_{d_1} і K_{d_2} відповідно.

Загальна концентрація гліцину в розчині дорівнює сумі п'яти концентрацій:

$$C_L = [\text{L}^-] + [\text{HL}] + [\text{H}_2\text{L}^+] + [\text{ML}] + 2[\text{ML}_2] \quad (5)$$

Оскільки \bar{n} – середнє число молекул ліганду, зв'язаних з одним атомом металу, його значення можна записати так:

$$\bar{n} = \frac{[\text{ML}] + 2[\text{ML}_2]}{C_M} \quad (6)$$

Отже,

$$C_L = [L^-] + [HL] + [H_2L^+] + \bar{n} \cdot C_M \quad (7)$$

Підставляючи рівняння (3) та (4) в рівняння (7), отримуємо:

$$C_L = [L^-] + \frac{[H^+]^2[L^-]}{K_3K_4} + \frac{[H^+][L^-]}{K_4} + \bar{n} \cdot C_M, \quad (8)$$

звідки:

$$\bar{n} = \frac{C_L - [L^-] \left(1 + \frac{[H^+]}{K_4} + \frac{[H^+]^2}{K_3K_4}\right)}{C_L}. \quad (9)$$

Для розрахунку $[L^-]$ використовують формулу:

$$[L^-] = \frac{C_L + [HNO_3] + [KOH] - [H^+] + [OH^-]}{\frac{[H^+]}{K_4} + \frac{2[H^+]^2}{K_3K_4}}, \quad (10)$$

де рівноважна концентрація $[HNO_3] = C_{HNO_3} + 2C_M$. Формулу (10) можна одержати в такий спосіб. Концентрацію вільних та зв'язаних іонів гідрогену в розчині можна записати двома способами:

$$C_{H^+} = [H^+] + [HL] + 2[H_2L^+] + [OH^-] \quad (11)$$

та

$$C_{H^+} = C_L + [HNO_3] - [KOH]. \quad (12)$$

Зіставлення рівнянь (11) та (12) дає:

$$C_{H^+} = C_L + [HNO_3] - [KOH] + [OH^-] - [H^+]. \quad (13)$$

Підставляючи рівняння (3) та (4) в рівняння (13), одержимо вираз (10). Якщо позначити символом R вираз

$$R = 1 + \frac{[H^+]}{K_4} + \frac{[H^+]^2}{K_3K_4}, \quad (14)$$

та символом P вираз

$$P = \frac{[H^+]}{K_4} + \frac{2[H^+]^2}{K_3K_4}, \quad (15)$$

формули для розрахунку \bar{n} та $[L^-]$ приймають простіший вигляд:

$$\bar{n} = \frac{C_L - [L^-]R}{C_M}, \quad (16)$$

$$[L^-] = \frac{C_L + [HNO_3] + [KOH] - [H^+] + [OH^-]}{P} \quad (17)$$

Результати розрахунку заносять до таблиці.

№	V(KOH)	pH	[H ⁺]	[OH ⁻]	C _L	[KOH]	C _M	R	P	\bar{n}	[L ⁻]	pL

За даними таблиці будують криву утворення комплексу (залежність $\bar{n} = f(-\lg[L^-])$), а за нею знаходять K_1 та K_2 при $\bar{n} = 0,5$ та $\bar{n} = 1,5$ відповідно за формулою

$$K_n = \frac{1}{[L^-]^{n - \bar{n} - 0,5}}$$

Контрольні питання

1. Що таке функція Б'єррума і функція Фронеуса і в яких випадках та чи інша функція використовується для розрахунку констант стійкості комплексів?
2. Обчислити закомплексованість і рівноважну концентрацію Ag⁺ в розчині, що містить 1·10⁻³ М нітрату срібла і 0,022 М аміаку.
3. Скільки ціаніду калію необхідно додати до 1 дм³ 0,1 М розчину нітрату срібла, щоб концентрація іонів срібла зменшилась до 1·10⁻¹⁹ М (Вважати, що в даних умовах в розчині утворюється комплекс Ag(CN)₂⁻)?
4. Знайти розчинність (S) флуориду магнію в 0,01 н. розчині HCl, якщо K(HF) = 6·10⁻⁴, а ДР (MgF₂) = 6,4·10⁻⁹.

Заняття № 13

Практичне значення координаційних сполук

Мета: Показати приклади застосування координаційних сполук у різних галузях промисловості, їх біологічне значення

Самостійна підготовка:

- значення координаційних сполук для життєдіяльності людини.

Контрольні питання

1. Використання комплексних сполук в аналітичній хімії (спектрофотометрія, гравіметрія, екстракція)
2. Застосування КС в кольоровій металургії
3. Які комплекси використовують для приготування та переробки ядерного палива?
4. Які комплекси використовують для розділення рідкоземельних елементів?
5. Наведіть приклади використання координаційних сполук в медицині. Які лікарські препарати містять платину? Як вони діють?
6. Наведіть приклади комплексних сполук, в яких здійснюється фотоперенос електрона та енергії.
7. Реакції металокомплексного каталізу в таких технологічних процесах: гідрокрекінг алканів; ізомеризація алканів; дегідрування алканів в алкени; окиснення алканів; окиснення алкенів; ізомеризація алкенів; полімеризація алкенів; циклізація алкінів.
8. Дайте характеристику гемового та негемового заліза.
9. Назвіть типи купрумвмісних ферментів. До складу яких ферментів входять нікол, кобальт, молібден?
10. Біологічне значення КС.

Програма навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1

Тема 1. Вступ. Загальна характеристика комплексних сполук

1. Етапи розвитку координаційної хімії
2. Основні поняття та означення
3. Номенклатура координаційних сполук

Тема 2. Види ізомерії комплексних іонів

1. Структурна ізомерія
2. Ізомерія зв'язку
3. Геометрична та оптична ізомерія
4. Конформаційна ізомерія

Змістовий модуль 2

Тема 3. Основні класи координаційних сполук

1. Зовнішні ознаки реакцій комплексоутворення та методи виявлення координаційної сфери
2. Методи синтезу координаційних сполук
 - а) реакції приєднання та обміну
 - б) методи синтезу основані на окисно-відновних реакціях
 - в) темплатний або матричний синтез
3. Взаємний вплив координованих груп
4. Класифікація координаційних сполук

Тема 4. Хімічний зв'язок та властивості координаційних сполук

1. Основні поняття, що характеризують будову координаційних сполук
2. Конфігурація внутрішньої сфери та симетрія
3. Метод валентних зв'язків
4. Теорія кристалічного поля
5. Метод молекулярних орбіталей
6. Ефект Яна-Теллера
7. Реакційна здатність координаційних сполук і взаємний вплив лігандів
8. Магнітні властивості координаційних сполук

Змістовий модуль 3

Тема 5. Реакції комплексоутворення

1. Утворення комплексів у розчинах
2. Кінетика реакцій комплексоутворення
3. Взаємний вплив лігандів у реакціях комплексоутворення
4. Реакції окиснення-відновлення
5. Фактори, які впливають на стійкість комплексних іонів у розчині
6. Експериментальні методи визначення складу і стійкості комплексів у розчині:
 - а) спектрофотометричний метод
 - б) потенціометричний метод
 - в) рН-потенціометричний метод

Тема 6. Методи дослідження та практичне значення координаційних сполук

1. Методи дослідження просторової будови координаційних сполук
2. Використання комплексів у хімічному аналізі
3. Застосування координаційних сполук у хімічній технології
4. Координаційні сполуки в медицині та сільському господарстві
5. Металокомплексний каталіз

Список рекомендованої літератури

1. Скопенко В.В., Савранський Л.І. Координаційна хімія. – К., 2004.
2. Скопенко В.В., Зуб В.Я. Практикум з координаційної хімії. – К., 2003.
3. Алексеев С.О. Хімія комплексних сполук: навчальний посібник. – К., 2010.
4. Костромина Н.А., Кумок В.Н., Скорик Н.А. Химия координационных соединений. – М., 1990.
5. Гринберг А. А. Введение в химию комплексных соединений. – М., 1971.
6. Голуб А.М., Скопенко В.В. Основи координаційної хімії. – К., 1977.
7. Кукушкин Ю.Н. Химия координационных соединений. – М., 1985.
8. Киселев Ю.М., Добрынина Н.А. Химия координационных соединений. – М., 2007.
9. Драго Р. Физические методы в неорганической химии: В 2 т. – М., 1981.

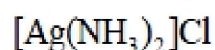
Додатки

Геометрична інтерпретація координаційних чисел

Для координаційного числа 2



Лінійна ($D_{\infty h}$)



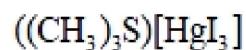
Кутова (C_{2v})



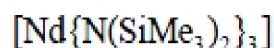
Для координаційного числа 3



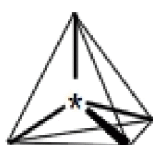
Трикутник (D_{3h})



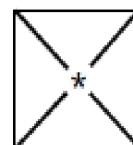
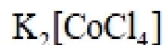
Тригональна піраміда (C_{3v})



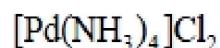
Для координаційного числа 4



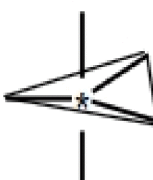
Тетраedr: (T_d)



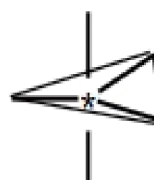
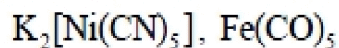
Квадрат (D_{4h})



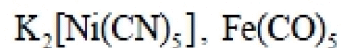
Для координаційного числа 5



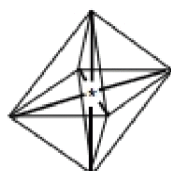
Тригональна біпіраміда (D_{3h})



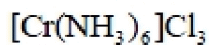
Тригональна біпіраміда (D_{3h})



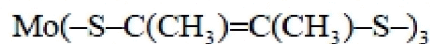
Для координаційного числа 6



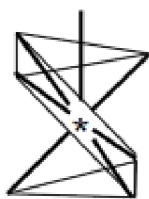
Октаedr (O_h)



Тригональна призма (D_{3h})



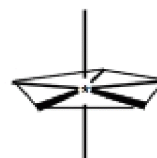
Для координаційного числа 7



Одношарковий
октаедр (C_{3v})
 $[\text{Cr}(\text{CN}-\text{Bu})_7](\text{PF}_6)_2$

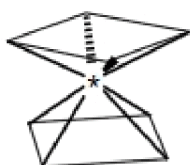


Одношаркова
тригональна призма
(C_{2v})
 $\text{K}_2[\text{NbF}_7]$,
 $\text{K}_2[\text{TaF}_7]$

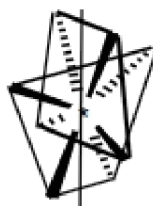


Пентагональна
біпіраміда (C_{5v})
 $\text{K}_4[\text{V}(\text{CN})_7] \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
 $\text{Cs}_3[\text{UO}_2(\text{NCS})_5]$

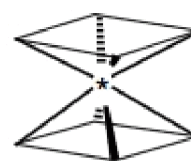
Для координаційного числа 8



Квадратна
антипризма (D_{4d})
 $[\text{Sr}(\text{H}_2\text{O})_8][\text{HgI}_4]$

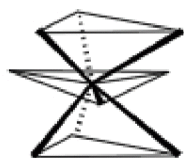


Додекаедр
з трикутними
гранями (D_{2d})
 $[\text{Ca}(\text{H}_2\text{O})_8][\text{HgI}_4]$



Куб (дуже рідко) (O_h)
 $(\text{Et}_4\text{N})_4[\text{U}(\text{NCS})_8]$

Для координаційного числа 9



Тришаркова
тригональна призма (D_{3h})
 $\text{K}_2[\text{ReH}_9]$

Для координаційного числа 12



Ікосаедр (I_h)
 $[\text{Mg}(\text{H}_2\text{O})_6][\text{Th}(\text{NO}_3)_6] \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

