

МОЗ України  
Запорізький державний медичний університет  
Кафедра аналітичної хімії

**ЯКІСНИЙ АНАЛІЗ  
КИСЛОТНО-ОСНОВНЕ ТИТРУВАННЯ**  
**Модуль 1**

**Теорія та практика аналізу катіонів I-III аналітичних груп**  
**Змістовий модуль 1**

**Теорія та практика аналізу катіонів IV-VI аналітичних груп**  
**Змістовий модуль 2**

**Теорія та практика аналізу аніонів і невідомого зразка**  
**Змістовий модуль 3**

Навчально-методичний посібник  
для студентів 2 курсу  
спеціальності 226 «Фармація»

Запоріжжя 2017

Навчально-методичний посібник склали:

доктор фармацевтичних наук, професор С. О. Васюк;  
кандидат фармацевтичних наук, доцент А. С. Коржова;  
за участю в перекладі асистента Донченко А. О.

Рецензенти:

доктор фармацевтичних наук, професор, завідувач кафедри органічної і біоорганічної хімії С. І. Коваленко;

доктор фармацевтичних наук, професор, завідувач кафедри токсикологічної і неорганічної хімії О. І. Панасенко.

Навчально-методичний посібник затверджено:

на засіданні Циклової методичної комісії фізико-хімічних дисциплін Запорізького державного медичного університету (протокол № \_\_\_\_ від \_\_\_\_\_ р.), на засіданні Центральної методичної ради Запорізького державного медичного університету (протокол № \_\_\_\_ від \_\_\_\_\_ р.).

## ВСТУП

Аналітична хімія вивчається згідно затверджені примірної програми 2017 року для студентів ВНЗ III-IV рівнів акредитації України для спеціальності 226 «Фармація» та примірного навчального плану підготовки фахівців другого (магістерського) рівня вищої освіти галузі знань 22 «Охорона здоров'я» у вищих навчальних закладах МОЗ України за спеціальністю 226 «Фармація» кваліфікації освітньої «Магістр фармації».

Згідно навчального плану аналітичну хімію вивчають в III і IV семестрах.

Програма дисципліни структурована на 2 модуля: модуль 1 – «Якісний аналіз, Кисотно-основне титрування», модуль 2 – «Кількісний аналіз. Інструментальні методи аналізу».

Модуль 1 складається з 4 змістових модулів:

1. Аналітична хімія та хімічний аналіз. Теорія розчинів сильних та слабких електролітів. Закон діючих мас та його застосування до різних типів іонних рівноваг в аналітичній хімії. Використання закону діючих мас до рівноваг у гетерогенних системах та його значення в аналітичній хімії. Теорія та практика аналізу катіонів I-III аналітичних груп.

2. Застосування закону діючих мас до кислотно-основної рівноваги та до рівноваги комплексоутворення, їх роль в аналітичній хімії. Теорія та практика аналізу катіонів IV-VI аналітичних груп.

3. Застосування закону діючих мас до окисно-відновної рівноваги. Методи розділення та концентрування. Теорія та практика аналізу аніонів і невідомого зразка.

4. Кислото-основне титрування та його застосування в хімічному та фармацевтичному аналізі.

Модуль 2 складається з 4 змістових модулів:

1. Окисно-відновне титрування та його застосування в аналізі хімічних сполук та лікарських засобів.

2. Осаджувальне титрування, комплексиметричне титрування. Гравіметричний аналіз. Застосування методів в аналізі хімічних сполук, косметичних та лікарських засобів.

3. Оптичні методи аналізу.

4. Електрохімічні та хроматографічні методи.

## УВЕДЕННЯ В ЯКІСНИЙ АНАЛІЗ

### Основні поняття аналітичної хімії

*Аналітична хімія* – це розділ хімічної науки про методи та прийоми якісного та кількісного аналізу речовини.

Аналітична хімія включає три розділи: *якісний хімічний аналіз*, *кількісний хімічний аналіз* та *інструментальні* (фізичні та фізико-хімічні) методи аналізу.

*Якісний хімічний аналіз* – це виявлення (відкриття) хімічних елементів, іонів, атомів, атомних груп, молекул в аналізованій речовині.

*Кількісний хімічний аналіз* – це визначення кількісного складу речовини, тобто встановлення кількості хімічних елементів, іонів, атомів, атомних груп, молекул в аналізованій речовині.

*Інструментальні (фізичні та фізико-хімічні) методи аналізу* – методи засновані на використанні залежностей між вимірюваними фізичними властивостями речовин і їх якісним і кількісним складом.

### Аналітичні ознаки речовини та аналітичні реакції

При проведенні якісного та кількісного аналізу використовують *аналітичні ознаки речовин* та *аналітичні реакції*.

*Аналітичні ознаки* – такі властивості досліджуваної речовини або продуктів її перетворення, які дозволяють судити про наявність в ній тих чи інших компонентів. До аналітичних ознак належать колір, запах, кут обертання площини поляризації світла, здатність до взаємодії з електромагнітним випромінюванням та ін.

*Аналітична реакція* – хімічне перетворення досліджуваної речовини при дії аналітичного реагенту з утворенням продуктів з помітними аналітичними ознаками.

### Типи аналітичних реакцій та реагентів

Аналітичні реакції та реагенти розділяють на *специфічні*, *селективні* та *загальні*.

Реакції та реагенти, які дають можливість відкривати даний іон за присутності інших, називаються *специфічними*.

Аналітичні реагенти, які взаємодіють з обмеженою кількістю іонів, називаються *селективними*. Чим менше число іонів, що вступають в реакцію з даними реагентом, тим більш селективним є цей реагент. *Групові* реагенти і реакції (окремий випадок селективних) дозволяють виявляти і відокремлювати іони певної аналітичної групи.

*Загальні реагенти* взаємодіють з дуже великою кількістю іонів.

Якісний хімічний аналіз включає *дробний і систематичний* аналіз. *Дробний аналіз* – виявлення іона або речовини в досліджуваній пробі за допомогою *специфічного* реагенту за присутності всіх компонентів проби. *Систематичний аналіз* передбачає розділення суміші досліджуваних іонів на аналітичні групи з подальшим виявленням кожного іона. Існують різні аналітичні класифікації катіонів за групами – *сульфідна, аміачно-фосфатна, кислотно-основна*. Кожна класифікація базується на хімічних властивостях катіонів, пов'язана з положенням відповідних елементів у періодичній системі і їх електронною будовою.

### Чутливість аналітичних реакцій

В якісному аналізі велике значення має чутливість аналітичних реакцій для вибору необхідних реагентів. Під *чутливістю реакції* розуміють ту найменшу кількість речовини (іона), яку можливо відкрити за допомогою даного реактиву.

*Граничне розведення*  $V_{lim}$  – максимальний об'єм розчину, в якому може бути однозначно виявлений 1 г цієї речовини за допомогою даної реакції (мл/г):

$$V_{lim} = \frac{1}{C_{lim}} = \frac{V_{min} \cdot 10^6}{m}$$

*Гранична концентрація*  $C_{lim}$  ( $C_{min}$ ) – найменша концентрація, при якій визначається речовина може бути виявлена в розчині за допомогою даної аналітичної реакції (г/мл).

Гранична концентрація та граничне розведення пов'язані співвідношенням  $C_{lim} = 1 : V_{lim}$ :

$$C_{lim} = \frac{1}{V_{lim}} = 1 : \frac{V_{min} \cdot 10^6}{m}$$

*Мінімальний об'єм гранично розведеного розчину*  $V_{min}$  – найменший об'єм досліджуваного розчину, необхідний для виявлення речовини даною аналітичною реакцією (мл):

$$V_{min} = \frac{m \cdot V_{lim}}{10^6}$$

*Межа виявлення (відкривальний мінімум)*  $m$  – найменша маса визначуваної речовини, яка однозначно відкривається за допомогою даної аналітичної реакції в мінімальному об'ємі гранично розведеного розчину (мкг или  $\gamma = 10^{-6}$  г):

$$m = C_{lim} \cdot V_{min} \cdot 10^6 = \frac{V_{min} \cdot 10^6}{V_{lim}}$$

## КИСЛОТНО-ОСНОВНА КЛАСИФІКАЦІЯ КАТІОНІВ ЗА ГРУПАМИ

За кислотно-основною класифікацією катіони поділяють на шість груп:

Група	Катіони	Груповий реагент
I (розчинна)	$K^+$ , $Na^+$ , $NH_4^+$	не має
II (хлоридна)	$Ag^+$ , $Hg_2^{2+}$ , $Pb^{2+}$	2 М розчин HCl
III (сульфатна)	$Ca^{2+}$ , $Ba^{2+}$ , $Sr^{2+}$	1 М розчин $H_2SO_4$
IV (амфолітна)	$Al^{3+}$ , $Cr^{3+}$ , $Zn^{2+}$ , $As^{III}$ , $As^V$ , $Sn^{2+}$ , $Sn^{IV}$	2 М розчин NaOH в присутності $H_2O_2$
V (гідроксидна)	$Mg^{2+}$ , $Mn^{2+}$ , $Fe^{2+}$ , $Fe^{3+}$ , $Bi^{3+}$ , $Sb^{III}$ , $Sb^V$	2 М розчин NaOH або 25 % розчин аміаку
VI (аміакатна)	$Cu^{2+}$ , $Cd^{2+}$ , $Hg^{2+}$ , $Co^{2+}$ , $Ni^{2+}$	25 % розчин аміаку

## Заняття № 1

**1. ТЕМА: Правила роботи і безпеки в хіміко-аналітичній лабораторії. Введення в якісний аналіз. Якісні реакції катіонів I аналітичної групи ( $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $NH_4^+$ ), умови їх виконання**

**2. МЕТА: Засвоїти правила роботи і безпеки в хіміко-аналітичній лабораторії, сформувавши знання з основних понять і методів аналітичної хімії, хіміко-аналітичних властивостей сполук катіонів I аналітичної групи і вміння виконувати та застосовувати в аналізі реакції катіонів I аналітичної групи**

### 3. ЦІЛЬОВІ ЗАДАЧІ

3.1. Засвоїти основні поняття аналітичної хімії, суть і завдання якісного аналізу.

3.2. Ознайомитися з правилами роботи і технікою безпеки в хіміко-аналітичній лабораторії, з виконанням основних операцій хімічного аналізу.

3.3. Навчитися розраховувати характеристики чутливості аналітичних реакцій і оцінювати чутливість реакцій на підставі цих величин.

3.4. Вивчити хіміко-аналітичні властивості сполук катіонів I аналітичної групи і характерні реакції катіонів.

3.5. Навчитися виконувати якісні реакції катіонів I аналітичної групи і застосовувати ці реакції для виявлення вказаних катіонів в лабораторних пробах і сумішах.

3.6. Навчитися оформляти лабораторну роботу в журналі лабораторних робіт.

### 4. ПЛАН І ОРГАНІЗАЦІЙНА СТРУКТУРА ЗАНЯТТЯ

4.1. Організаційний момент.....	3 хв
4.2. Постановка мети і мотивація вивчення теми заняття.....	7 хв
4.3. Корекція вихідного рівня знань-вмінь.....	30 хв
4.4. Організація самостійної роботи студентів.....	5 хв
4.5. Лабораторна робота.....	120 хв
4.6. Підсумковий контроль: перевірка результатів лабораторної роботи і протоколів.....	10 хв
4.7. Заключне слово викладача, вказівки до наступного заняття....	5 хв

### 5. ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОПІДГОТОВКИ СТУДЕНТІВ

5.1. Повторити теоретичний матеріал з курсу загальної та неорганічної хімії: будова атома, електронно-структурні формули елементів, періодичний закон і періодична система елементів Д. І. Менделєєва, загальна характеристика і властивості s-елементів I групи, напрямки реакцій іонного

обміну, складання іонних рівнянь, способи вираження концентрації розчинів.

5.2. Вивчити програмний матеріал з даної теми згідно питань, наведених нижче.

### Питання для підготовки студентів

1. Предмет і завдання аналітичної хімії. Основні поняття аналітичної хімії.

2. Принципи і методи якісного аналізу. Класифікація методів аналізу.

3. Що розуміють під аналітичними ознаками речовин? Які реакції називають аналітичними? Вимоги, що висуваються до аналітичних реакцій. Якого типу реакції використовують в якісному аналізі?

4. Способи виконання аналітичних реакцій.

5. Типи аналітичних реакцій і реагентів. Що таке груповий реагент?

6. Поняття дробного аналізу і систематичного ходу аналізу. У чому відмінність дробного аналізу від систематичного?

7. Характеристика чутливості аналітичних реакцій (граничне розведення, гранична концентрація, мінімальний об'єм гранично розведеного розчину, межа виявлення).

8. Аналітичні класифікації катіонів за групами. Кисотно-основна класифікація катіонів за групами (на чому заснована, які речовини застосовуються в якості групових реагентів).

9. Дайте загальну характеристику катіонів I аналітичної групи. Розкрийте зв'язок аналітичних властивостей катіонів з електронною будовою і положенням в періодичній системі Д. І. Менделєєва відповідних елементів. Що об'єднує катіони  $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $NH_4^+$  в одну аналітичну групу? Чому катіони I аналітичної групи не мають групового реагенту?

12. Якісні реакції виявлення катіонів I аналітичної групи і умови їх проведення (див. п. 6).

### 5.3. Розв'язати задачі

**Задача 1.** Гранична концентрація іонів  $Hg^{2+}$  в розчині дорівнює 1:25000. Мінімальний об'єм досліджуваного розчину, необхідний для виявлення ртуті(II) у вигляді тетратіоціаномеркурата(II) кобальту  $Co[Hg(SCN)_4]$ , дорівнює 0,001 мл. Обчисліть відкривальний мінімум.

Відповідь: 0,04 мкг.

**Задача 2.** При визначенні мікродомішок іонів нікелю  $Ni^{2+}$  у водних розчинах екстракційно-фотометричним методом граничне розведення



розчину за іонами нікелю дорівнює  $6,25 \cdot 10^6$  мг/г. Визначте граничну концентрацію і молярну концентрацію гранично розведеного розчину.

Відповідь:  $1,6 \cdot 10^{-7}$  г/мл;  $2,7 \cdot 10^{-6}$  моль/л.

**Задача 3.** Обчисліть граничні концентрації іонів  $Zn^{2+}$  та  $Fe^{3+}$ , якщо граничне відношення іонів  $Zn^{2+}:Fe^{3+}$  дорівнює 1:200, а відкривальний мінімум іонів цинку дорівнює 0,1 мкг. Реакція перебігає з краплею досліджуваного розчину об'ємом 0,05 мл при додаванні до неї тетрагіоціаномеркурату(II) амонію.

Відповідь:  $2 \cdot 10^{-6}$  г/мл;  $4 \cdot 10^{-4}$  г/мл.

### 5.5. Опрацювати тестові завдання

1. Які катіони з гідроксидом натрію осаду не утворюють, але при нагріванні виділяють газ з різким запахом:

- A. Амонію.\*
- B. Ртуті(I).
- C. Вісмуту.
- D. Алюмінію.
- E. Мишьяку.

2. Які катіони знаходяться в розчині, якщо після додавання карбонату калію та відділення осаду, центрифугат, нейтралізований ацетатною кислотою, з гексагідроксоантимонатом(V) калію утворює осад, розчинний у лугах:

- A. Натрію.\*
- B. Калію.
- C. Амонію.
- D. Свинцю.
- E. Ртуті(II).

3. Які катіони знаходяться у розчині, якщо після додавання карбонату калію та відділення осаду та додавання оцтової кислоти до нейтральної реакції середовища жовто-зелені кристали з уранілацетатом у формі октаєдрів та тетраєдрів :

- A. Натрію.\*
- B. Калію.
- C. Амонію.
- D. Свинцю.
- E. Барію.

4. Які катіони із реактивом Несслера дають червоно-бурий осад, такий же зовнішній ефект спостерігається після проведення реакції з центрифугатом, отриманим після додавання до задачі розчину карбонату натрію та відділення осаду:

- A. Амонію.\*
- B. Ртуті(I).
- C. Срібла
- D. Кобальту
- E. Заліза(III).

5. Які катіони знаходяться у задачі, якщо сухий залишок після упарювання розчину забарвлює безбарвне полум'я пальника в жовтий колір, а при розгляданні забарвлення крізь індигову призму – у фіолетовий колір:

- A. Натрію та калію.\*
- B. Натрію та стронцію.
- C. Калію та кальцію.
- D. Натрію та барію.
- E. Натрію та кальцію.

6. Які катіони містить досліджуваний розчин, якщо центрифугат, отриманий після додавання карбонату натрію та відділення осаду, утворює характерні кристали з гексанітрокупратом(II) натрію та свинцю:

- A. Калію.\*
- B. Натрію.
- C. Барію.
- D. Свинцю.
- E. Кальцію.

7. Які катіони містить досліджуваний розчин, якщо центрифугат, отриманий після додавання карбонату натрію та відділення осаду, утворює з гексанітрокобальтатом(III) натрію осад жовтого кольору:

- A. Калію.\*
- B. Натрію.
- C. Кальцію.
- D. Свинцю.
- E. Стронцію.

8. Які катіони містить досліджуваний розчин, якщо центрифугат, отриманий після додавання карбонату натрію та відділення осаду, утворює з тартратною кислотою білий кристалічний осад:

- A. Калію.\*
- B. Барію.

- C. Свинцю.
- D. Стронцію.
- E. Натрію.

9. Виявленню іонів натрію та калію заважає катіон аммонію, для усунення якого необхідно:

- A. Зв'язати його у комплекси з формаліном.\*
- B. Додати розчин лугів.
- C. Нагріти розчин.
- D. Додати органічний розчинник.
- E. Створити необхідне рН середовища

10. Досліджуваний розчин містить катіони калію та натрію. Вкажіть реагент, що дозволяє визначити в цьому розчині катіони калію:

- A. Тартратна кислота.\*
- B. Ацетатна кислота.
- C. Саліцилова кислота.
- D. Оксалатна кислота.
- E. Бензойна кислота.

11. Досліджуваний розчин містить катіони амонію та натрію. Вкажіть реагент, що дозволяє визначити у цьому розчині катіони натрію:

- A. Цинкуранілацетат.\*
- B. Гідротартрат калію.
- C. Бензоат калію.
- D. Оксалат калію.
- E. Тетрайодмеркурат(II) калію.

12. Вкажіть, чим характеризується здатність реагенту давати хороший аналітичний ефект при взаємодії з досліджуваною речовиною:

- A. Чутливістю реакції.\*
- B. Вибірковістю реакції.
- C. Специфічністю реакції.
- D. Кількістю реагенту.
- E. Відсутністю домішків.

13. Як називають реакції та реагенти, що дозволяють визначити даний іон за присутності інших іонів:

- A. Специфічними.\*
- B. Вибірковими
- C. Груповими.
- D. Характерними.

Е. Загальними.

14. Вкажіть, яким є процес дисоціації слабого електроліту та чи можливо до нього застосувати закон діючих мас (ЗДМ):

- А. Оборотний, можна застосувати ЗДМ.\*
- В. Необоротний, не можна застосувати ЗДМ.
- С. Оборотний, не можна застосувати ЗДМ.
- Д. Необоротний, можна застосувати ЗДМ.
- Е. Рівноважний, не можна застосувати ЗДМ.

15. Який спосіб вираження концентрації застосовують при розрахунках добутку розчинності:

- А. Молярна концентрація.\*
- В. Масова доля.
- С. Молярна концентрація еквіваленту.
- Д. Молярна доля.
- Е. Молярна концентрація.

16. Вкажіть, яким аналітичним ефектом супроводжується реакція визначення катіонів калію реагентом натрію гідротартратом:

- А. Утворюється білий кристалічний осад.\*
- В. Розчин здобуває жовте забарвлення.
- С. Утворюється білий аморфний осад.
- Д. Утворюється жовтий осад.
- Е. Утворюється бурий осад.

17. Яка з вказаних реакцій визначення катіонів амонію є найбільш чутливою:

- А. Реакція з лугом при нагріванні у газовій камері.\*
- В. Реакція з дигідроантимонатом калію.
- С. Реакція з гексанітрокобальтом(III) натрію.
- Д. Реакція з тетраїодомеркуратом(II) калію у лужному середовищі.
- Е. Реакція з гексанітрокобальтом(III) натрію у кислому середовищі.

18. Вкажіть, який об'єм реагенту слід брати для досягнення повноти осадження:

- А. Півтора кратний надлишок.\*
- В. Еквівалентну кількість.
- С. Довільно надлишковий.
- Д. Три кратний надлишок.
- Е. Дво кратний надлишок.

19. При проведенні якісного аналізу полумікрометодом беруть аналітичну пробу (а.п.), яка представляє собою:

- A. 2-3 краплі досліджуваного розчину.\*
- B. 10-20 крапель.
- C. 5-10 крапель.
- D. 1 крапля.
- E. 5 крапель.

20. У результаті мікрокристалоскопічної реакції катіонів натрію з цинкуранілацетатом утворюється осад у вигляді:

- A. Жовто-зелених октаедрів та тетраедрів.\*
- B. Жовто-зелених кубічних кристалів.
- C. Жовто-зелених ігольчастих кристалів.
- D. Коричневих кубічних кристалів.
- E. Коричневих октаедрів та тетраедрів.

21. Катіони кальцію з гексаціанофератом(II) калію при нагріванні за присутності катіонів амонію утворюють:

- A. Білий кристалічний осад.\*
- B. Білий желеподібний осад.
- C. Жовтий кристалічний осад.
- D. Бурий кристалічний осад.
- E. Бурий аморфний осад.

22. Розчин тетраїодомеркурату(II) калію в середовищі гідроксиду калію, що застосовується при аналізі катіонів, називається:

- A. Реактив Несслера.\*
- B. Реактив Ільїнського.
- C. Реактив Чугаєва.
- D. Реактив Грися.
- E. Реактив Фелінга.

23. Гексанітрокупрат(II) натрію та свинцю осаджує в нейтральному середовищі осад гексанітрокупрату(II) калію та свинцю. Кристали мають форму:

- A. Чорних кубічних кристалів.\*
- B. Жовто-зелених кубічних кристалів.
- C. Жовто-зелених ігольчастих кристалів.
- D. Жовто-зелених октаедрів та тетраедрів.
- E. Коричневих октаедрів та тетраедрів.

24. За кислотно-основною класифікацією до катіонів I аналітичної групи відносяться:

- A.  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$ .\*
- B.  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Ag}^+$ .
- C.  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ag}^+$ .
- D.  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ .
- E.  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Pb}^{2+}$ .

25. Яка з вказаних реакцій визначення катіонів амонію є специфічною:

- A. Реакція з гідроксидами лужних металів при нагріванні.\*
- B. Реакція з калію гексагідроксоантимонатом.
- C. Реакція з гексанітрокобальтом(III) натрію.
- D. Реакція с тетраїодомеркурату(II) калію в лужному середовищі.
- E. Реакція з гексанітрокобальтом(III) натрію в кислому середовищі.

26. Досліджуваний розчин містить іони калію та амонію. Вкажіть реагент, який дозволяє визначити в ньому катіони амонію:

- A. Тетраїодомеркурат(II) калію.\*
- B. Гідротартрат натрію.
- C. Гексанітрокобальтат натрію.
- D. Гексаціаноферат(II) калію.
- E. Цинкуранілацетат.

### Література

1. Аналітична хімія: навч. посіб. для фармац. вузів та ф-тів III-IV рівня акредитації / В. В. Болотов, О. М. Свечнікова, С. В. Колісник, Т. В. Жукова та ін. – Х.: Вид-во НФаУ; Оригінал, 2004. – 480 с.

2. Аналітична хімія : Якісний та кількісний аналіз; навчальний конспект лекцій / В. В. Болотов, О. М. Свечнікова, М. Ю. Голік, К. В. Динник, Т. В. Жукова, М. А. Зареченський, О. Г. Кизим, С. В. Колісник, Т. А. Костіна, О. Є. Микитенко, В. П. Мороз, І. Ю. Петухова, Ю. В. Сич, Л. Ю. Клименко; за загальною редакцією проф. Болотова В. В. – Вінниця : Нова книга, 2011. – 424 с.

3. Аналітична хімія : навч. довідк. посіб. для студ. вищ. навч. закл. / В. В. Болотов, О. А. Євтіфеева, Т. В. Жукова, Л. Ю. Клименко, О. Є. Микитенко, В. П. Мороз, І. Ю. Петухова; за заг. ред. В. В. Болотова. – Х.: НФаУ, 2014. – 320 с.

4. Алексеев В. Н. Качественный анализ. – М.: Химия, 1972. – С. 9-32, 39-58, 121-131, 140-147.

5. Кунце У., Шведт Г. Основы качественного и количественного анализа: Пер. с нем. – М.: Мир, 1997. – С. 14-20.

6. Лурье Ю. Ю. Справочник по аналитической химии. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Химия, 1979. – 480 с.

7. Основы аналитической химии. В 2 кн. Кн. 1. Общие вопросы. Методы разделения: Учеб. для вузов / Ю. А. Золотов, Е. Н. Дорохова, В. И. Фадеева и др. Под ред. Ю. А. Золотова. – М.: Высшая школа, 2002. – С. 4-24.

8. Пономарев В. Д. Аналитическая химия. В 2 кн. Кн. 1. – М.: Высшая школа, 1982. – С. 5-20, 149-166, 183-185.

9. Харитонов Ю. Я. Аналитическая химия (аналитика). В 2 кн. Кн. 1. Общие теоретические основы. Качественный анализ. – М.: Высшая школа, 2001. – С. 6-22, 288-291, 320-326, 344-353.

## 6. ЛАБОРАТОРНА РОБОТА

### Характерні реакції катіонів I аналітичної групи

#### Реакції $K^+$ -іонів

1. Реакція з гідротартратом натрію або тартратною кислотою кислотою

2. Реакція з гексанітрокобальтатом(III) натрію

3. Реакція з гексанітрокупратом(II) свинцю і натрію (мікрокристалоскопічна)

4. Реакція забарвлення полум'я

#### Реакції $Na^+$ -іонів

1. Реакція з цинкураніацетатом (мікрокристалоскопічна)

2. Реакція з гексагідроксоантимонатом(V) калію

3. Реакція з метоксифеніацетатною кислотою

4. Реакція забарвлення полум'я

#### Реакції $NH_4^+$ -іонів

1. Реакція з гідроксидами лужних металів

2. Реакція з реактивом Несслера

3. Видалення  $NH_4^+$ -іонів

а). Розкладання.

б). Зв'язування формальдегідом у гексаметилентетрамін.

## ПОЛОЖЕННЯ ТЕОРІЇ СИЛЬНИХ ЕЛЕКТРОЛІТІВ

Відповідно до теорії сильних електролітів Дебая і Хюккеля сильні електроліти іонізовані в розчині повністю, у зв'язку з цим вони *не підлягають закону діючих мас і не мають констант іонізації*.

Для оцінки впливу межіонних сил на реакційну здатність сильних електролітів в розчинах уведений термін активність.

*Під активністю іона розуміють його ефективну концентрацію, відповідно до якої іон діє в хімічних реакціях.*

**Активність іона (a)** дорівнює добутку його концентрації на відповідний коефіцієнт активності і вимірюється в тих же одиницях, що і концентрація, в моль/л:

$$a = f \cdot C_M,$$

де **f** – **коефіцієнт активності**, який характеризує ступінь відхилення властивостей реальних розчинів від властивостей ідеальних.

Для нескінченно розведених розчинів  $f=1$ . При збільшенні концентрації межіонна взаємодія зростає, отже, коефіцієнт активності зменшується. Коефіцієнт активності сильних електролітів залежить не тільки від концентрації даного електроліту в розчині, а й від присутності в ньому інших електролітів. Таким чином, в розчині необхідно враховувати наявність всіх іонів – *іонну силу розчину*.

**Іонна сила (I)** є мірою електростатичної взаємодії між усіма іонами в розчині і дорівнює напівсумі добутків молярних концентрацій окремих іонів ( $C_M$ ) на квадрати їх зарядів ( $Z$ ):

$$I = 0,5 \sum C_M \cdot Z^2$$

## ГЕТЕРОГЕННІ РІВНОВАГИ В СИСТЕМІ ОСАД – НАСИЧЕНИЙ РОЗЧИН МАЛОРОЗЧИННОГО ЕЛЕКТРОЛІТА

### Розчинність

Під **розчинністю (P)** зазвичай мають на увазі концентрацію насиченого розчину даної речовини при певній температурі.

**Грамова розчинність речовини  $P_S$**  – це маса розчиненої речовини в грамах, що міститься в одному літрі його насиченого розчину.

**Молярна розчинність речовини  $P_M$**  – це кількість моль розчиненої речовини, що міститься в одному літрі його насиченого розчину.

$$P_S = P_M \cdot M \quad \text{или} \quad P_M = P_S : M,$$

де  $M$  – молярна маса речовини.



## Добуток розчинності

**Добуток розчинності (ДР)** – це величина, що дорівнює добутку активностей іонів даного малорозчинного електроліту в його насиченому розчині в ступенях, рівних відповідним стехіометричним коефіцієнтам. ДР є величина стала за постійної температури.

Для електроліту  $K_nA_m \leftrightarrow nK^{m+} + mA^{n-}$  *термодинамічний добуток розчинності* (тобто з урахуванням межіонних сил в насиченому розчині) дорівнює:

$$ДР = a_{K^{m+}}^n \cdot a_{A^{n-}}^m$$

Якщо розчинність малорозчинного електроліту дуже мала, то концентрації іонів в його насиченому розчині дуже малі, і коефіцієнти активності близькі до одиниці. Тому часто користуються концентраційним *добутком розчинності*:

$$ДР = [K^{m+}]^n \cdot [A^{n-}]^m$$

Між добутком розчинності і молярною розчинністю існує зв'язок:

$$P_{KA} = \sqrt{ДР_{KA}}$$

$$P_{K_nA_m} = \sqrt[n+m]{\frac{ДР_{K_nA_m}}{n^n \cdot m^m}}$$

$$ДР = m^m \cdot n^n \cdot P^{m+n}$$

Для порівняння розчинності малорозчинних електролітів *однотипного складу* можна безпосередньо спів ставляти їх добутки розчинності. Для порівняння ж розчинності малорозчинних електролітів *неоднотипного складу* необхідно розраховувати і порівнювати їх молярну розчинність.

## Умови утворення осадів

Про можливість утворення і розчинення осадів можна судити, порівнюючи значення іонного добутку (ІД) малорозчинного електроліту, обчисленого в даному конкретному випадку, зі значенням добутку розчинності (ДР).

*ІД є добутком початкових концентрацій іонів, що утворюють малорозчинний електроліт.*

При  $ІД < ДР$  малорозчинний електроліт не утворюється і осад не випадає. При  $ІД = ДР$  малорозчинний електроліт утворюється, розчин насичений, але осад не випадає. При  $ІД > ДР$  спостерігається випадіння з розчину осаду малорозчинного електроліту.

## Заняття № 2

**1. ТЕМА: Якісні реакції катіонів II ( $\text{Ag}^+$ ,  $\text{Hg}_2^{2+}$ ,  $\text{Pb}^{2+}$ ) та III ( $\text{Ba}^{2+}$ ,  $\text{Sr}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ) аналітичних груп**

**2. МЕТА: Сформувати знання з теоретичних основ сильних електролітів, із застосування реакцій утворення і розчинення осадів в якісному аналізі, хіміко-аналітичним властивостям сполук катіонів II і III аналітичних груп і вміння виконувати і застосовувати в аналізі реакції виявлення катіонів II і III аналітичної групи**

### 3. ЦІЛЬОВІ ЗАДАЧІ

3.1. Засвоїти основні положення теорії сильних електролітів.

3.2. Вивчити теоретичні основи застосування реакцій утворення і розчинення осадів в якісному аналізі.

3.3. Навчитися розв'язувати задачі на основі правила добутку розчинності.

3.4. Вивчити хіміко-аналітичні властивості сполук катіонів II і III аналітичної групи і характерні реакції катіонів. Оволодіти технікою виконання якісних реакцій катіонів II і III аналітичних груп.

### 4. ПЛАН І ОРГАНІЗАЦІЙНА СТРУКТУРА ЗАНЯТТЯ

4.1. Організаційний момент..... 3 хв

4.2. Постановка мети і мотивація вивчення теми заняття.....7 хв

4.3. Корекція вихідного рівня знань-вмінь.....30 хв

4.4. Організація самостійної роботи студентів..... 5 хв

4.5. Лабораторна робота..... 120 хв

4.6. Підсумковий контроль: перевірка результатів лабораторної роботи і протоколів.....10 хв

4.7. Заключне слово викладача, вказівки до наступного заняття....5 хв

### 5. ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОПІДГОТОВКИ СТУДЕНТІВ

5.1. Повторити теоретичний матеріал з курсу загальної та неорганічної хімії: теорія сильних електролітів; хімічна рівновага в гетерогенній системі «осад-розчин»; хімічні властивості елементів II А групи, а також срібла, ртуті та свинцю згідно з положенням їх в періодичній системі; реакції окиснення-відновлення на прикладах перетворення срібла і ртуті.

5.2. Вивчити програмний матеріал з даної теми згідно питань, наведених нижче.

## Питання для підготовки студентів

1. Основні положення теорії сильних електролітів і застосування цієї теорії в якісному аналізі.
2. Іонна сила розчинів, активність іонів, коефіцієнт активності, зв'язок між ними і розрахунок цих характеристик.
3. Гетерогенні рівноваги в системі «осад-розчин».
4. Способи вираження розчинності малорозчинного електроліту.
5. Добуток розчинності малорозчинного електроліту (термодинамічний і концентраційний). Взаємозв'язок між розчинністю і добутком розчинності. Як за величиною ДР можна судити про розчинність осадів?
6. Умова утворення осадів. Фактори, що впливають на утворення осадів і повноту осадження.
7. Вплив добавок сторонніх електролітів на розчинність малорозчинних електролітів. Який вплив на розчинність має уведення до розчину однойменних іонів? Що таке сольовий ефект і як його можна пояснити на основі правила ДР?
8. Умови розчинення осадів. Покажіть на прикладах розчинення осадів у ході аналізу катіонів II і III аналітичних груп в результаті зв'язування іонів осаду в малодисоціюючі, комплексні або газоподібні сполуки.
9. Які реагенти називають груповими? Вимоги, що висуваються до групових реагентів.
10. Дайте хіміко-аналітичну характеристику катіонів II і III аналітичних груп.
11. Чи відповідають всім вимогам для групових реагентів хлорид на і сульфатна кислоти? Чому II аналітичну групу катіонів необхідно відокремлювати у вигляді хлоридів з холодного розчину? Навіщо потрібно додавати етиловий спирт при відділенні катіонів III аналітичної групи?
12. На чому заснована карбонізація сульфатів  $Ba^{2+}$ ,  $Sr^{2+}$ ,  $Ca^{2+}$ ?
13. Як можна відрізнити осад хлориду свинцю від сульфату свинцю?
14. Чому катіон свинцю не можна повністю осадити з катіонами II аналітичної групи? Як його відокремити від катіонів III аналітичної групи?
15. Які сумніви можуть виникнути, якщо досліджуваний на іон стронцію розчин мутніє відразу після додавання вапняної води?
16. Чому при дії на солі барію дихроматом калію утворюється хромат барію? Чому хромат барію розчиняється в хлоридній кислоті і не розчиняється в ацетатній кислоті? Чи заважають цій реакції катіони  $Ca^{2+}$  і  $Sr^{2+}$ ?
17. Якісні реакції виявлення катіонів II і III аналітичних груп і умови їх проведення (див. п. 6).

### 5.3. Розв'язати задачі

**Задача 1.** Розрахуйте іонну силу розчину і активність іонів в розчині, що містить в 1 л 0,01 моль хлориду заліза(III) і 0,01 моль нітрату барію.

Відповідь: 0,09;  $a(\text{Fe}^{3+}) = 0,0018$  моль/л;  $a(\text{Cl}^-) = 0,023$  моль/л;  
 $a(\text{Ba}^{2+}) = 0,0037$  моль/л;  $a(\text{NO}_3^-) = 0,015$  моль/л.

**Задача 2.** У 0,2 л насиченого розчину сульфіді срібла міститься  $1,25 \cdot 10^{-15}$  г солі. Обчисліть добуток розчинності сульфіді срібла.

Відповідь:  $6,4 \cdot 10^{-50}$ .

**Задача 3.** Чи випаде осад сульфату барію при зливанні рівних об'ємів  $2 \cdot 10^{-4}$  М розчинів хлориду барію і сульфату натрію?

Відповідь: випаде.

**Задача 4.** Обчисліть, у скільки разів розчинність (у г/л) карбонату свинцю в чистій воді перевищує розчинність його в 0,01 М розчині карбонату натрію.

Відповідь: 31650 разів.

### 5.5. Опрацювати тестові завдання

1. Досліджуваний розчин з родизонатом натрію утворює червоно-буру пляму, яка червоніє при дії розбавленого розчину хлоридної кислоти. Склад яких іонів можна припустити:

- A. Барію.\*
- B. Стронцію.
- C. Кальцію.
- D. Алюмінію.
- E. Магнію.

2. При дії хромату калію на катіони ртуті(I) утворюється осад:

- A. Кирпично-червоного кольору.\*
- B. Жовтого кольору.
- C. Синього кольору.
- D. Брудно-зеленого кольору.
- E. Коричневого кольору.

3. Які катіони знаходяться у розчині, якщо при дії розчину гідроксиду натрію випадає білий осад, розчинний у надлишку реагенту:

- A. Свинцю.\*
- B. Висмуту.

- C. Магнію.
- D. Марганцю.
- E. Ртуті(I).

4. Які катіони знаходились у розчині, якщо при дії хромату калію утворюється кирпично-червоний осад, розчинний у концентрованому аміаку:

- A. Срібла.\*
- B. Свинцю.
- C. Ртуті(I).
- D. Ртуті(II).
- E. Барію.

5. Осад сульфату кальцію, отриманий при дії на катіони кальцію 1 М розчину сульфатної кислоти, розчинний:

- A. У насиченому розчині сульфату амонію.\*
- B. У насиченому розчині карбонату амонію.
- C. У 30 % розчині ацетату амонію.
- D. У насиченому розчині персульфату амонію.
- E. У насиченому розчині тиоціанату амонію.

6. За кислотно-основною класифікацією до катіонів II аналітичної групи відносяться:

- A.  $\text{Ag}^+$ ,  $\text{Pb}^{2+}$ ,  $\text{Hg}_2^{2+}$ .\*
- B.  $\text{Ag}^+$ ,  $\text{Pb}^{2+}$ ,  $\text{Hg}^{2+}$ .
- C.  $\text{Ag}^+$ ,  $\text{Pb}^{2+}$ ,  $\text{Hg}_2^{2+}$ ,  $\text{Bi}^{3+}$ .
- D.  $\text{Ag}^+$ ,  $\text{Hg}_2^{2+}$ ,  $\text{Hg}^{2+}$ .
- E.  $\text{Pb}^{2+}$ ,  $\text{Hg}_2^{2+}$ ,  $\text{Hg}^{2+}$ .

7. За кислотно-основною класифікацією до катіонів III аналітичної групи відносяться:

- A.  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Sr}^{2+}$ ,  $\text{Ba}^{2+}$ .\*
- B.  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Sr}^{2+}$ ,  $\text{Ba}^{2+}$ ,  $\text{Pb}^{2+}$ .
- C.  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Ba}^{2+}$ ,  $\text{Pb}^{2+}$ .
- D.  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Ag}^+$ ,  $\text{Ba}^{2+}$ .
- E.  $\text{Co}^{2+}$ ,  $\text{Sr}^{2+}$ ,  $\text{Ba}^{2+}$ .

8. При дії на катіони  $\text{Hg}_2^{2+}$  розчином йодіду калію випадає осад:

- A. Брудно-зеленого кольору, розчинний у надлишку реагенту.\*
- B. Брудно-зеленого кольору, розчинний у гідроксиді натрію.
- C. Синього кольору, розчинний у розчині аміаку.
- D. Чорного кольору, розчинний у карбонаті амонію.

Е. Яскраво-червоного кольору, розчинний у надлишку реагенту.

9. При дії групового реагенту на катіони II аналітичної групи катіони срібла випадають в осад  $\text{AgCl}$ , який розчинний:

- А. У розчині аміаку.\*
- В. У розчині ацетату амонію.
- С. У розчині йодиду калію.
- Д. У 2 М розчині нітратної кислоти.
- Е. У 2 М розчині гідроксиду натрію.

10. При дії групового реагенту на катіони II аналітичної групи катіони свинцю випадають в осад  $\text{PbCl}_2$ , який розчинний:

- А. У гарячій воді.\*
- В. У 0,2 М розчині карбонату натрію.
- С. У насиченому розчині карбонату натрію.
- Д. У 2 М розчині сульфатної кислоти.
- Е. В етанолі.

11. Змінення розчинності осаду, залежне від іонної сили розчину, називається солевим ефектом, який зумовлює:

- А. Підвищення розчинності при уведенні стороннього електроліту.\*
- В. Підвищення розчинності при уведенні однойменного електроліту.
- С. Зниження розчинності при уведенні стороннього електроліту.
- Д. Зниження розчинності при уведенні однойменного електроліту.
- Е. Уведення органічного розчинника.

12. Які катіони знаходяться у сухій пробі, якщо при внесенні у полум'я пальника спостерігається забарвлення полум'я в карміново-червоний колір:

- А. Стронцію.\*
- В. Барію.
- С. Натрію.
- Д. Кальцію.
- Е. Калію.

13. Які катіони знаходяться у сухій пробі, якщо при внесенні у полум'я пальника спостерігається забарвлення полум'я у жовто-зелений:

- А. Барію.\*
- В. Стронцію.
- С. Натрію.
- Д. Кальцію.
- Е. Калію.

14. Які катіони знаходяться у сухій пробі, якщо при внесенні у полум'я пальника спостерігається забарвлення полум'я у кирпично-червоний колір:

- A. Кальцію.\*
- B. Барію.
- C. Натрію.
- D. Стронцію.
- E. Калію.

15. Катіон амонію з точки зору протолітичної теорії кислот та основ є:

- A. Катіонною кислотою.\*
- B. Катіонною основою.
- C. Молекулярною основою.
- D. Молекулярною кислотою.
- E. Аніонною основою.

16. Які катіони знаходились у розчині, якщо при дії розчину йодиду калію утворюється брудно-зелений осад, розчинний у надлишку реагенту з утворенням безбарвного комплексу та чорного осаду:

- A. Ртуті(I).\*
- B. Ртуті(II).
- C. Свинцю.
- D. Висмуту.
- E. Олова(II).

17. Які катіони знаходились у розчині, якщо при дії хромату калію утворюється жовтий осад, розчинний у лугах:

- A. Свинцю.\*
- B. Срібла.
- C. Ртуті(I).
- D. Ртуті(II).
- E. Барію.

18. До досліджуваного розчину додали 2 М розчин хлоридної кислоти. Утворився осад білого кольору, який у результаті обробки концентрованим розчином аміаку почорнів. Це свідчить про присутність у розчині катіонів:

- A. Ртуті(I).\*
- B. Срібла.
- C. Висмуту.
- D. Ртуті(II).

Е. Свинцю.

19. До досліджуваного розчину додали розчин йодиду калію. Утворився жовтий осад, який розчиняється у горячій воді, надлишку реагента та в ацетатній кислоті. Це свідчить про присутність у розчині катіонів:

- А. Свинцю.\*
- В. Срібла.
- С. Висмуту.
- Д. Ртуті(II).
- Е. Ртуті(I).

20. До досліджуваного розчину додали 1 М розчин сульфатної кислоти. Утворився осад білого кольору, розчинний у лугах. Це свідчить про присутність у розчині катіонів:

- А. Свинцю.\*
- В. Срібла.
- С. Барію.
- Д. Кальцію.
- Е. Ртуті(I).

21. До досліджуваного розчину додали розчин хромату калію. Утворився осад жовтого кольору, нерозчинний в ацетатній кислоті. Це свідчить про присутність у розчині катіонів:

- А. Барію.\*
- В. Кальцію.
- С. Стронцію.
- Д. Магнію.
- Е. Натрію.

22. Катіони III аналітичної групи (кислотно-основна класифікація) відокремлюють у систематичному ході аналізу за допомогою групового реагенту:

- А. 1 М розчину сульфатної кислоти за присутності етанолу.\*
- В. 1 М розчину сульфатної кислоти.
- С. 1 М розчину хлоридної кислоти.
- Д. 6 М розчину гідроксиду натрію.
- Е. 1 М розчину хлоридної кислоти за присутності етанолу.

23. В якісному аналізі для виявлення іонів стронцію використовують вапняну воду. Вапняна вода – це:

- А. Насичений розчин сульфату кальцію в воді.\*



- В. Розчин гідроксиду кальцію.
- С. Насичений розчин вуглекислого газу у воді.
- Д. Розчин нітрату барію у воді.
- Е. Насичений розчин гідроксиду барію.

24. В якісному аналізі при осадженні сульфатів катіонів III аналітичної групи (кальцій, стронцій, барій) з метою зниження їх розчинності до розчину додають:

- А. Етиловий спирт.\*
- В. Надлишок сульфату амонію.
- С. Бензол.
- Д. Хлороформ.
- Е. Аміловий спирт.

25. Як називається відношення активної концентрації іонів до їх загальної аналітичної концентрації:

- А. Коефіцієнтом активності.\*
- В. Коефіцієнтом рухомості.
- С. Коефіцієнтом розподілення.
- Д. Коефіцієнтом концентрування.
- Е. Коефіцієнтом розділення.

26. Вкажіть, яка реакція виявлення катіонів кальцію є специфічною:

- А. З сульфатною кислотою, мікрокристалоскопічна реакція.\*
- В. С оксалатом амонію.
- С. Забарвлення полум'я.
- Д. З карбонатом амонію.
- Е. З сульфатом натрію.

27. Вкажіть реагент, який використовують для відділення осаду хлориду срібла від осаду йодиду срібла:

- А. Водний розчин аміаку.\*
- В. Концентрована азотна кислота.
- С. Розведена азотна кислота.
- Д. Розчин сульфатної кислоти.
- Е. Розчин натрію гідроксиду.

28. Сульфати катіонів III аналітичної групи практично нерозчинні у кислотах і лугах. Для переведення їх у розчин необхідно:

- А. Кип'ятіння з розчином карбонату амонію.\*
- В. Додавання етилового спирту.
- С. Кип'ятіння розчину.

- D. Багаторазове промивання водою.
- E. Додавання 30% ацетату амонію.

29. При нанесенні досліджуваного розчину на мідну пластинку утворився дзеркальний наліт, які іони були присутні в розчині:

- A. Ртуті(I).\*
- B. Ртуті(II).
- C. Срібла.
- D. Олова(II).
- E. Вісмуту.

30. Для визначення катіонів III аналітичної групи за кислотно-основним методом аналізу використовують груповий реагент – розчинну сульфатної кислоти. Однак осад  $\text{CaSO}_4$  достатньо добре розчинний у воді, тому осадження необхідно проводити:

- A. Зі спирто-водного розчину\*.
- B. При  $\text{pH}=7$ .
- C. З сильно концентрованих розчинів.
- D. При нагріванні.
- E. При механічній дії.

31. Після відділення катіонів III аналітичної групи за кислотно-основним методом розчином сульфатної кислоти зі спирто-водного розчину у вигляді  $\text{CaSO}_4$ ,  $\text{SrSO}_4$ ,  $\text{BaSO}_4$  їх переводять у розчин після:

- A. Карбонізації.\*
- B. Нагрівання.
- C. Обробки окисником.
- D. Обробки відновником.
- E. Додавання органічного розчинника.

32. Які катіони при нагріванні з формаліном за присутності аміаку утворюють блискучий наліт на стінках пробірки:

- A. Срібла.\*
- B. Ртуті(II).
- C. Ртуті(I).
- D. Свинцю.
- E. Міді(II).

33. Досліджуваний розчин із родизонатом натрію утворює червоно-буру пляму, яка знебарвлюється при дії розведеного розчину хлоридної кислоти. Вміст яких іонів можна припустити:

- A. Стронцію.\*

- В. Барію.
- С. Кальцію.
- Д. Алюмінію.
- Е. Магнію.

34. Для відділення сульфату свинцю від сульфатів катіонів III аналітичної групи додають:

- А. Ацетат амонію.\*
- В. Оксалат амонію.
- С. Карбонат амонію.
- Д. Тіосульфат натрію.
- Е. Фторид натрію.

35. Які катіони з йодидом калію утворюють осад, нерозчинний у розчині аміаку, але розчинний у розчині тіосульфату натрію:

- А. Срібла.\*
- В. Ртуті(I).
- С. Барію.
- Д. Свинцю.
- Е. Кальцію.

36. Які катіони I-III аналітичних груп містить розчин, якщо при дії розчину аміаку утворюється білий осад, який далі чорніє:

- А. Ртуті(I).\*
- В. Ртуті(II).
- С. Срібла.
- Д. Свинцю.
- Е. Стронцію.

37. Розчин, отриманий після обробки осадів хлоридів гарячою водою, дає характерні реакції з йодидом калію та дихроматом калію. Які катіони містяться у задачі:

- А. Свинцю.\*
- В. Ртуті(I).
- С. Барію.
- Д. Срібла.
- Е. Кальцію.

38. Які катіони знаходяться у задачі, яка містить катіони I-III аналітичних груп, якщо з розчином лугу утворюється осад, що розчиняється в надлишку лугу:

- А. Свинцю.\*

- В. Ртуті(I).
- С. Барію.
- Д. Срібла.
- Е. Кальцію.

39. Які катіони утворюють з йодидом калію осад, розчинний у тіосульфаті натрію:

- А. Срібла.\*
- В. Свинцю.
- С. Ртуті(I).
- Д. Вісмуту.
- Е. Ртуті(II).

40. Розчин, отриманий після обробки осадів хлоридів гарячою водою, дає характерні реакції з йодидом калію та дихроматом калію. Які катіони містяться у задачі:

- А. Свинцю.\*
- В. Ртуті(I).
- С. Барію.
- Д. Срібла.
- Е. Кальцію.

41. Які катіони I-III аналітичних груп, за присутності амонійного буферу утворюють з гексаціанофератом(II) калію білий кристалічний осад:

- А. Кальцію.\*
- В. Стронцію.
- С. Барію.
- Д. Калію.
- Е. Ртуті(I).

42. Які катіони знаходяться у розчині, якщо при нагріванні з вапняною водою через деякий час розчин мутніє:

- А. Стронцію.\*
- В. Кальцію.
- С. Барію.
- Д. Свинцю.
- Е. Ртуті(II).

43. Які катіони з хлоридною кислотою утворюють осад, розчинний у гарячій воді:

- А. Свинцю.\*
- В. Барію.

С. Цинку.  
D. Срібла.  
Е. Кадмію.

### Література

1. Аналітична хімія: навч. посіб. для фармац. вузів та ф-тів III-IV рівня акредитації / В. В. Болотов, О. М. Свечнікова, С. В. Колісник, Т. В. Жукова та ін. – Х.: Вид-во НФаУ; Оригінал, 2004. – 480 с.
2. Аналітична хімія : Якісний та кількісний аналіз; навчальний конспект лекцій / В. В. Болотов, О. М. Свечнікова, М. Ю. Голік, К. В. Динник, Т. В. Жукова, М. А. Зареченський, О. Г. Кизим, С. В. Колісник, Т. А. Костіна, О. Є. Микитенко, В. П. Мороз, І. Ю. Петухова, Ю. В. Сич, Л. Ю. Клименко; за загальною редакцією проф. Болотова В. В. – Вінниця : Нова книга, 2011. – 424 с.
3. Аналітична хімія : навч. довідк. посіб. для студ. вищ. навч. закл. / В. В. Болотов, О. А. Євтіфєєва, Т. В. Жукова, Л. Ю. Клименко, О. Є. Микитенко, В. П. Мороз, І. Ю. Петухова; за заг. ред. В. В. Болотова. – Х.: НФаУ, 2014. – 320 с.
3. Алексеев В. Н. Качественный анализ. – М.: Химия, 1972. – С. 23-32, 148-182, 191-197, 444-451.
4. Кунце У., Шведт Г. Основы качественного и количественного анализа: Пер. с нем. – М.: Мир, 1997. – С. 51-70.
5. Лурье Ю. Ю. Справочник по аналитической химии. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Химия, 1979. – 480 с.
6. Основы аналитической химии. В 2 кн. Кн. 1. Общие вопросы. Методы разделения: Учеб. для вузов / Ю. А. Золотов, Е. Н. Дорохова, В. И. Фадеева и др. Под ред. Ю.А. Золотова. – М.: Высшая школа, 2002. – С. 96-107.
7. Пономарев В. Д. Аналитическая химия. В 2 кн. Кн. 1. – М.: Высшая школа, 1982. – С. 16-20, 109-124, 167-168, 177-183, 206-215, 229-230, 232-233, 247-248.
8. Харитонов Ю. Я. Аналитическая химия (аналитика). В 2 кн. Кн. 1. Общие теоретические основы. Качественный анализ. – М.: Высшая школа, 2001. – С. 54-66, 84-108, 353-372.

### 6. ЛАБОРАТОРНА РОБОТА

#### Загальні реакції катіонів II аналітичної групи

#### 1. З хлоридною кислотою

#### *Реакції Ag<sup>+</sup>-іонів*

*Реакції Hg<sup>2+</sup>-іонів*  
*Реакції Pb<sup>2+</sup>-іонів*

**2. С гидроксидом натрію**

*Реакції Ag<sup>+</sup>-іонів*  
*Реакції Hg<sup>2+</sup>-іонів*  
*Реакції Pb<sup>2+</sup>-іонів*

**3. З розчином аміаку**

*Реакції Ag<sup>+</sup>-іонів*  
*Реакції Hg<sup>2+</sup>-іонів*  
*Реакції Pb<sup>2+</sup>-іонів*

**4. З сірководнем або сульфідами**

**Характерні реакції катіонів II аналітичної групи**

**Реакції Ag<sup>+</sup>-іонів**

- 1. Реакція з йодидами*
- 2. Реакція з хроматами*
- 3. Реакція відновлення формальдегідом*

**Реакції Hg<sup>2+</sup>-іонів**

- 1. Реакції відновлення з SnCl<sub>2</sub> та мідною пластинкою*
- 2. Реакція з йодидами*
- 3. Реакція з хроматами*

**Реакція Pb<sup>2+</sup>-іонів**

- 1. Реакція з йодидами*
- 2. Реакція з хроматами*

**Загальні реакції катіонів III аналітичної групи**

**1. З сірчаною кислотою**

**Характерні реакції катіонів III аналітичної групи**

**Реакція Ba<sup>2+</sup>-іонів**

- 1. Реакція з родизонатом натрію(крапельна реакція)*

- 2. Реакція з дихроматом калію*
- 3. Реакція забарвлення полум'я*

**Реакції Sr<sup>2+</sup>-іонів**

- 1. Реакція з родизонатом натрію (крапельна реакція)*
- 2. Реакція забарвлення полум'я*

**Реакція Ca<sup>2+</sup>-іонів**

- 1. Реакція с оксалатом амонію*
- 2. Реакція з гексаціанофератом(II) калію*
- 3. Реакція забарвлення полум'я*

### Заняття № 3

**1. ТЕМА:** Підсумкове заняття з теорії і практики аналізу катіонів I-III аналітичних груп

**2. МЕТА:** Сформувані системні знання з теорії та практики аналізу катіонів I-III аналітичних груп, перевірити засвоєння студентами матеріалу і вміння застосовувати його в аналізі і для вирішення розрахункових задач

#### 3. ЦІЛЬОВІ ЗАДАЧІ

3.1. Перевірити і закріпити знання з основних понять якісного аналізу, залежності хіміко-аналітичних властивостей сполук катіонів I-III аналітичних груп від положення відповідних елементів у періодичній системі Д. І. Менделєєва, класифікації катіонів.

3.2. Перевірити і систематизувати знання з теорії розчинів сильних електролітів, застосування закону діючих мас до гетерогенних рівноваг, застосуванню процесів осадження та розчинення осадів в хімічному аналізі.

3.3. Закріпити вміння розв'язувати розрахункові задачі, підбирати умови розділення катіонів I-III аналітичних груп, умови проведення якісних реакцій і аналізу суміші катіонів I-III аналітичних груп.

#### 4. ПЛАН І ОРГАНІЗАЦІЙНА СТРУКТУРА ЗАНЯТТЯ

- 4.1. Організаційний момент .....5 хв
- 4.2. Письмовий контроль рівня знань .....30 хв
- 4.4. Індивідуальна бесіда .....80 хв
- 4.5. Тестовий контроль.....40 хв
- 4.6. Перевірка протоколів.....20 хв
- 4.8. Заключне слово викладача, вказівки до наступного заняття..5 хв

#### 5. ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОПІДГОТОВКИ СТУДЕНТІВ

5.1. Повторити теоретичний матеріал попередніх занять з аналітичної хімії.

5.2. Повторити характерні реакції і аналіз суміші катіонів I-III аналітичних груп.

5.3. Закріпити і систематизувати знання з теоретичних основ аналізу катіонів I-III аналітичних груп відповідно до питань, наведених нижче.

5.4. Повторити тестові завдання занять 1-3.

#### Питання з вивченого розділу якісного аналізу

##### *I. Уведення в якісний аналіз*



1. Предмет і задачі аналітичної хімії, основні поняття, принципи та методи якісного хімічного аналізу.
2. Сутність і задачі якісного аналізу. Класифікація методів якісного аналізу. Дробний і систематичний аналіз.
3. Хіміко-аналітичні властивості сполук і їх зв'язок з положенням відповідних елементів у періодичній системі Д. І. Менделєєва.
4. Аналітичні реакції, способи їх виконання. Характеристика чутливості аналітичних реакцій і способи її підвищення. Специфічні, селективні і групові реакції і реагенти.

### ***II. Теорія розчинів електролітів в аналітичній хімії***

1. Основні положення теорії сильних електролітів і застосування цієї теорії в якісному аналізі.
2. Іонна сила розчинів, активність іонів, коефіцієнт активності, зв'язок між ними і розрахунок цих характеристик.
3. Закон діючих мас і константа хімічної рівноваги. Напрямок реакцій і зміщення хімічної рівноваги.
4. Застосування основних положень теорії розчинів і закону діючих мас для обґрунтування умов і вибору аналітичних реакцій виявлення катіонів I-III аналітичних груп і аналізу суміші цих катіонів.

### ***III. Гетерогенні рівноваги в системі осад-насичений розчин малорастворимого електроліту***

1. Застосування закону діючих мас до рівноважних систем осад-насичений розчин малорозчинного електроліту. Способи вираження розчинності малорозчинного електроліту. Добуток розчинності малорозчинного електроліту.
2. Утворення і розчинення осадів, фактори, що впливають на ці процеси. Застосування процесів осадження в хімічному аналізі.
3. Приклади реакцій утворення і розчинення осадів у ході аналізу катіонів I-III груп. Для яких цілей і за яких умов проводять ці реакції?

### ***IV. Хіміко-аналітичні властивості і аналіз катіонів I-III аналітичних груп***

1. Аналітичні класифікації катіонів, їх переваги і недоліки.
2. Кислотно-основна класифікація. Принцип поділу катіонів на аналітичні групи і групові реагенти. Дробний і систематичний хід аналізу.
3. Хіміко-аналітичні властивості сполук катіонів I-III аналітичних груп за кислотно-основною класифікацією. Дія групових реагентів, умови розділення катіонів та переведення осадів у розчин. Розчинність хлоридів і сульфатів.

4. Якісні реакції катіонів I-III аналітичних груп із загальними реагентами: гідроксидом натрію, розчином аміаку, сірководнем і сульфідами. Реакції виявлення катіонів I-III аналітичних груп. Умови виконання цих реакцій і застосування в аналізі.

5. Систематичний хід аналізу суміші катіонів I-III аналітичних груп за кислотно-основною класифікацією.

### 5.5. Розв'язати задачі

**Задача 1.** Розрахуйте молярну концентрацію розчину хлориду барію, якщо іонна сила розчину дорівнює 0,09.

Відповідь: 0,03 моль/л.

**Задача 2.** Розрахуйте іонну силу 5% розчину нітратної кислоти ( $\rho = 1$  г/мл).

Відповідь: 0,79.

**Задача 3.** Розрахуйте, у скільки разів розчинність арсенату алюмінію в чистій воді є меншою за його розчинність у 0,025 М розчині хлориду амонію.

Відповідь: 3,57.

### Література

1. Аналітична хімія: навч. посіб. для фармац. вузів та ф-тів III-IV рівня акредитації / В. В. Болотов, О. М. Свечнікова, С. В. Колісник, Т. В. Жукова та ін. – Х.: Вид-во НФаУ; Оригінал, 2004. – 480 с.

2. Аналітична хімія : Якісний та кількісний аналіз; навчальний конспект лекцій / В. В. Болотов, О. М. Свечнікова, М. Ю. Голік, К. В. Динник, Т. В. Жукова, М. А. Зареченський, О. Г. Кизим, С. В. Колісник, Т. А. Костіна, О. Є. Микитенко, В. П. Мороз, І. Ю. Петухова, Ю. В. Сич, Л. Ю. Клименко; за загальною редакцією проф. Болотова В. В. – Вінниця : Нова книга, 2011. – 424 с.

3. Аналітична хімія : навч. довідк. посіб. для студ. вищ. навч. закл. / В. В. Болотов, О. А. Євтіфеева, Т. В. Жукова, Л. Ю. Клименко, О. Є. Микитенко, В. П. Мороз, І. Ю. Петухова; за заг. ред. В. В. Болотова. – Х.: НФаУ, 2014. – 320 с.

4. Алексеев В. Н. Качественный анализ. – М.: Химия, 1972. – С. 9-61, 71-134, 140-147, 148-205, 444-451.

5. Кунце У., Шведт Г. Основы качественного и количественного анализа: Пер. с нем. – М.: Мир, 1997. – С. 14-32.

6. Лурье Ю. Ю. Справочник по аналитической химии. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Химия, 1979. – 480 с.

7. Основы аналитической химии. В 2 кн. Кн. 1. Общие вопросы. Методы разделения: Учеб. для вузов / Ю. А. Золотов, Е. Н. Дорохова, В. И. Фадеева и др. Под ред. Ю. А. Золотова. – М.: Высшая школа, 2002. – С. 96-107, 192-203.

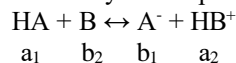
8. Пономарев В. Д. Аналитическая химия. В 2 кн. Кн. 1. – М.: Высшая школа, 1982. – С. 7-37, 109-126, 149-168, 174-183, 189-193, 199-209, 211-219, 229-230, 232-237.

9. Харитонов Ю. Я. Аналитическая химия (аналитика). В 2 кн. Кн. 1. Общие теоретические основы. Качественный анализ. – М.: Высшая школа, 2001. – С. 6-22, 34-38, 54-82, 84-108, 288, 320-327, 344-372.

## ПРОТОЛІТИЧНА ТЕОРІЯ КИСЛОТ І ОСНОВ

У 1929 р були сформульовані основні положення Протолітичної теорії кислот і основ Бренстеда-Лоурі, згідно якої *кислота є донором іонів водню, а основа - акцептором іонів водню.*

Кислоти і основи існують як сполучені пари:



Чим більшою спорідненістю до іону водню володіє речовина, тим вищі її основні властивості і навпаки.

## БУФЕРНІ РОЗЧИНИ

**Буферними** називаються розчини речовин, що не змінюють рН при розведенні і незначно змінюють його при додаванні невеликих кількостей сильних кислот і основ.

Буферні розчини являють собою розчини слабких кислот і їх солей (кислотні буферні розчини), наприклад, ацетатний буфер ( $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{CH}_3\text{COONa}$ ), форміатний буфер ( $\text{HCOOH} + \text{HCOONa}$ ) або слабких основ і їх солей (основні буферні розчини), наприклад, аміачний буфер ( $\text{NH}_4\text{OH} + \text{NH}_4\text{Cl}$ ).

Розрахунок рН в розчинах сильних і слабких кислот, сильних і слабких основ, буферних систем і солей, утворених слабкою основою і слабкою кислотою проводять за наступними формулами:

**для сильних кислот:**  $\text{pH} = -\lg[\text{H}^+]$

**для слабких кислот:**  $\text{pH} = \frac{1}{2} \text{pK}_a - \frac{1}{2} \lg C_a$

**для сильних основ:**  $\text{pH} = 14 - \text{pOH}$

$\text{pOH} = -\lg[\text{OH}^-]$

**для слабких основ:**  $\text{pH} = 7 + \frac{1}{2} \text{pK}_a + \frac{1}{2} \lg C_b$

**для буферних розчинів:**  $\text{pH} = \text{pK}_a + \lg \frac{C_b}{C_a}$

**для солей, утворених слабкою основою і слабкою кислотою:**

$\text{pH} = \frac{1}{2} (\text{pK}_w + \text{pK}_a - \text{pK}_b)$

де  $\text{pK}_a = -\lg K_a$ ;  $\text{pK}_b = -\lg K_b$ ;

$C_a$  – концентрація кислоти, моль/л;  $C_b$  – концентрація основи, моль/л.

## ГІДРОЛІЗ

**Гідроліз** – це взаємодія іонів розчиненої солі з іонами водню або гідроксильними групами води, в результаті якої утворюються слабкі електроліти: кислоти, основи, іони кислот або основних солей (основні солі часто випадають в осад).

Процес гідролізу кількісно характеризується константою  $K_r$  і ступенем  $h_r$  гідролізу.

*Ступенем гідролізу* називають число, що показує, яка частина від загальної кількості солі гідролізована, тобто перетворена дією води у відповідну кислоту або основу.

Розрізняють наступні три види гідролізу.

**1. За катіоном. Гідроліз солей, утворених слабкими основами і сильними кислотами, наприклад,  $NH_4Cl$**

$$K_r = \frac{K_w}{K_b}; \quad h_r = \sqrt{\frac{K_w}{K_b \cdot C_{\text{соли}}}} = \sqrt{\frac{K_r}{C_{\text{соли}}}}$$

**2. За аніоном. Гідроліз солей, утворених сильними основами і слабкими кислотами, наприклад,  $CH_3COONa$**

$$K_r = \frac{K_w}{K_a}; \quad h_r = \sqrt{\frac{K_w}{K_a \cdot C_{\text{соли}}}} = \sqrt{\frac{K_r}{C_{\text{соли}}}}$$

**3. За аніоном і катіоном. Гідроліз солей, утворених слабкими основами і слабкими кислотами, наприклад,  $CH_3COONH_4$**

$$K_r = \frac{K_w}{K_a \cdot K_b}; \quad h_r = \sqrt{\frac{K_w}{K_a \cdot K_b}} = \sqrt{K_r}$$

## Заняття № 4

**1. ТЕМА: Якісні реакції катіонів IV аналітичної групи ( $Al^{3+}$ ,  $Cr^{3+}$ ,  $Zn^{2+}$ ,  $As^{III}$ ,  $As^V$ ,  $Sn^{2+}$ ,  $Sn^{IV}$ )**

**2. МЕТА: Сформувати знання з теоретичних основ застосування протолітичних рівноваг в якісному аналізі, хіміко-аналітичних властивостей сполук катіонів IV аналітичної групи ( $Al^{3+}$ ,  $Cr^{3+}$ ,  $Zn^{2+}$ ,  $As^{III}$ ,  $As^V$ ,  $Sn^{2+}$ ,  $Sn^{IV}$ ) і вміння виконувати і застосовувати в аналізі якісні реакції катіонів IV аналітичної групи**

### 3. ЦІЛЬОВІ ЗАДАЧІ

3.1. Вивчити теоретичні основи застосування протолітичних рівноваг в якісному аналізі.

3.2. Вивчити хіміко-аналітичні властивості, якісні реакції і аналіз суміші катіонів IV аналітичної групи ( $Al^{3+}$ ,  $Cr^{3+}$ ,  $Zn^{2+}$ ,  $As^{III}$ ,  $As^V$ ,  $Sn^{2+}$ ,  $Sn^{IV}$ ).

3.3. Навчитися розраховувати рН в розчинах кислот, основ, гідролізуюючих солей, буферних систем, ступінь і константу гідролізу.

3.4. Оволодіти технікою виконання якісних реакцій катіонів IV аналітичної групи.

3.5. Навчитися аналізувати суміш катіонів IV аналітичної групи дробовим методом.

### 4. ПЛАН І ОРГАНІЗАЦІЙНА СТРУКТУРА ЗАНЯТТЯ

- |  |        |
|--|--------|
| 4.1. Організаційний момент.....  | 3 хв   |
| 4.2. Постановка мети і мотивація вивчення теми заняття.....                            | 7 хв   |
| 4.3. Корекція вихідного рівня знань-вмінь.....   | 30 хв  |
| 4.4. Організація самостійної роботи студентів.....                                     | 5 хв   |
| 4.5. Лабораторна робота.....   | 120 хв |
| 4.6. Підсумковий контроль: перевірка результатів лабораторної роботи і протоколів..... | 10 хв  |
| 4.7. Заключне слово викладача, вказівки до наступного заняття....                      | 5 хв   |

### 5. ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОПІДГОТОВКИ СТУДЕНТІВ

5.1. Повторити теоретичний матеріал з курсу загальної та неорганічної хімії: фізичні і хімічні властивості р-елементів (алюмінію, олова, миш'яку) і d-елементів (хрому та цинку); протолітичну теорію кислот і основ, типи протолітів; амфотерність на прикладі гідроксидів алюмінію, хрому, цинку; реакції окислення-відновлення на прикладах перетворення сполук хрому, миш'яку, олова.

5.2. Вивчити програмний матеріал з даної теми згідно питань, наведених нижче.

## Питання для підготовки студентів

1. Протолітичні рівноваги в водних розчинах електролітів. Які протолітичні рівноваги мають місце в розчинах наступних сполук:  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ,  $\text{NaOH}$ ,  $\text{AlCl}_3$ ,  $\text{CH}_3\text{COOH}$ ,  $\text{CH}_3\text{COONa}$ ,  $\text{NaHCO}_3$ ? До якого типу протолітів (молекулярні, катіонні, аніонні кислоти або основи, амфоліти) можна віднести ці сполуки? Що таке сполучена кислотно-основна пара?

2. Взаємозв'язок між величинами констант кислотності або основності, показниками цих констант і силою кислоти або основи. Визначте: а) найсильнішу і найслабшу кислоту: борна, синильна, оцтова; б) найсильнішу і найслабшу основу: розчин аміаку, анілін, дифеніламін.

3. Розрахунок рН у водних розчинах сильних і слабких кислот, сильних і слабких основ, буферних систем і солей, утворених слабкою основою і слабкою кислотою.

4. Буферні розчини, протолітичні рівноваги в них, буферна ємність. Наведіть приклади буферних розчинів, які використовують в якісному аналізі.

5. Сольволіз, гідроліз. Гідроліз з точки зору протолітичної теорії кислот і основ. Кількісна характеристика гідролізу. Запишіть реакції гідролізу і визначте реакцію середовища в розчинах солей  $\text{ZnCl}_2$ ,  $\text{AlCl}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ .

6. Значення гідролізу в якісному аналізі. Що відбувається при нагріванні розчину, що містить  $\text{NaCrO}_2$ ,  $\text{Na}_2\text{ZnO}_2$ ,  $\text{NaAlO}_2$ ? Яка реакція йде при нагріванні  $\text{NaAlO}_2$  з  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ? Як ці реакції використовують в аналізі катіонів IV аналітичної групи?

7. Охарактеризуйте аналітичні властивості катіонів IV аналітичної групи на підставі положення їх елементів у періодичній системі Д. І. Менделєєва. Які хіміко-аналітичні властивості катіонів ( $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Cr}^{3+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{As}^{\text{III}}$ ,  $\text{As}^{\text{V}}$ ,  $\text{Sn}^{2+}$ ,  $\text{Sn}^{\text{IV}}$ ) стали основою для виділення їх в IV аналітичну групу за кислотно-основним методом?

8. Обґрунтуйте умови відділення катіонів IV аналітичної групи.

9. Якісні реакції виявлення катіонів IV аналітичної групи і умови їх проведення (див. п. 6).

10. Чи можна дробним методом виявити катіон хрому (III), діючи надлишком  $\text{NaOH}$  в присутності  $\text{H}_2\text{O}_2$ ?

11. Поясніть, в яких випадках визначення сполук миш'яку проводять на основі реакції відновлення до арсину? Як можна виявити  $\text{AsH}_3$ ?

12. Чи можливо визначення катіонів  $\text{Al}^{3+}$  та  $\text{Zn}^{2+}$  нітратом кобальту при їх спільній присутності?

13. У чому особливості дробного і систематичного аналізу катіонів IV аналітичної групи? Які катіони, в якій послідовності і якими реакціями відділяють при систематичному ході аналізу?

14. Якісні реакції виявлення катіонів IV аналітичної групи і умови їх проведення (див. п. 6).

### 5.3. Розв'язати задачі

**Задача 1.** Визначте рН 0,1 М розчинів соляної кислоти і гідроксиду натрію. Покажіть, як він зміниться при розведенні розчинів у 100 разів.

Відповідь: 1; 13; 3; 11.

**Задача 2.** Визначте рН 1 М розчину фенолу.

Відповідь: 5.

**Задача 3.** Визначте рН буферної суміші, що містить 0,01 моль мурашиної кислоти і 0,2 моль формиату калію.

Відповідь: 5,05.

**Задача 4.** Визначте константу і ступінь гідролізу 0,01 М розчину формиату калію, якщо  $K(\text{HCOOH}) = 1,8 \cdot 10^{-4}$ .

Відповідь:  $5,5 \cdot 10^{-11}$ ;  $7,45 \cdot 10^{-3}\%$ .

### 5.5. Опрацювати тестові завдання

1. Вкажіть, з якими катіонами IV-VI аналітичних груп гексаціаноферрат(II) калію утворює білий осад:

- A. Цинку.\*
- B. Кадмію.
- C. Алюмінію.
- D. Ртуті(II).
- E. Марганцю.

2. Які іони IV аналітичної групи після дії групового реагенту утворюють жовтий осад при нагріванні з молібденової рідиною:

- A. Арсенат-іони.\*
- B. Хромат-іони.
- C. Арсеніт-іони.
- D. Станнат-іони.
- E. Цинкат-іони.

3. Про присутність яких катіонів можна зробити висновок, якщо фільтрувальний папір, просочений розчином нітрату кобальту і досліджуваним розчином, після спалювання дає попел синього кольору:

- A. Алюмінію.\*



- В. Хрому(III).
- С. Цинку.
- Д. Нікелю.
- Е. Стибію.

4. Які катіони при додаванні надлишку лугу осаду не утворюють, але при кип'ятінні випадає сіро-зелений осад:

- А. Хрому(III).\*
- В. Нікелю.
- С. Кобальту.
- Д. Міді.
- Е. Марганцю.

5. Які катіони містить розчин, якщо при додаванні дитизона у присутності лугу спостерігається рожеве забарвлення водного і хлороформного шарів:

- А. Цинку.\*
- В. Кадмію.
- С. Олова(II).
- Д. Свинцю.
- Е. Міді.

6. Які катіони з сірководнем у присутності хлористоводневої кислоти утворюють бурий осад:

- А. Олова(II).\*
- В. Миш'яку(III).
- С. Стибію(V).
- Д. Марганцю.
- Е. Стибію(III).

7. Які катіони утворюють білий осад з сульфідом натрію:

- А. Цинку.\*
- В. Стибію (III).
- С. Миш'яку (III).
- Д. Марганцю.
- Е. Миш'яку(V).

8. Які катіони при нагріванні з надлишком лугу і пероксиду водню осаду не утворюють, але розчин набуває жовтого забарвлення:

- А. Хрому(III).\*
- В. Олова(II).
- С. Олова(IV).

- D. Кобальту.
- E. Миш'яку(III).

9. Які катіони з солями ртуті(II) утворюють чорний осад:

- A. Олова(II).\*
- B. Олова(IV).
- C. Вісмуту.
- D. Заліза(III).
- E. Кадмію.

10. Про присутність яких катіонів можна зробити висновок, якщо фільтрувальний папір, просочений розчином нітрату кобальту і досліджуваним розчином, після спалювання дає попіл зеленого кольору:

- A. Цинку.\*
- B. Алюмінію.
- C. Нікелю.
- D. Хрому(III).
- E. Вісмуту.

11. Які катіони дають позитивну крапельну реакцію з алізарином в присутності гексаціаноферрата(II) калію:

- A. Алюмінію.\*
- B. Магнію.
- C. Нікеля.
- D. Вісмуту.
- E. Стибію(V).

12. Підберіть найбільш характерний реагент для виявлення катіонів цинку екстракційним методом:

- A. Дитизон.\*
- B. 8-оксихінолін.
- C. Гексаціаноферрат(II) калію.
- D. Гексаціаноферрат(III) калію.
- E. Дифенілкарбазон.

13. Підберіть найбільш характерний реагент для виявлення катіонів алюмінію екстракційним методом:

- A. Дитизон.\*
- B. 8-оксихінолін.
- C. Гексаціаноферрат(II) калію.
- D. Гексаціаноферрат(III) калію.
- E. Реактив Іллінського.

14. Для виявлення арсину, що виділяється при відновленні сполук миш'яку, застосовують:

- A. Хлорид ртуті(II).\*
- B. Хлорид ртуті(I).
- C. Ацетат свинцю.
- D. Молібденову рідину.
- E. Магnezіальну суміш.

15. До розчину в пробірці додали металевий цинк, розбавлену сірчану кислоту, вставили грудочку свинцевої вати, зверху помістили смужку фільтрувального паперу, змоченого розчином нітрату срібла. Згодом на папері з'явилася сіра пляма. Які катіони присутні в досліджуваному розчині:

- A. Миш'яку (III).\*
- B. Стибію(III).
- C. Олова(II).
- D. Ртуті(II).
- E. Ртуті(I).

16. Катіони IV аналітичної групи осаджуються груповим реактивом 2 М розчином гідроксиду натрію в еквівалентній кількості у вигляді гідроксидів, за винятком:

- A. Іонів миш'яку.\*
- B. Іонів олова.
- C. Іонів хрому.
- D. Іонів цинку.
- E. Іонів алюмінію.

17. Після дії на катіони IV аналітичної групи пероксидом водню в лужному середовищі утворюються їх аніони у вищій ступені окислення. Додавання хлориду амонію до слаболужної реакції середовища осаджує із розчину:

- A.  $\text{Al}(\text{OH})_3$  та  $\text{Sn}(\text{OH})_4$  \*
- B.  $\text{Al}(\text{OH})_3$  та  $\text{Zn}(\text{OH})_2$
- C.  $\text{Cr}(\text{OH})_3$  та  $\text{Zn}(\text{OH})_2$
- D.  $\text{Cr}(\text{OH})_3$
- E.  $\text{Sn}(\text{OH})_4$

18. До досліджуваного розчину додали надлишок 6 М розчину гідроксиду натрію і 3% -го розчину пероксиду водню. Розчин при нагріванні набув жовтого забарвлення. Це свідчить про присутність катіонів:

- A. Хрому(III).\*

- В. Олова(II).
- С. Алюмінію.
- Д. Цинку.
- Е. Свинцю.

19. У розчині присутні катіони цинку і алюмінію. Вкажіть реагент, який дозволяє визначити в цьому розчині катіони цинку:

- А. Калію гексаціаноферрат(II).\*
- В. Натрію гідроксид.
- С. Калію йодид.
- Д. Натрію родізонат.
- Е. Натрію гідрофосфат.

20. Вкажіть, для виявлення якого катіона не використовують окиснювально-відновні реакції:

- А. Цинку.\*
- В. Олова(II).
- С. Хрому(III).
- Д. Миш'яку(V).
- Е. Миш'яку (III).

21. Вкажіть груповий реагент для відділення катіонів VI аналітичної групи в систематичному ході аналізу:

- А. Надлишок конц. розчину аміаку.\*
- В. Розчин сірчаної кислоти.
- С. Надлишок розчину натрію гідроксиду.
- Д. Розчин хлороводневої кислоти.
- Е. Надлишок розчину натрію гідроксиду і 3%-й розчин пероксиду водню.

22. У якісному аналізі при дії надлишку групового реагенту гідроксиду натрію на солі алюмінію утворюються:

- А. Натрію гексагідроксоалюмінат.\*
- В. Алюмінію гідроксид.
- С. Основні солі алюмінію.
- Д. Оксид алюмінію.
- Е. Хлорид алюмінію.

23. Вкажіть, яка суміш речовин не є буферним розчином:

- А. Гідроксид натрію і хлорид натрію.\*
- В. Оцтова кислота і ацетат натрію.
- С. Аміак і хлорид амонію.
- Д. Натрію карбонат і натрію гідрокарбонат.

Е. Натрію гідрофосфат і натрію дигідрофосфат.

24. Вкажіть, з яким реагентом визначають катіони цинку:

- А. Дитизон.\*
- В. Розчин аміаку.
- С. Алізарин.
- Д. Карбонати лужних металів.
- Е. Персульфат амонію.

25. Яку кількість досліджуваного розчину необхідно взяти для проведення якісного аналізу на катіони полумікрометодом:

- А. 1,0 мл.\*
- В. 0,5 мл.
- С. 2,0 мл.
- Д. 1,5 мл.
- Е. 5,0 мл.

26. Надхромовая кислота, що утворюється при окисненні хрому, у водних розчинах нестійка і розкладається. Вкажіть, який розчинник використовують для її екстракції:

- А. Ізоаміловий спирт з ефіром.\*
- В. Хлороформ.
- С. Бензол.
- Д. Нітробензол.
- Е. Ізопропіловий спирт.

27. Реакція катіонів алюмінію з нітратом кобальту (утворення «тенарової сині») за технікою виконання відноситься до:

- А. Пірохімічних реакцій.\*
- В. Крапельних реакцій.
- С. Мікрокристалоскопічних реакцій.
- Д. Газовиділяючих реакцій.
- Е. Пробірочних реакцій.

28. При виявленні катіонів алюмінію за утворенням «тенарової сині» смужку фільтрувального паперу змочують розведеним розчином:

- А. Нітрату кобальту.\*
- В. Нітрату кадмію.
- С. Нітрату міді.
- Д. Сульфату кобальту.
- Е. Хлориду кобальту.

29. При виявленні катіонів цинку за утворенням «зелені Рінмана» смужку фільтрувального паперу змочують розведеним розчином:

- A. Нітрату кобальту.\*
- B. Нітрату кадмію.
- C. Нітрату міді.
- D. Сульфату кобальту.
- E. Хлориду кобальту.

30. При виявленні катіонів алюмінію в присутності заважаючих катіонів за реакцією з алізарином реакцію слід проводити на фільтрувальному папері, попередньо просоченому розчином:

- A. Гексаціаноферрата(II) калію.\*
- B. Гексаціаноферрата(III) калію.
- C. Тіоціаната амонію.
- D. Сульфату натрію.
- E. Карбонату натрію.

31. Виявити мікрокількості миш'яку можна, відновивши його до арсину. В якості відновника використовують:

- A. Цинк.\*
- B. Залізо.
- C. Мідь.
- D. Срібло.
- E. Ртуть.

32. За кислотно-основною класифікацією до катіонів IV аналітичної групи відносяться:

- A.  $Zn^{2+}$ ,  $Al^{3+}$ ,  $Cr^{3+}$ ,  $As^{III}$ ,  $As^V$ ,  $Sn^{2+}$ ,  $Sn^{IV}$ \*
- B.  $Zn^{2+}$ ,  $Al^{3+}$ ,  $Cu^{2+}$ ,  $As^{III}$ ,  $As^V$ ,  $Sn^{2+}$ ,  $Sn^{IV}$
- C.  $Zn^{2+}$ ,  $Bi^{3+}$ ,  $Cr^{3+}$ ,  $As^{III}$ ,  $As^V$ ,  $Sn^{2+}$ ,  $Sn^{IV}$
- D.  $Zn^{2+}$ ,  $Al^{3+}$ ,  $Cr^{3+}$ ,  $As^{III}$ ,  $As^V$ ,  $Sb^{3+}$ ,  $Sb^V$
- E.  $Mn^{2+}$ ,  $Al^{3+}$ ,  $Cr^{3+}$ ,  $As^{III}$ ,  $As^V$ ,  $Sn^{2+}$ ,  $Sn^{IV}$

33. Груповим реагентом на катіони IV аналітичної групи за кислотно-основною класифікацією є:

- A. Надлишок 2 М розчину NaOH в присутності  $H_2O_2$ .\*
- B. Надлишок 2 М розчину NaOH.
- C. Надлишок 0,2 М розчину NaOH в присутності  $H_2O_2$ .
- D. Эквивалентный объем 2 М розчину NaOH в присутності  $H_2O_2$ .
- E. Надлишок 2 М розчину NaOH в присутності етанолу.

34. Найбільш чутливою реакцією виявлення миш'яку (дозволяє виявити 0,001-0,1 мг миш'яку) є:

- A. Реакція відновлення до арсіну.\*
- B. Реакція з сульфідом натрію.
- C. Реакція з молібденовою рідиною.
- D. Реакція з магnezіальною сумішшю.
- E. Реакція з нітратом срібла.

35. Невелику кількість сполук миш'яку відкривають дуже чутливою реакцією відновлення до арсіну, який ідентифікують реакцією з:

- A. Нітратом срібла.\*
- B. Йодидом калію.
- C. Ацетатом свинцю.
- D. Молібдатом амонію.
- E. Сульфідом натрію.

36. Невелику кількість сполук миш'яку відкривають дуже чутливою реакцією відновлення до арсіну, який ідентифікують реакцією з:

- A. Хлоридом ртуті(II).\*
- B. Йодидом калію.
- C. Хлоридом ртуті(I).
- D. Молібдатом амонію.
- E. Сульфідом натрію.

37. Реакцію виявлення катіонів цинку за реакцією з дитизином слід проводити в присутності:

- A. Розчину гідроксиду натрію.\*
- B. Розчину хлороводневої кислоти.
- C. Ацетатного буферного розчину.
- D. Розчину сірчаної кислоти.
- E. Етанолу.

38. Які катіони знаходяться в розчині, якщо при дії розчину аміаку утворюється білий осад, розчинний в надлишку реагенту:

- A. Цинку.\*
- B. Стибію(V).
- C. Марганцю.
- D. Заліза(II).
- E. Вісмуту.

39. Які катіони знаходяться в розчині, якщо при дії розчину гідроксиду натрію випадає білий осад, розчинний в надлишку реагенту:

- A. Олова(II).\*
- B. Вісмуту.
- C. Магнію.
- D. Марганцю.
- E. Ртуті(II).

40. Які катіони знаходяться в розчині, якщо при дії розчину гідроксиду натрію випадає білий осад, розчинний в надлишку реагенту:

- A. Алюмінію.\*
- B. Срібла.
- C. Магнію.
- D. Марганцю.
- E. Стибію(III).

41. Які катіони знаходяться в розчині, якщо при дії розчину гідроксиду натрію випадає забарвлений осад, розчинний в надлишку реагенту:

- A. Хрому.\*
- B. Вісмуту.
- C. Цинку.
- D. Марганцю.
- E. Свинцю.

42. При дії на катіони олова (II) сірководневої води утворюється осад:

- A. Темно-коричневого кольору.\*
- B. Жовтого кольору.
- C. Помаранчевого кольору.
- D. Чорного кольору.
- E. Червоного кольору.

43. При дії на катіони олова(IV) сірководневої води утворюється осад:

- A. Жовтого кольору.\*
- B. Темно-коричневого кольору.
- C. Помаранчевого кольору.
- D. Чорного кольору.
- E. Червоного кольору.

### Література

1. Аналітична хімія: навч. посіб. для фармац. вузів та ф-тів III-IV рівня акредитації / В. В. Болотов, О. М. Свечнікова, С. В. Колісник, Т. В. Жукова та ін. – Х.: Вид-во НФаУ; Оригінал, 2004. – 480 с.



2. Аналітична хімія : Якісний та кількісний аналіз; навчальний конспект лекцій / В. В. Болотов, О. М. Свечнікова, М. Ю. Голік, К. В. Динник, Т. В. Жукова, М. А. Зареченський, О. Г. Кизим, С. В. Колісник, Т. А. Костіна, О. С. Микитенко, В. П. Мороз, І. Ю. Петухова, Ю. В. Сич, Л. Ю. Клименко; за загальною редакцією проф. Болотова В. В. – Вінниця : Нова книга, 2011. – 424 с.

3. Аналітична хімія : навч. довідк. посіб. для студ. вищ. навч. закл. / В. В. Болотов, О. А. Євтіфєєва, Т. В. Жукова, Л. Ю. Клименко, О. С. Микитенко, В. П. Мороз, І. Ю. Петухова; за заг. ред. В. В. Болотова. – Х.: НФаУ, 2014. – 320 с.

4. Алексеев В. Н. Курс качественного химического полумикроанализа. – М.: Химия, 1973. – С. 98-121, 228-272, 316-327, 339-344, 401-409, 419-432.

5. Лурье Ю. Ю. Справочник по аналитической химии. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Химия, 1979. – 480 с.

6. Основы аналитической химии. В 2 кн. Кн. 1. Общие вопросы. Методы разделения: Учеб. для вузов / Ю. А. Золотов, Е. Н. Дорохова, В. И. Фадеева и др. Под ред. Ю. А. Золотова. – М.: Высшая школа, 2002. – С. 117-138.

7. Пономарев В. Д. Аналитическая химия. В 2 кн. Кн. 1. – М.: Высшая школа, 1982. – С. 37-43, 46-63, 216-222, 230-231, 237-245.

8. Практикум по аналитической химии / Под ред. В. Д. Пономарева, Л. И. Ивановой. – М.: Высшая школа, 1983. – С. 28-32, 48-49, 54-55, 62-66.

9. Харитонов Ю. Я. Аналитическая химия (аналитика). В 2 кн. Кн. 1. Общие теоретические основы. Качественный анализ. – М.: Высшая школа, 2001. – С. 110-145, 372-383.

## 6. ЛАБОРАТОРНА РОБОТА

### Загальні реакції катіонів IV аналітичної групи

#### 1. З гідроксидами лужних металів

#### 2. З розчином аміаку

### Характерні реакції катіонів IV аналітичної групи

#### Реакції $Al^{3+}$ -іонів

1. Реакція з нітратом кобальту (утворення «тенарової сині»)

2. Реакція з алізарином

#### Реакції $Cr^{3+}$ -іонів

**1. Дія окисників ( $H_2O_2$ ) в лужному середовищі**

**а) виявлення  $CrO_4^{2-}$  іонів солями барію або свинцю**

**б) виявлення  $CrO_4^{2-}$ -іонів переведенням їх у надхромову кислоту**

#### **Реакції $Zn^{2+}$ -іонів**

**1. Реакція з гексаціаноферратом (II) калію**

**2. Реакція з сульфідом натрію**

**3. Реакція з нітратом кобальту (утворення «зелені Рінмана»)**

**4. Реакція з дитизоном**

#### **Реакції $AsO_3^{3-}$ ( $As^{III}$ ) і $AsO_4^{3-}$ ( $As^V$ ) - іонів**

**1. Реакція з сірководнем**

**2. Реакція відновлення  $As^{III}$  і  $As^V$  до арсину дією  $Zn$  ( $Mg$ ) в вислому середовищі та наступне виявлення арсина папером, просоченим розчином  $AgNO_3$  або  $HgCl_2$**

**3. Реакція з магнезійною сумішшю ( $MgSO_4$ ,  $NH_3$  і  $NH_4Cl$ )**

**4. Реакція з молібденовою рідиною (розчин  $(NH_4)_2MoO_4$  та  $NH_4NO_3$  в  $HNO_3$ )**

#### **Реакції $Sn^{2+}$ і $Sn^{IV}$ -іонів**

**1. Реакція з сірководнем**

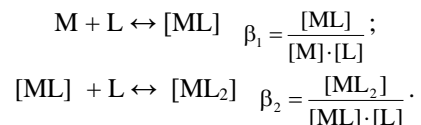
**2. Реакція відновлення  $Sn^{IV}$ -іонів у  $Sn^{2+}$ -іони під дією залізної тирси**

**3. Реакція відновлення солей вісмуту або ртуті**

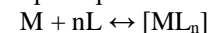
## КОМПЛЕКСНІ СПОЛУКИ

**Комплексними сполуками**, по А. Вернеру, називають сполуки вищого порядку, які є стійкими у водних розчинах або розпадаються в незначній мірі.

Відповідно до закону діючих мас ступеневе утворення комплексів описується відповідними ступінчастими **константами утворення або стійкості  $\beta$** :



Константи відповідних сумарних рівноваг:



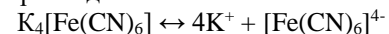
називають загальними (повними) константами стійкості  $\beta$ :

$$\beta = \frac{[ML_n]}{[M] \cdot [L]^n}.$$

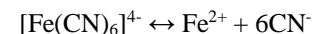
Повна константа стійкості дорівнює добутку ступінчатих констант стійкості:  $\beta = \beta_1 \cdot \beta_2 \dots \beta_n$ .

*Чим більше константа стійкості, тим міцніше комплекс в розчині, тим повніше іони металу зв'язуються в комплекс.*

Комплексні сполуки у водних розчинах дисоціюють як сильні електроліти на внутрішню і зовнішню сфери. Цей процес протікає за типом сильних електролітів. Наприклад:



Утворений в результаті дисоціації комплексний іон (внутрішня сфера) також дисоціює за типом слабого електроліту за ступенями. Сумарне рівняння:



Дисоціація комплексного іона кількісно характеризується **константою нестійкості (константою дисоціації комплексу)  $K_{нест.}$** :

$$K_{нест.} = \frac{[Fe^{2+}] \cdot [CN^-]^6}{[[Fe(CN)_6]^{4-}]}$$

*Константа нестійкості – це міра міцності комплексу: чим менше величина  $K_{нест.}$ , тим більш стійким є комплекс.* Виходячи з цього:

$$K_{нест.} = \frac{1}{\beta}; \quad \beta = \frac{1}{K_{нест.}}$$

## Заняття № 5

**1. ТЕМА: Якісні реакції катіонів V аналітичної групи ( $Mg^{2+}$ ,  $Mn^{2+}$ ,  $Fe^{2+}$ ,  $Fe^{3+}$ ,  $Bi^{3+}$ ,  $Sb^{III}$ ,  $Sb^V$ ) і VI аналітичної групи ( $Cu^{2+}$ ,  $Cd^{2+}$ ,  $Hg^{2+}$ ,  $Co^{2+}$ ,  $Ni^{2+}$ )**

**2. МЕТА: Сформувати знання з теоретичних основ застосування реакцій комплексоутворення в якісному аналізі, хіміко-аналітичних властивостей сполук катіонів V і VI аналітичних груп і вміння виконувати характерні реакції катіонів V і VI аналітичних груп**

### 3. ЦІЛЬОВІ ЗАДАЧІ

3.1. Вивчити теоретичні основи реакцій комплексоутворення та застосування їх в якісному аналізі.

3.2. Вивчити теоретичні основи застосування органічних реагентів в якісному аналізі.

3.3. Навчитися прогнозувати можливість застосування і умови виконання реакцій комплексоутворення, в тому числі з органічними реагентами, для розділення, виявлення і маскуванню катіонів.

3.4. Навчитися вирішувати завдання по розрахунку рівноваг в розчинах комплексних сполук (визначення концентрації іонів, можливість утворення осадів з розчинів комплексних сполук або розчинення осадів в результаті утворення комплексних сполук).

3.5. Вивчити хіміко-аналітичні властивості сполук катіонів V аналітичної групи ( $Mg^{2+}$ ,  $Mn^{2+}$ ,  $Fe^{2+}$ ,  $Fe^{3+}$ ,  $Bi^{3+}$ ,  $Sb^{III}$ ,  $Sb^V$ ) і VI аналітичної групи ( $Cu^{2+}$ ,  $Cd^{2+}$ ,  $Hg^{2+}$ ,  $Co^{2+}$ ,  $Ni^{2+}$ ) та якісні реакції зазначених катіонів.

3.6. Оволодіти навиками виконання якісних реакцій катіонів V і VI аналітичних груп і сформувати уявлення щодо застосування їх для розділення і виявлення катіонів.

### 4. ПЛАН І ОРГАНІЗАЦІЙНА СТРУКТУРА ЗАНЯТТЯ

- |  |        |
|--|--------|
| 4.1. Організаційний момент.....  | 3 хв   |
| 4.2. Постановка мети і мотивація вивчення теми заняття.....                            | 7 хв   |
| 4.3. Корекція вихідного рівня знань-вмінь.....   | 30 хв  |
| 4.4. Організація самостійної роботи студентів.....                                     | 5 хв   |
| 4.5. Лабораторна робота.....   | 120 хв |
| 4.6. Підсумковий контроль: перевірка результатів лабораторної роботи і протоколів..... | 10 хв  |
| 4.7. Заключне слово викладача, вказівки до наступного заняття....                      | 5 хв   |

### 5. ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОПІДГОТОВКИ СТУДЕНТІВ

5.1. Повторити з курсу загальної та неорганічної хімії питання: властивості d-елементів (Cu, Cd, Hg, Mn, Fe, Co, Ni) і p-елементів (Sb, Bi)

відповідно до їх положення в періодичній системі елементів Д. І. Менделєєва; комплексні сполуки; реакції окиснення-відновлення.

5.2. Вивчити теоретичні питання розділу «Реакції комплексоутворення в аналітичній хімії» та якісні реакції катіонів V аналітичної групи ( $Mg^{2+}$ ,  $Mn^{2+}$ ,  $Fe^{2+}$ ,  $Fe^{3+}$ ,  $Bi^{3+}$ ,  $Sb^{III}$ ,  $Sb^{V}$ ) і VI аналітичної групи ( $Cu^{2+}$ ,  $Cd^{2+}$ ,  $Hg^{2+}$ ,  $Co^{2+}$ ,  $Ni^{2+}$ ).

### Питання для підготовки студентів

1. Комплексні (координаційні) сполуки, їх склад і будова.
2. Типи комплексних (координаційних) сполук, які найбільш широко застосовуються в якісному аналізі.
3. Назвіть наступні комплексні сполуки за міжнародною номенклатурою:  $K_4[Fe(CN)_6]$ ;  $K_3[Fe(CN)_6]$ ;  $[Cu(NH_3)_4]SO_4$ ;  $(NH_4)_2[Co(SCN)_4]$ ;  $[Fe(SCN)_3]$ ;  $H[SbCl_6]$ ;  $H_3[SbCl_6]$ .
4. Поясніть склад та будову внутрішньо комплексних сполук. У чому особливість органічних лігандів?
5. Рівновага в розчинах комплексних сполук. Стійкість комплексних сполук.
6. Якими типами констант рівноваги характеризують комплексні сполуки? Який із наведених нижче комплексних іонів є найбільш стійким: а)  $[Cd(NH_3)_4]^{2+}$  ( $K_{нест.} = 2,5 \cdot 10^{-7}$ ) або  $[Cd(CN)_4]^{2-}$  ( $K_{нест.} = 1,4 \cdot 10^{-17}$ ); б)  $[Ag(NH_3)_2]^+$  ( $\beta = 1,1 \cdot 10^8$ ) або  $[Ag(S_2O_3)_2]^{3-}$  ( $\beta = 9 \cdot 10^{12}$ )?
7. Запишіть константи утворення і нестійкості наступних комплексних сполук:  $[Fe(SCN)_3]$ ;  $[Fe(CN)_6]^{3-}$ ;  $[Co(NO_2)_6]^{3-}$ ;  $[Cu(NH_3)_4]^{2+}$ .
8. В якому розчині концентрація  $Ni^{2+}$ -іонів найменша і в якому – найбільша: 0,1 М розчин  $NiSO_4$ ; 0,1 М розчин  $[Ni(NH_3)_6]SO_4$ ; 0,1 М розчин  $[Ni(NH_3)_6]SO_4$ , що містить 1 моль/л  $NH_3$ ?
9. Загальна характеристика катіонів V і VI аналітичних груп.
10. Застосування реакцій катіонів V і VI аналітичних груп із загальними реагентами (лугами, розчином аміаку, сульфідами) в аналізі, дія групових реагентів на катіони V і VI аналітичних груп.
11. Приклади застосування реакцій комплексоутворення в аналізі катіонів V і VI аналітичних груп для: відділення іонів, виявлення іонів, розчинення осадів, маскуванню іонів, що заважають.
12. Як взаємодіють з катіонами металів такі реагенти: 8-оксихінолін, диацетилдіоксим, 1-нітросо-2-нафтол, диетилдитіокарбамінат натрію, дифенілкарбазон?
13. Як залежить склад і забарвлення комплексів заліза(III) з сульфосаліциловою кислотою від рН середовища?

14. Як проводять реакції катіонів Fe(III) і Co(II) з тіоціанатом амонію? Як виявити  $\text{Co}^{2+}$ -іони цією реакцією в присутності домішки  $\text{Fe}^{3+}$ -іонів?

15. Які реагенти і за яких умов використовують для виявлення катіонів  $\text{Hg}^{2+}$ ,  $\text{Bi}^{3+}$ ,  $\text{Sb}^{\text{III}}$ ,  $\text{Sb}^{\text{V}}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$  на основі реакцій окиснення-відновлення

16. Якісні реакції виявлення катіонів V і VI аналітичних груп і умови їх проведення (див. п. 6).

### 5.3. Розв'язати задачі

**Задача 1.** Обчисліть концентрацію іонів комплексоутворювача і аміаку в 0,1 М розчині сульфату тетраамінміді (II). ( $K_{\text{нест.}}[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+} = 9,33 \cdot 10^{-13}$ ).

Відповідь:  $[\text{Cu}^{2+}] = 8,1 \cdot 10^{-4}$  моль/л,  $[\text{NH}_3] = 3,24 \cdot 10^{-3}$  моль/л.

**Задача 2.** Чи утвориться осад сульфід кадмію при змішуванні 0,1 М розчину аміаку кадмію з рівним об'ємом 0,1 М розчину сульфід натрію? ( $K_{\text{нест.}}[\text{Cd}(\text{NH}_3)_4]^{2+} = 2,75 \cdot 10^{-7}$ ).

Відповідь: осад утворюється.

**Задача 3.** Чи розчиниться осад йодиду срібла в розчині ціаніду калію? ( $K_{\text{нест.}}[\text{Ag}(\text{CN})_2]^- = 1,41 \cdot 10^{-20}$ ).

### 5.5. Опрацювати тестові завдання

1. Про наявність яких катіонів можна говорити, якщо досліджуваний розчин з метиловим фіолетовим утворює фіолетові кристали (фіолетового кольору суспензія):

- A. Стибію(V).\*
- B. Вісмуту.
- C. Стибію(III).
- D. Олова(IV).
- E. Олова(II).

2. З диетилдитіокарбамінатом натрію утворюється червоно-бурий осад, розчинний в хлороформі. Які катіони містить розчин:

- A. Міді.\*
- B. Кадмію.
- C. Кобальту.
- D. Нікелю.
- E. Заліза(II).

3. Які катіони з діацетилдіоксидом при  $\text{pH} = 5-10$  утворюють ало-червоний осад:

- A. Нікелю.\*
- B. Заліза(III).
- C. Заліза(II).
- D. Кобальту.
- E. Міді.

4. Які катіони знаходяться в розчині, якщо розчином лугу осаджується жовтий осад, нерозчинний в надлишку лугу:

- A. Ртуті(II).\*
- B. Ртуті(I).
- C. Марганцю.
- D. Заліза(II).
- E. Заліза(III).

5. Які катіони знаходяться в розчині, якщо при дії хлориду олова (II) в лужному середовищі випадає чорний осад:

- A. Вісмуту.\*
- B. Заліза(II).
- C. Марганцю.
- D. Стибію(III).
- E. Миш'яку(III).

6. Які катіони знаходяться в розчині, якщо при розведенні її водою спостерігається помутніння, що не зникає при додаванні винної кислоти:

- A. Вісмуту.\*
- B. Стибію(III).
- C. Стибію(V).
- D. Олова(II).
- E. Олова(IV).

7. Які катіони знаходяться в розчині, якщо при дії концентрованого розчину аміаку в суміші з хлоридом амонію осад не утворюється, без хлориду амонію - випадає білий осад:

- A. Магнію.\*
- B. Кадмію.
- C. Стибію(III).
- D. Олова(IV).
- E. Марганцю.

8. Які катіони з розчином 8-оксихіноліну в присутності розчину аміаку і хлориду амонію утворюють жовто-зелений осад:

- A. Магнію.\*
- B. Алюмінію.
- C. Марганцю.
- D. Цинку.
- E. Вісмуту.

9. Які катіони з сірководневою водою утворюють осад жовтого кольору, розчинний в 1 М розчині HCl:

- A. Кадмію.\*
- B. Стибію(V).
- C. Олова(II).
- D. Цинку.
- E. Стибію(III).

10. Які катіони з розчином йодиду калію утворюють червоно-помаранчевий осад, розчинний в надлишку реагенту з утворенням безбарвного розчину:

- A. Ртуті(II).\*
- B. Ртуті(I).
- C. Вісмуту.
- D. Стибію(V).
- E. Свинцю.

11. Які катіони з надлишком лугу утворюють осад брудно-зеленого кольору, який при стоянні на повітрі буріє:

- A. Заліза(II).\*
- B. Марганцю.
- C. Заліза(III).
- D. Нікелю.
- E. Срібла.

12. Які катіони з розчином діацетилдіоксиму утворюють розчин кармін-червоного кольору:

- A. Заліза(II).\*
- B. Нікелю.
- C. Заліза(III).
- D. Кобальту.
- E. Ртуті(II).



13. Які катіони при підкисленні і додаванні твердого тіосульфату натрію утворюють чорний осад, розчинний в азотній кислоті:

- A. Міді.\*
- B. Ртуті(II).
- C. Марганцю.
- D. Нікелю.
- E. Кадмію.

14. Які катіони можуть перебувати в розчині, якщо при нагріванні з персульфатом амонію в присутності нітрату срібла розчин набуває малинового забарвлення:

- A. Марганцю.\*
- B. Заліза(III).
- C. Кобальту.
- D. Вісмуту.
- E. Магнію.

15. Які катіони знаходяться в розчині, якщо при додаванні розчину дитизона хлороформний шар набуває помаранчевого забарвлення:

- A. Кадмію.\*
- B. Алюмінію.
- C. Цинку.
- D. Магнію.
- E. Нікелю.

16. Які катіони з гексаціаноферратом(III) калію утворюють синій осад:

- A. Заліза(II).\*
- B. Заліза(III).
- C. Міді.
- D. Цинку.
- E. Стибію(III).

17. Які катіони з  $\alpha$ -нітросо- $\beta$ -нафтолом утворюють червоно-бурий осад:

- A. Кобальту.\*
- B. Кадмію.
- C. Заліза(III).
- D. Нікелю.
- E. Ртуті(II).

18. Які катіони VI аналітичної групи з гексаціаноферратом(II) калію утворюють червоно-бурий осад:

- A. Міді.\*
- B. Заліза(III).
- C. Заліза(II).
- D. Нікелю.
- E. Кадмію.

19. Які катіони з розчином йодиду калію дають чорний осад, розчинний у надлишку реактиву з утворенням розчину помаранчевого кольору:

- A. Вісмуту.\*
- B. Ртуті(II).
- C. Свинцю.
- D. Ртуті(I).
- E. Срібла.

20. Які катіони з сульфосаліциловою кислотою при рН = 5-8 утворюють розчин червоно-фіолетового кольору:

- A. Заліза(III).\*
- B. Заліза(II).
- C. Міді.
- D. Нікелю.
- E. Магнію.

21. Розчин лугу осаджує з розчину білий осад, який на повітрі буріє. Які катіони IV-VI аналітичних груп знаходяться у розчині:

- A. Марганцю.\*
- B. Заліза(III).
- C. Заліза(II).
- D. Олова(II).
- E. Кобальту.

22. Про присутність яких катіонів можна зробити висновок, якщо при додаванні лугу утворюється червоно-бурий осад, нерозчинний у надлишку лугу:

- A. Заліза(III).\*
- B. Кобальту.
- C. Магнанцю.
- D. Заліза(II).
- E. Міді.

23. Які катіони у солянокислому середовищі з сульфідом натрію дають помаранчевий осад:

- A. Стибію(V).\*

- В. Олова(IV).
- С. Кадмію.
- Д. Миш'яку(III).
- Е. Хрому(III).

24. Якого кольору утворюється осад катіона марганцю (II) з сульфід-іонами:

- А. Тілесний.\*
- В. Помаранчевий.
- С. Жовтий.
- Д. Білий.
- Е. Коричневий.

25. При якому значенні рН слід проводити реакцію катіонів магнію з 8-оксихіноліном:

- А. рН = 9.\*
- В. рН = 5.
- С. рН = 7.
- Д. рН = 3.
- Е. рН = 11.

26. Підберіть найбільш характерний реагент для виявлення катіонів міді екстракційним методом:

- А. Диетилдитіокарбамінат натрію.\*
- В. Діацетилдіоксим.
- С. Гексаціаноферрат(II) калію.
- Д. Тіосульфат натрію.
- Е. Тіоціанат амонію.

27. Підберіть найбільш характерний реагент для виявлення катіонів нікелю екстракційним методом:

- А. Діацетилдіоксим.\*
- В. Тіоціанат амонію.
- С. Гексаціаноферрат(II) калію.
- Д. Гексаціаноферрат(III) калію.
- Е. 8-оксихінолін.

28. Підберіть найбільш характерний реагент для виявлення катіонів заліза(III) екстракційним методом:

- А. Тіоціанат амонію.\*
- В. Гексаціаноферрат(II) калію.
- Д. Гексаціаноферрат(III) калію.
- Д. Диетилдитіокарбамінат натрію.

Е. Дитизон.

29. Підберіть найбільш характерний реагент для виявлення катіонів кадмію екстракційним методом:

- А. Дитизон.\*
- В. 8-оксихінолін.
- С. Гексаціаноферрат(II) калію.
- Д. Реактив Іллінського.
- Е. Родамін Б.

30. Підберіть найбільш характерний реагент для виявлення катіонів кобальту екстракційним методом:

- А. Реактив Іллінського.\*
- В. 8-оксихінолін.
- С. Хлороводнева кислота (конц.).
- Д. Сірководень.
- Е. Дитизон.

31. Підберіть найбільш характерний реагент для виявлення катіонів стибію(V) екстракційним методом:

- А. Родамін Б.\*
- В. Реактив Іллінського.
- С. Дитизон.
- Д. Сірководень.
- Е. 8-оксихінолін.

32. Підберіть найбільш характерний реагент для виявлення катіонів ртуті(II) екстракційним методом:

- А. Дифенілкарбазон.\*
- В. Тіоціанат амонію.
- С. Диетилдитіокарбамінат натрію.
- Д. 8-оксихінолін.
- Е. Дитизон.

33. Підберіть найбільш характерний реагент для виявлення катіонів заліза(III) екстракційним методом:

- А. Хлороводнева кислота (конц.).\*
- В. Гексаціаноферрат(II) калію.
- С. Реактив Іллінського.
- Д. Дитизон.
- Е. Алізарин.

34. Які катіони з розчином аміаку спочатку утворюють блакитний осад, а потім з надлишком реагенту – інтенсивно синій розчин:

- A. Міді.\*
- B. Кобальту.
- C. Нікелю.
- D. Хрому(III).
- E. Заліза(III).

35. При додаванні аміачного буферного розчину і розчину гідрофосфату натрію до аналізованого розчину утворився білий осад. Це свідчить про присутність катіонів:

- A. Магнію.\*
- B. Алюмінію.
- C. Миш'яку(III)
- D. Хрому(III)
- E. Калію.

36. До розчину, що містить катіони VI аналітичної групи додали розчин йодиду калію. Утворився червоний осад, розчинний у надлишку реагенту. Які катіони присутні в розчині:

- A. Ртуті(II).\*
- B. Нікелю.
- C. Кобальту.
- D. Кадмію.
- E. Міді.

37. Катіони міді можна визначити за допомогою надлишку реагенту:

- A. 6 M розчину аміаку.\*
- B. 6 M розчину сірчаної кислоти.
- C. 2 M розчину хлороводневої кислоти.
- D. 2 M розчину карбонату амонію.
- E. 12%-й розчин карбонату амонію.

38. У якісному аналізі при певних умовах специфічним реактивом на катіони заліза(III) є гексаціаноферрат(II) калію. Якого кольору утворюється осад:

- A. Синього.\*
- B. Бурого.
- C. Зеленого.
- D. Рожевого.
- E. Чорного.

39. У якісному аналізі при дії надлишку групового реагенту конц. розчину аміаку на катіони VI аналітичної групи утворюються:

- A. Аміакатні комплекси цих металів.\*
- B. Гідроксиди цих металів.
- C. Лужні солі цих металів.
- D. Оксиди цих металів.
- E. Гідроксидні комплекси цих металів.

40. Як називається прийом зв'язування іонів (як визначуваних, так і сторонніх):

- A. Аналітичним маскуванням.\*
- B. Аналітичним вилученням.
- C. Аналітичним концентруванням.
- D. Аналітичним розділенням.
- E. Аналітичним осадженням.

41. Окислення катіонів марганцю(II) до перманганат-іонів проводять в азотнокислому середовищі при нагріванні у присутності каталізатора нітрату срібла діючи реагентом:

- A. Насиченим розчином персульфата амонію.\*
- B. 12% розчин карбонату амонію.
- C. Насиченим розчином ацетату амонію.
- D. Насиченим розчином тіоціанату амонію.
- E. Насиченим розчином сульфід амонію.

42. Для виявлення катіонів кобальту з тіоціанатом амонію утворюється комплексна сполука, яку вилучають в шар органічного розчинника, який являє собою:

- A. Ізоаміловий спирт з ефіром.\*
- B. Хлороформ.
- C. Бензол.
- D. Нітробензол.
- E. Ізоаміловий спирт.

43. Зовнішнім ефектом реакції катіонів кобальту з реактивом Іллінського є:

- A. Пурпурно-червоний осад.\*
- B. Карміново-червоний розчин.
- C. Зелений осад.
- D. Блакитний розчин.
- E. Червоне забарвлення хлороформного шару.

44. Катіони заліза(III) реагують у водних розчинах з сульфосаліциловою кислотою з утворенням забарвлених комплексів. При рН = 2-3 домінують комплекси:

- A. Червоного кольору.\*
- B. Жовтого кольору.
- C. Зеленого кольору.
- D. Синього кольору.
- E. Блакитного кольору.

45. Катіони заліза(III) реагують у водних розчинах з сульфосаліциловою кислотою з утворенням забарвлених комплексів. При рН = 9-11 домінують комплекси:

- A. Жовтого кольору.\*
- B. Червоного кольору.
- C. Зеленого кольору.
- D. Синього кольору.
- E. Блакитного кольору.

46. Катіони вісмуту при взаємодії з тіомочевиною в кислому середовищі утворюють розчинний комплекс:

- A. Жовтого кольору.\*
- B. Червоного кольору.
- C. Синього кольору.
- D. Зеленого кольору.
- E. Рожевого кольору.

47. При реакції катіонів кобальту з надлишком аміаку утворюються гексаамінкобальт (II) -катіони. Якого забарвлення набуває розчин:

- A. Жовтого.\*
- B. Червоного.
- C. Блакитного.
- D. Фіолетового.
- E. Інтенсивно-синього.

48. Які катіони знаходяться в пробі, якщо при дії родаміну Б утворюється синій або фіолетово-рожевий осад:

- A. Стибій(V).\*
- B. Стибій(III).
- C. Олово(IV).
- D. Вісмут.
- E. Миш'як(V).

49. Реактив Чугаєва, який використовують для виявлення деяких катіонів, являє собою:

- A. Діацетилдіоксим.\*
- B.  $\alpha$ -нітрозо- $\beta$ -нафтол.
- C. Діетилдитіокарбамінат натрію.
- D. Дифенілкарбазон.
- E. Дитизон.

50. Реакцію виявлення катіона магнію з 8-оксихіноліном слід проводити в середовищі:

- A. Аміачного буфера.\*
- B. Ацетатного буфера.
- C. Форміатного буфера.
- D. 2 М розчину гідроксиду калію.
- E. 2 М розчину хлороводневої кислоти.

51. При дії персульфата амонію при нагріванні в присутності каталізатора нітрату срібла на розчин, що містить катіони марганцю, з'являється:

- A. Малинове забарвлення.\*
- B. Синє забарвлення.
- C. Білий осад.
- D. Тілесний осад.
- E. Червоне забарвлення.

52. Які катіони містить розчин, якщо при дії гідроксиду натрію спостерігається випадіння світло-зеленого осаду:

- A. Заліза(II).\*
- B. Заліза(III).
- C. Марганцю.
- D. Магнію.
- E. Ртуті(II).

53. Які катіони містить розчин, якщо при дії гідроксиду натрію спостерігається випадіння забарвленого осаду, що буріє на повітрі внаслідок окиснення киснем повітря:

- A. Заліза(II).\*
- B. Заліза(III).
- C. Марганцю.
- D. Магнію.
- E. Ртуті(II).



54. Які катіони містить розчин, якщо при дії гідроксиду натрію спостерігається випадіння білого осаду, що буріє на повітрі внаслідок окиснення киснем повітря:

- A. Марганцю.\*
- B. Заліза(II).
- C. Заліза(III).
- D. Магнію.
- E. Ртуті(II).

55. При відновленні катіонів міді до елементарної міді на металевій пластинці (залізо або цинк) утворюється:

- A. Червонувата пляма.\*
- B. Дзеркальний наліт.
- C. Чорний наліт.
- D. Сіра пляма.
- E. Зеленувата пляма.

56. За кислотно-основною класифікацією до катіонів V аналітичної групи відносяться:

- A.  $Mg^{2+}$ ,  $Mn^{2+}$ ,  $Fe^{2+}$ ,  $Fe^{3+}$ ,  $Bi^{3+}$ ,  $Sb^{III}$ ,  $Sb^{V}$  \*
- B.  $Mg^{2+}$ ,  $Mn^{2+}$ ,  $Fe^{2+}$ ,  $Fe^{3+}$ ,  $Bi^{3+}$ ,  $Sn^{2+}$ ,  $Sn^{IV}$
- C.  $Hg^{2+}$ ,  $Mn^{2+}$ ,  $Fe^{2+}$ ,  $Fe^{3+}$ ,  $Bi^{3+}$ ,  $Sb^{III}$ ,  $Sb^{V}$
- D.  $Mg^{2+}$ ,  $Mn^{2+}$ ,  $Fe^{2+}$ ,  $Fe^{3+}$ ,  $Al^{3+}$ ,  $Sb^{III}$ ,  $Sb^{V}$
- E.  $Mg^{2+}$ ,  $Zn^{2+}$ ,  $Fe^{2+}$ ,  $Fe^{3+}$ ,  $Bi^{3+}$ ,  $Sb^{III}$ ,  $Sb^{V}$

57. За кислотно-основною класифікацією до катіонів VI аналітичної групи відносяться:

- A.  $Cu^{2+}$ ,  $Cd^{2+}$ ,  $Co^{2+}$ ,  $Ni^{2+}$ ,  $Hg^{2+}$  \*
- B.  $Cu^{2+}$ ,  $Cd^{2+}$ ,  $Co^{2+}$ ,  $Ni^{2+}$ ,  $Hg_2^{2+}$
- C.  $Cu^{2+}$ ,  $Cd^{2+}$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Ni^{2+}$ ,  $Hg^{2+}$
- D.  $Cu^{2+}$ ,  $Cd^{2+}$ ,  $Co^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Hg^{2+}$
- E.  $Cu^{2+}$ ,  $Cd^{2+}$ ,  $Co^{2+}$ ,  $Ni^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$

58. Груповим реагентом на катіони V аналітичної групи за кислотно-основною класифікацією є:

- A. 25 % водний розчин аміаку.\*
- B. 2 M розчин хлороводневої кислоти.
- C. 0,2 M розчин гідроксиду натрію.
- D. Надлишок 2 M розчину NaOH в присутності  $H_2O_2$ .
- E. 2 M розчин сірчаної кислоти.

59. Груповим реагентом на катіони VI аналітичної групи за кислотно-основною класифікацією є:

- A. 25 % водний розчин аміаку.\*
- B. 2 М розчин хлороводневої кислоти.
- C. 0,2 М розчин гідроксиду натрію.
- D. Надлишок 2 М розчину NaOH в присутності  $H_2O_2$ .
- E. 2 М розчин сірчаної кислоти.

60. При дії групового реагенту катіони V аналітичної групи осаджуються у вигляді:

- A.  $Mg(OH)_2$ ,  $Mn(OH)_2$ ,  $Fe(OH)_2$ ,  $Fe(OH)_3$ ,  $Sb(OH)_3$ ,  $SbO(OH)_3$ ,  $Bi(OH)_3$ \*
- B.  $Mg(OH)_2$ ,  $MnO(OH)_2$ ,  $Fe(OH)_2$ ,  $Fe(OH)_3$ ,  $Sb(OH)_3$ ,  $SbO(OH)_3$ ,  $Bi(OH)_3$
- C.  $Mg(OH)_2$ ,  $Mn(OH)_2$ ,  $Fe(OH)_2$ ,  $Fe(OH)_3$ ,  $SbO(OH)_3$ ,  $Bi(OH)_3$
- D.  $Mg(OH)_2$ ,  $Mn(OH)_2$ ,  $Fe(OH)_3$ ,  $SbO(OH)_3$ ,  $Bi(OH)_3$
- E.  $Mg(OH)_2$ ,  $Mn(OH)_2$ ,  $Fe(OH)_3$ ,  $SbO(OH)_3$ ,  $Bi(OH)_3$

61. При реакції катіонів кобальту з надлишком аміаку утворюються гексаамінкобальт(II)-катіони жовтого кольору, які окислюються до гексаамінкобальт(III)-катіонів. Якого забарвлення набуває розчин:

- A. Вишневого.\*
- B. Червоного.
- C. Блакитного.
- D. Фіолетового.
- E. Інтенсивно-синього.

62. Катіони вісмуту з розчином йодиду калію утворюють чорний осад, який розчиняється в:

- A. Надлишку реагенту.\*
- B. Розчині гідроксиду натрію.
- C. Розчині карбонату амонію.
- D. Розчині сульфідів натрію.
- E. Розчині аміаку.

63. Катіони вісмуту з розчином йодиду калію утворюють чорний осад, розчинний у надлишку реактиву з утворенням розчину:

- A. Помаранчевого кольору.\*
- B. Червоного кольору.
- C. Жовтого кольору.
- D. Брудно-зеленого кольору.
- E. Чорного кольору.

64. Які катіони містить розчин, якщо при додаванні розчину аміаку спочатку випадає осад блакитного кольору, який розчиняється у розчині аміаку з утворенням яскраво-синього розчину:

- A. Міді.\*
- B. Нікелю.
- C. Кобальту.
- D. Хрому(III).
- E. Заліза(III).

65. Які катіони містить розчин, якщо при додаванні розчину аміаку спочатку випадає осад синього кольору, який розчиняється у розчині аміаку з утворенням жовтого розчину:

- A. Кобальту.\*
- B. Міді.
- C. Нікелю.
- D. Хрому(III).
- E. Заліза (III).

66. Які катіони містить розчин, якщо при додаванні розчину аміаку спочатку випадає осад світло-зеленого кольору, який розчиняється у розчині аміаку з утворенням бузково-фіолетового розчину:

- A. Нікелю.\*
- B. Міді.
- C. Кобальту.
- D. Хрому(III).
- E. Заліза (III).

67. Реакцію виявлення катіонів нікелю з диметилглюксимом проводять у середовищі:

- A. Аміаку.\*
- B. Гідроксиді натрію.
- C. Хлороводневої кислоти.
- D. Карбонату амонію.
- E. Ацетату амонію.

68. Характерною реакцією виявлення катіонів ртуті(II) є реакція з йодидом калію. При проведенні реакції спостерігають:

- A. Ярко-червоний осад.\*
- B. Ярко-червоний розчин.
- C. Брудно-зелений осад.
- D. Чорний осад.
- E. Помаранчевий розчин.

69. При виявленні катіонів міді за реакцією з ДДТК (диетилдитіокарбамінатом натрію) спостерігають випадіння осаду:

- А. Червоно-бурого кольору.\*
- В. Помаранчевого кольору.
- С. Коричневого осаду.
- Д. Тілесного кольору.
- Е. Фіолетового кольору.

#### Література

1. Аналітична хімія: навч. посіб. для фармац. вузів та ф-тів III-IV рівня акредитації / В. В. Болотов, О. М. Свечнікова, С. В. Колісник, Т. В. Жукова та ін. – Х.: Вид-во НФаУ; Оригінал, 2004. – 480 с.

2. Аналітична хімія : Якісний та кількісний аналіз; навчальний конспект лекцій / В. В. Болотов, О. М. Свечнікова, М. Ю. Голік, К. В. Динник, Т. В. Жукова, М. А. Зареченський, О. Г. Кизим, С. В. Колісник, Т. А. Костіна, О. Є. Микитенко, В. П. Мороз, І. Ю. Петухова, Ю. В. Сич, Л. Ю. Клименко; за загальною редакцією проф. Болотова В. В. – Вінниця : Нова книга, 2011. – 424 с.

3. Аналітична хімія : навч. довідк. посіб. для студ. вищ. навч. закл. / В. В. Болотов, О. А. Євтіфєєва, Т. В. Жукова, Л. Ю. Клименко, О. Є. Микитенко, В. П. Мороз, І. Ю. Петухова; за заг. ред. В. В. Болотова. – Х.: НФаУ, 2014. – 320 с.

4. Алексеев В. Н. Курс качественного химического полу-микроанализа. – М.: Химия, 1973. – С. 272-293, 329-337, 344-340, 409-419, 424-428.

5. Лурье Ю. Ю., Справочник по аналитической химии. – 6-е изд. – М.: Химия, 1989. – 448 с.

6. Основы аналитической химии. В 2 кн. Кн.1. Общие вопросы. Методы разделения: Учеб. Для вузов / Ю. А. Золотова, Е. Н. Дорохова, В. И. Фадеева и др. / Под ред. Ю. А. Золотова. – М.: Высш. шк., 1999. – С.138-177.

7. Основы аналитической химии. Практическое руководство: Учеб. пособие для вузов / В. И. Фадеева, Т. Н. Шеховцова, В. М. Иванов и др. / Под ред. Ю. А. Золотова. – М.: Высш. шк., 2001. – С. 54-72.

8. Пономарев В. Д. Аналитическая химия. Ч. 1. – М.: Высшая школа, 1982. – С. 30-35, 63-85, 209-211, 216-219, 222-229, 232-240, 245-247.

9. Харитонов Ю. Я. Аналитическая химия (аналитика). В 2 кн. Кн. 1. Общие теоретические основы. Качественный анализ. – М.: Высшая школа, 2001. – С. 179-232, 384-417.

#### 6. ЛАБОРАТОРНА РОБОТА

##### Загальні реакції катіонів V і VI аналітичних груп

### **1. З гідроксидом натрію (еквівалентна і надлишкова кількість)**

*Виконання реакції.* У три пробірки поміщають по 3-4 краплі досліджуваного катіона і додають по 1-2 краплі розчину NaOH. Спостерігають випадіння осадів і вивчають їх розчинність у HCl, NaOH та NH<sub>3</sub>.

### **2. З розчином аміаку (еквівалентна і надлишкова кількість)**

*Виконання реакції.* У пробірку поміщають 3-4 краплі досліджуваного катіона і додають 1-2 краплі 2 М розчину NH<sub>3</sub>. Вивчають дію концентрованого розчину аміаку на отримані осад.

### **2. З сульфідом натрію**

*Виконання реакції.* У три пробірки поміщають по 3-4 краплі досліджуваного катіона і додають по 1-2 краплі розчину Na<sub>2</sub>S або H<sub>2</sub>S. Випробовують розчинність осадів в HCl, HNO<sub>3</sub>, надлишку Na<sub>2</sub>S.

## **Характерні реакції катіонів V і VI аналітичних груп**

### **Реакції Mg<sup>2+</sup>-іонів**

#### **1. Реакція з гідрофосфатом натрію**

*Виконання реакції.* У три пробірки поміщають по 2-3 краплі розчину Mg<sup>2+</sup>-іонів, додають по 1-2 краплі розчинів NH<sub>4</sub>Cl, NH<sub>3</sub> та Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>.

Випробовують розчинність осадів в HCl, CH<sub>3</sub>COOH, NaOH.

#### **2. Реакція з 8-оксихіноліном**

*Виконання реакції.* У три пробірки поміщають по 2-3 краплі розчину Mg<sup>2+</sup>-іонів, 2 краплі розчину аміаку і 3-5 крапель розчину хлориду амонію до розчинення осаду Mg(OH)<sub>2</sub>, який утворився під дією аміаку. Потім додають 2-3 краплі розчину 8-оксихіноліну. Фіксують колір осаду.

### **Реакції Mn<sup>2+</sup>-іонів**

#### **1. Реакція окиснення Mn<sup>2+</sup>-іонів персульфатом амонію**

*Виконання реакції.* У пробірку поміщають 10 крапель насиченого розчину або кілька кристалів (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>8</sub>, додають 2 мл 2 М розчину азотної кислоти і 2-3 краплі розчину нітрату срібла в якості каталізатора. Суміш нагрівають до 70-80°C, вносять сліди розчину Mn<sup>2+</sup>-іонів і спостерігають утворення перманганат-іона (MnO<sub>4</sub><sup>-</sup>).

### **Реакції Fe<sup>2+</sup>-іонів**

#### **1. Реакція з гексаціаноферратом(III) калію**

*Виконання реакції* У дві пробірки вміщують по 2-3 краплі розчину  $\text{Fe}^{2+}$ -іонів, додають 1-2 краплі 2 М розчину хлороводневої кислоти і 2 краплі розчину  $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ .

Випробовують розчинність осадів в  $\text{HCl}$  та  $\text{NaOH}$ .

## **2. Реакція з диметилгліоксимом (диацетилдиоксимом)**

*Виконання реакції.* У пробірку поміщають 3-4 краплі розчину  $\text{Fe}^{2+}$ -іонів, додають 5-6 крапель розчину аміаку і 2-3 краплі розчину диметилгліоксиму. Відмічають колір осаду.

## **Реакції $\text{Fe}^{3+}$ -іонів**

### **1. Реакція з гексаціаноферратом(II) калію**

*Виконання реакції.* У пробірку поміщають 2-3 краплі розчину  $\text{Fe}^{3+}$ -іонів, додають 1-2 краплі 2 М розчину хлороводневої кислоти, 2 краплі розчину  $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ . Відмічають колір осаду.

### **2. Реакція з тіоціанатом амонію**

*Виконання реакції.* У пробірку поміщають 3-4 краплі розчину  $\text{Fe}^{3+}$ -іонів і додають 2-3 краплі розчину тіоціанат амонію. Відмічають зовнішній ефект реакції.

### **3. Реакція з сульфосаліциловою кислотою**

*Виконання реакції.* У дві пробірки вносять по 3-4 краплі розчину  $\text{Fe}^{3+}$  -іонів, додають по 3-4 краплі розчину сульфосаліцилової кислоти. Фіксують колір розчину. Потім в одну пробірку додають 2-3 краплі розчину хлороводо-рідний кислоти, а в іншу – 5 крапель концентрованого розчину аміаку. Відмічають зміни.

## **Реакції стибію(III) і стибію(V)**

### **1. Гідроліз солей $\text{Sb(III)}$ і $\text{Sb(V)}$**

*Виконання реакції.* У три пробірки поміщають по 3-4 краплі розчину солі стибію(III) або стибію(V), додають по 1-2 краплі розчину хлориду натрію і по 5-7 мл води. Спостерігають утворення осадів.

Вивчають відношення осадів до дії  $\text{NaOH}$ ,  $\text{HCl}$  та розчину винної кислоти.

### **2. Реакція з родаміном Б**

*Виконання реакції.* У пробірку поміщають 3-4 краплі розчину солі стибію(III) або стибію(V), додають 2-3 краплі концентрованої хлороводневої кислоти, 2-3 краплі розчину нітриту натрію, 1 мл дистильованої води, 3-4 краплі розчину родаміну Б і 5-6 крапель бензолу. Струшують суміш і фіксують забарвлення бензольного шару.

### **3. Реакція відновлення металевим залізом**

*Виконання реакції.* У пробірку поміщають 10 крапель розчину солі стибію (III) або стибію (V), стільки ж крапель концентрованої хлороводневої кислоти, трохи залісної тирси і нагрівають. Спостерігають виділення елементного стибію.

#### **Реакції $\text{Bi}^{3+}$ -іонів**

##### **1. Реакція гідролізу**

*Виконання реакції.* У три пробірки поміщають по 3-4 краплі розчину  $\text{Bi}^{3+}$ -іонів, додають по 1-2 краплі розчину хлориду натрію і по 5-7 мл води. Спостерігають утворення осадів.

Вивчають відношення осадів до дії NaOH, HCl та розчину винної кислоти.

##### **2. Реакція з йодидом калію**

*Виконання реакції.* У пробірку поміщають 3-4 краплі розчину  $\text{Bi}^{3+}$ -іонів, додають 1-2 краплі розчину йодиду калію і спостерігають випадіння осаду. До осаду додають надлишок розчину йодиду калію до його повного розчинення.

##### **3. Реакція відновлення хлоридом олова(II)**

*Виконання реакції.* У пробірку поміщають 3-4 краплі розчину  $\text{Sn}^{2+}$ -іонів, по краплях додають розчин гідроксиду натрію до повного розчинення осаду  $\text{Sn}(\text{OH})_2$  і 2-3 краплі розчину  $\text{Bi}^{3+}$ -іонів. Відмічають зовнішній ефект реакції.

#### **Реакції $\text{Cu}^{2+}$ -іонів**

##### **1. Реакція з гексаціаноферратом(II) калію**

*Виконання реакції.* У 2 пробірки поміщають по 3-4 краплі розчину  $\text{Cu}^{2+}$ -іонів, додають по 2-3 краплі розчину  $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ . Спостерігають утворення осаду і випробовують його розчинність в HCl і надлишку аміаку.

##### **2. Реакція з тіосульфатом натрію**

*Виконання реакції.* У пробірку поміщають 3-4 краплі розчину  $\text{Cu}^{2+}$ -іонів, додають 1-2 краплі розчину сірчаної кислоти і 2-3 кристалики твердого  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ . Вміст пробірки нагрівають до утворення чорного осаду.

Випробовують розчинність осаду в  $\text{HNO}_3$ .

##### **3. Реакція відновлення металевим залізом**

*Виконання реакції.* У пробірку поміщають 3-4 краплі розчину  $\text{Cu}^{2+}$ -іонів, додають 1 краплю сірчаної кислоти і трохи залісної тирси. Через кілька хвилин тирса покривається нальотом металевіої міді.

##### **4. Реакція з диетилдитіокарбамінатом натрію**

*Виконання реакції.* У пробірку поміщають 2-3 краплі розчину  $\text{Cu}^{2+}$ -іонів, додають 2-3 краплі диетилдитіокарбамінату натрію. Утворений осад екстрагується хлороформом.

#### **5. Реакція забарвлення полум'я**

*Виконання реакції.* Чистий прокалений ніхромовий дріт з петлею на кінці занурюють в концентровану хлороводневу кислоту, потім – в суху сіль міді, вносять дріт в безбарвне полум'я пальника і відмічають колір полум'я.

### **Реакції $\text{Hg}^{2+}$ -іонів**

#### **1. Реакція з йодидом калію**

*Виконання реакції.* У пробірку поміщають 3-4 краплі розчину  $\text{Hg}^{2+}$ -іонів і 1 краплю розчину йодиду калію. Вивчають дію на утворений осад надлишку розчину йодиду калію. Виявлення  $\text{Hg}^{2+}$ -іонів можна провести крапельним способом.

#### **2. Реакція відновлення хлоридом олова(II)**

*Виконання реакції.* У пробірку поміщають 2-3 краплі розчину  $\text{Hg}^{2+}$ -іонів і додають 3-4 краплі розчину  $\text{SnCl}_2$ . Спостерігають утворення осаду.

#### **3. Реакція з дифенілкарбазоном**

*Виконання реакції.* У пробірку поміщають 1 краплю розчину  $\text{Hg}^{2+}$ -іонів, 1 краплю розчину  $\text{HNO}_3$  і 1 краплю розчину дифенілкарбазону. Відмічають зовнішній ефект реакції. Реакція може бути проведена крапельним способом.

#### **4. Реакція з тіосульфатом натрію**

*Виконання реакції.* У пробірку поміщають 3-4 краплі розчину  $\text{Hg}^{2+}$ -іонів, додають 1-2 краплі розчину  $\text{H}_2\text{SO}_4$  та 2-3 кристалика  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ . Вміст пробірки нагрівають до утворення чорного осаду. Випробовують розчинність осаду в  $\text{HNO}_3$ .

### **Реакції $\text{Co}^{2+}$ -іонів**

#### **1. Реакція з тіоціанатом амонію**

*Виконання реакції.* У пробірку поміщають 3-4 краплі розчину  $\text{Co}^{2+}$ -іонів, додають 0,5 мл суміші амілового спирту з ефіром і 3-5 крапель насиченого розчину  $\text{NH}_4\text{SCN}$ . Вміст пробірки струшують і спостерігають забарвлення спирто-ефірного шару.

#### **2. Реакція з $\alpha$ -нітросо- $\beta$ -нафтолом**

*Виконання реакції.* У пробірку поміщають 2-3 краплі розчину  $\text{Co}^{2+}$ -іонів, додають 1-2 краплі розчину  $\text{CH}_3\text{COOH}$  і 2-3 краплі 1% розчину  $\alpha$ -нітросо- $\beta$ -нафтолу (реактиву Іллінського). При обережному нагріванні спостерігають випадіння осаду, відмічають його колір.



### **Реакції Ni<sup>2+</sup>-іонів**

#### **1. Реакція з диметилгліоксимом (диацетилдиоксимом)**

*Виконання реакції.* У пробірку поміщають 3-4 краплі Ni<sup>2+</sup>-іонів, додають 3-4 краплі концентрованого розчину NH<sub>3</sub> і 1-2 краплі 1%-ного спиртового розчину диметилгліоксиму. Відмічають колір осаду.

### **Реакції Cd<sup>2+</sup>-іонів**

#### **1. Реакція із сірководнем або сульфідами**

*Виконання реакції.* У пробірку поміщають 3-4 краплі розчину Cd<sup>2+</sup>-іонів, 2 краплі розчину HCl і 3-4 краплі H<sub>2</sub>S. Відмічають колір осаду.

#### **2. Реакція з дитизоном**

*Виконання реакції.* У пробірку поміщають 3-4 краплі розчину Cd<sup>2+</sup>-іонів, додають 0,5 мл розчину дитизона в CCl<sub>4</sub> і вміст пробірки струшують. Відмічають зовнішній ефект реакції.

## Заняття № 6

**1. ТЕМА:** Підсумкове заняття з теорії та практики аналізу катіонів IV-VI аналітичних груп

**2. МЕТА:** Сформувати системні знання з теоретичних основ і практики аналізу катіонів IV-VI аналітичних груп, перевірити засвоєння студентами пройденого матеріалу і вміння застосовувати його в аналізі катіонів, а також для вирішення розрахункових завдань

### 3. ЦІЛЬОВІ ЗАДАЧІ

3.1. Перевірити і закріпити знання з теоретичних основ протеолітичних рівноваг і вміння застосовувати їх в якісному аналізі; знання з теоретичних основ реакцій комплексоутворення, в тому числі з органічними реагентами; вміння давати теоретичні обґрунтування і складати схеми поділу і виявлення катіонів в сумішах, що містять катіони IV-VI аналітичних груп; вміння вирішувати завдання з розрахунку рН в кислотно-основних системах, константи і ступеня гідролізу, рівноваг в розчинах комплексних сполук.

3.2. Перевірити протоколи лабораторних робіт і проаналізувати правильність ходу аналізу суміші катіонів IV-VI аналітичних груп.

### 4. ПЛАН І ОРГАНІЗАЦІЙНА СТРУКТУРА ЗАНЯТТЯ

- 4.1. Організаційний момент .....5 хв
- 4.2. Письмовий контроль рівня знань .....30 хв
- 4.4. Індивідуальна бесіда .....80 хв
- 4.5. Тестовий контроль.....40 хв
- 4.6. Перевірка протоколів.....20 хв
- 4.8. Заключне слово викладача, вказівки до наступного заняття..5 хв

### 5. ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОПІДГОТОВКИ СТУДЕНТІВ

5.1. Повторити теоретичний матеріал занять № 5-6 з аналітичної хімії.

5.2. Повторити характерні реакції і аналіз суміші катіонів V-VI аналітичних груп.

5.3. Закріпити вміння щодо вирішення типових завдань, наведених у методичних вказівках № 5-6.

5.4. Закріпити і систематизувати програмний матеріал з основ аналізу катіонів IV-VI аналітичних груп відповідно до запропонованих питань, опрацювати тестові завдання.

## Питання з вивченого розділу якісного аналізу

### *I. Протолітичні рівноваги в аналітичній хімії*

1. Протолітична теорія кислот і основ, типи протолітів.
2. Застосування закону діючих мас щодо кислотно-основних рівноваг і їх роль в аналітичній хімії.
3. Протолітична рівновага у воді. Характеристики слабких електролітів, сила кислот і основ, константи кислотності і основності,  $pK_a$  і  $pK_b$ .
4. Розрахунок pH і pOH у водних розчинах кислот, основ, амфолітов. Гідроліз солей, розрахунок константи і ступеня гідролізу для гідролізуючих солей. Використання явища амфотерності і гідролізу в аналізі катіонів IV-VI аналітичних груп.
5. Протолітична рівновага в буферних системах і в розчинах амфолітів.
6. Протолітична рівновага в неводних розчинниках, константа автопротолізу (сольволізу) і ступінь сольволізу.

### *II. Реакції комплексоутворення в аналітичній хімії*

1. Комплексні сполуки, їх склад, будова, типи зв'язків. Катіони яких металів здатні до утворення комплексних сполук? Фактори, що впливають на комплексоутворення.
2. Класифікація комплексних сполук - по зарядності, по числу і типу лігандів.
3. Застосування закону діючих мас до реакцій комплексоутворення. Константа утворення і константа нестійкості комплексних сполук, як вони характеризують міцність комплексного іона і який зв'язок між ними. В яких випадках відбувається руйнування комплексних іонів?
4. Значення комплексних сполук в аналітичній хімії. Приклади використання реакцій комплексоутворення в аналізі катіонів IV-VI аналітичних груп для розділення, маскуваня і виявлення катіонів. Умова розчинення осадів при додаванні комплексоутворюючих реагентів.
5. Органічні реагенти в аналітичній хімії: для яких цілей застосовуються, якого типу сполуки утворюють з катіонами металів, які функціонально-активні групи (ФАГ) і аналітико-активні групи (ААГ) повинні мати? Дентатність лігандів, хелатний ефект. Будова внутрішньокмплесних сполук.
6. Запишіть структуру наступних реагентів і їх сполук з катіонами металів: 8-оксихінолін (Оксин), дифенілкар-базон, дифенілтіокарбазон (дитизон), диацетилдіоксим (диметилглюксим, реактив Чугаєва), 1-нітрозо-

2-нафтол (реактив Іллінського), диетилдитіокарбамінат натрію. Для яких цілей і за яких умов використовують в аналізі названі реагенти?

### ***III. Хіміко-аналітичні властивості сполук катіонів IV-VI аналітичних груп та їх аналіз***

1. Загальна характеристика катіонів IV, V і VI аналітичних груп за кислотно-основною класифікацією.

2. Дія загальних реагентів: лугів, розчину аміаку, сірководню або сульфідів. Використання цих реакцій в аналізі. Групові реагенти і умови розділення катіонів.

3. Реакції виявлення катіонів IV-VI аналітичних груп, умови їх виконання.

4. Дробний і систематичний хід аналізу катіонів IV-VI аналітичних груп.

### **Література**

1. Алексеев В. Н. Курс качественного химического полу-микроанализа. – М.: Химия, 1973. – С. 98-121, 228-293, 316-349, 401-432.

2. Лурье Ю. Ю., Справочник по аналитической химии. – 6-е изд. – М.: Химия, 1989. – 448 с.

3. Основы аналитической химии. В 2 кн. Кн. 1. Общие вопросы. Методы разделения: Учеб. Для вузов / Ю. А. Золотов, Е. Н. Дорохова, В. И. Фадеева и др. / Под ред. Ю. А. Золотова. – М.: Высш. шк., 1999. – С.117-177.

4. Основы аналитической химии. Практическое руководство: Учеб. пособие для вузов / В. И. Фадеева, Т. Н. Шеховцова, В. М. Иванов и др. / Под ред. Ю.А. Золотова. – М.: Высш. шк., 2001. – С. 36-45, 47-49, 54-72.

5. Пономарев В. Д. Аналитическая химия. Ч. 1. – М: Высшая школа, 1982. – С. 37-85, 27-35, 189-193, 216-249.

6. Харитонов Ю. Я. Аналитическая химия (аналитика). В 2 кн. Кн. 1. Общие теоретические основы. Качественный анализ. – М.: Высшая школа, 2001. – С. 110-145, 179-232, 372-417.

## ОКИСНО-ВІДНОВНІ РІВНОВАГИ В АНАЛІТИЧНІЙ ХІМІЇ

### Окисно-відновні системи

**Окисно-відновними, або редокс-реакціями, називаються реакції, в яких відбувається перехід (перерозподіл) електронів між реагуючими частками (атоми, молекули, іони).**

Частку, яка приєднує електрон, називають *окисником*, а яка віддає – *відновником*.

У будь-якій окисно-відновній реакції приймають участь, принаймні, дві редокс-пари.

### Окисно-відновні (ОВ) потенціали

Кількісною мірою окисно-відновної здатності різних редокс-пар є електродний або **окисно-відновний потенціал (E)**.

Залежність окисно-відновного потенціала від концентрації та температури можна визначити з рівняння Нернста:

$$E_{p\text{Ox/Red}} = E_{\text{Ox/Red}}^0 + \frac{RT}{Fn} \cdot \ln \frac{a_{\text{Ox}}}{a_{\text{Red}}}, \text{ де}$$

$E_{p\text{Ox/Red}}$  – реальний ОВ потенціал даної редокс-пари, В;

$E_{\text{Ox/Red}}^0$  – стандартний ОВ потенціал даної редокс-пари, В;

R – універсальна газова стала (8,314 Дж/К·моль);

T – абсолютна температура, при якій перебігає реакція, К;

F – число Фарадея (96500 Кл);

n – число електронів, що приймають участь у напівреакції;

$a_{\text{Ox}}$  и  $a_{\text{Red}}$  – активності відповідно окисленої та відновленої форм даної редокс-пари.

Якщо обидві форми речовини знаходяться в стандартному стані ( $a_{\text{Ox}} \approx a_{\text{Red}} \approx 1$  моль/л), тоді  $E_{p\text{Ox/Red}} = E_{\text{Ox/Red}}^0$ .

### Напрямок перебігу окисно-відновних реакцій

Напрямок та повнота перебігу окисно-відновної реакції залежить від *ЕРС* та *константи рівноваги* реакції.

**Електрорушійна сила (ЕРС)** реакції – це величина, що дорівнює різниці окисно-відновних потенціалів редокс-пар.

За стандартних умов:  $E_{\text{РС}} = E_{\text{Ox}}^0 - E_{\text{Red}}^0$ ;

За реальних умов:  $E_{\text{РС}} = E_{p\text{Ox}} - E_{p\text{Red}}$ .

Напрямок та повноту перебігу окисно-відновної реакції можна оцінити також, розрахувавши її **константу рівноваги**. Константа рівноваги розраховується за формулою:

$$K_p = 10^{\frac{(E_{\text{Ox}}^0 - E_{\text{Red}}^0) \cdot n_1 \cdot n_2}{0,059}}, \text{ де}$$

$E_{\text{Ox}}^0$  і  $E_{\text{Red}}^0$  – стандартні ОВ потенціали редокс-пар (окисника та відновника), які приймають участь у реакції, В;

$n_1$  і  $n_2$  – число електронів, що перерозподіляються окисником та відновником відповідно.

## АНІОНИ

### Аналітична класифікація аніонів

В аналітичній класифікації аніонів, яка базується на утворенні малорозчинних солей барію та срібла, аніони поділяють на три групи.

Група	Аніони	Груповий реагент
I	$\text{SO}_4^{2-}$ , $\text{SO}_3^{2-}$ , $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ , $\text{PO}_4^{3-}$ , $\text{B}_4\text{O}_7^{2-}$ , $\text{CO}_3^{2-}$ , $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ , $\text{AsO}_3^{3-}$ , $\text{AsO}_4^{3-}$ , $\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6^{2-}$ , $\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7^{3-}$ , $\text{CrO}_4^{2-}$ , $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ тощо	розчин $\text{BaCl}_2$ у нейтральному або слабко-лужному середовищі
II	$\text{Cl}^-$ , $\text{Br}^-$ , $\text{I}^-$ , $\text{S}^{2-}$ , $\text{SCN}^-$ , $\text{C}_6\text{H}_5\text{COO}^-$ тощо	розчин $\text{AgNO}_3$ у 2 М $\text{HNO}_3$
III	$\text{NO}_3^-$ , $\text{NO}_2^-$ , $\text{BrO}_3^-$ , $\text{CH}_3\text{COO}^-$ , $\text{C}_6\text{H}_4\text{OHCOO}^-$ , $\text{MnO}_4^-$ тощо	немає

В аналітичній класифікації аніонів, яка базується на їх окисно-відновних властивостях, виділяють три групи аніонів.

Група	Аніони	Груповий реагент
Окисники	$\text{BrO}_3^-$ , $\text{AsO}_4^{3-}$ , $^*\text{NO}_2^-$ , $\text{NO}_3^-$ , $\text{MnO}_4^-$ , $\text{CrO}_4^{2-}$ , $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$	розчин $\text{KI}$ у сірчанокиислому середовищі
Відновники	$\text{S}^{2-}$ , $\text{SO}_3^{2-}$ , $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ , $\text{AsO}_3^{3-}$	розчин $\text{I}_2$ у $\text{KI}$
	$\text{S}^{2-}$ , $\text{SO}_3^{2-}$ , $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ , $\text{AsO}_3^{3-}$ , $^*\text{NO}_2^-$ , $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ , $\text{Cl}^-$ , $\text{Br}^-$ , $\text{I}^-$ , $\text{SCN}^-$ , $\text{CN}^-$	розчин $\text{KMnO}_4$ у сірчанокиислому середовищі
Індиферентні	$\text{SO}_4^{2-}$ , $\text{CO}_3^{2-}$ , $\text{PO}_4^{3-}$ , $\text{B}_4\text{O}_7^{2-}$ , $\text{CH}_3\text{COO}^-$	немає

$^*\text{NO}_2^-$ -іони проявляють редокс-амфотерні властивості.

## Заняття № 7

**1. ТЕМА: Якісні реакції аніонів I-III аналітичних груп**

**2. МЕТА: Вивчити теоритичні основи застосування реакцій окислення-відновлення в якісному аналізі, хіміко-аналітичні властивості аніонів I-III аналітичних груп та придбати навички виконувати якісні реакції цих аніонів**

**3. ЦІЛЬОВІ ЗАДАЧІ**

3.1. Усвідомити теоритичні основи застосування реакцій окислення-відновлення в якісному аналізі.

3.2. Навчитися розраховувати редокс-потенціал, ЕРС, константу рівноваги окисно-відновних реакцій та на основі цих величин з'ясувати можливість перебігу та напрямок окисно-відновних реакцій.

3.3. Вивчити хіміко-аналітичні властивості аніонів та їх аналітичні класифікації.

3.4. Вивчити якісні реакції аніонів I-III аналітичних груп та умови їх проведення.

3.5. Навчитися виконувати якісні реакції з загальними реаген-тами та реакції виявлення окремих анаонів.

**4. ПЛАН І ОРГАНІЗАЦІЙНА СТРУКТУРА ЗАНЯТТЯ**

4.1. Організаційний момент..... 3 хв

4.2. Постановка мети і мотивація вивчення теми заняття.....7 хв

4.3. Корекція вихідного рівня знань-вмінь.....30 хв

4.4. Організація самостійної роботи студентів..... 5 хв

4.5. Лабораторна робота..... 120 хв

4.6. Підсумковий контроль: перевірка результатів лабораторної роботи і протоколі.....10 хв

4.7. Заключне слово викладача, вказівки до наступного заняття....5 хв

**5. ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОПІДГОТОВКИ СТУДЕНТІВ**

5.1. Повторити теоретичний матеріал з курсу загальної та неорганічної хімії: теорія реакцій окислення-відновлення, окисно-відновні властивості речовин; *p*-елементи: бор, вуглець, азот, фосфор, миш'як, кисень, сірка, хлор, бром, йод, їх положення в періодичній системі Д. І. Менделєєва, електронна будова; властивості кислот: сірчаної, сірчистої, сірководневої, фосфорної, борної, вугільної, миш'якової, миш'яквистої, хлороводневої, бромоводневої, йодо-водневої, азотної, азотистої.

Повторити теоретичний матеріал з курсу органічної хімії: карбонові кислоти – оцтова, винна, бензойна, саліцилова, щавлева, лимонна.

5.2. Вивчити програмний матеріал з даної теми згідно питанням, що наведені нижче.

### Питання для підготовки студентів

1. Сутність окисно-відновних реакцій. У чому полягає процес окислення та процес відновлення? Найважливіші окисники та відновники, які застосовують в аналізі, редокс-амфотерні сполуки.

2. Поняття електродного потенціала, природа його виникнення, розрахунок значення електродного потенціала (рівняння Нернста). Поняття редокс-пари.

3. Стандартний редокс-потенціал, реальний редокс-потенціал, формальний редокс-потенціал.

4. Як значення стандартного редокс-потенціала характеризує окисно-відновні властивості редокс-пар? Навести приклади сильних та слабких окисників та відновників, які застосовуються в аналізі.

5. Як урахуюють при складанні рівняння Нернста агрегатний стан однієї з форм редокс-пари та рН середовища?

6. Вплив різноманітних факторів на значення редокс-потенціала.

7. Електрорушійна сила (ЕРС) системи, константа рівноваги ( $K_p$ ) реакцій окислення-відновлення, формули їх розрахунків.

8. Можливість, напрямок та повнота перебігу реакцій окислення-відновлення.

9. Які умови потрібно створити, щоб реакція:  $AsO_2^- + I_2 + 2H_2O \leftrightarrow HAsO_4^{2-} + 2I^- + 3H^+$  перебігала в прямому напрямку? За яких умов її можна змістити в зворотньому напрямку?

10. Загальна характеристика аніонів та аналітичні класифікації аніонів за групами.

11. Чому пробу на аніони I аналітичної групи з  $BaCl_2$  виконують у нейтральному або слабо лужному середовищі, а на аніони II групи з  $AgNO_3$  – в азотнокислому?

12. Чи свідчить негативна проба з  $BaCl_2$  про відсутність всіх аніонів I групи?

13. Які заключення можна зробити на підставі розчинності барієвих солей аніонів I групи?

14. Які реакції, в якій послідовності та з яким зовнішнім ефектом перебігають при додаванні хлорної води краплями до підкисленого розчину, який містить  $I^-$  та  $Br^-$ -іони в присутності бензолу чи хлороформу? Чи можна цією реакцією виявити  $I^-$  та  $Br^-$ -іони у разі їх спільної присутності? Чому хлорну воду необхідно додавати краплями?

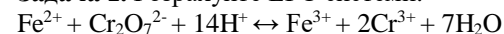
15. Які аніони та якими реакціями можна виявити в сухій пробі (твердому зразку)?



16. Якісні реакції виявлення аніонів I-III аналітичних груп та умови їх проведення (див. п. 6).

### 5.3. Розв'язати задачі

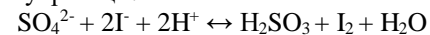
**Задача 1.** Розрахуйте ЕРС системи:



при  $\text{pH} = 0$ ,  $[\text{Fe}^{2+}] = 0,01$  моль/л;  $[\text{Fe}^{3+}] = 10^{-6}$  моль/л;  $[\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}] = 0,1$  моль/л;  $[\text{Cr}^{3+}] = 10^{-6}$  моль/л.

Відповідь: 0,903 В.

**Задача 2.** Розрахуйте значення  $K_p$ , оцініть напрямок та повноту перебігу реакції:



при  $\text{pH} = 1$ .

Відповідь:  $10^{-40}$ .

### Література:

1. Аналітична хімія: навч. посіб. для фармац. вузів та ф-тів III-IV рівня акредитації / В. В. Болотов, О. М. Свечнікова, С. В. Колісник, Т. В. Жукова та ін. – Х.: Вид-во НФаУ; Оригінал, 2004. – 480 с.

2. Аналітична хімія : Якісний та кількісний аналіз; навчальний конспект лекцій / В. В. Болотов, О. М. Свечнікова, М. Ю. Голік, К. В. Динник, Т. В. Жукова, М. А. Зареченський, О. Г. Кизим, С. В. Колісник, Т. А. Костіна, О. Є. Микитенко, В. П. Мороз, І. Ю. Петухова, Ю. В. Сич, Л. Ю. Клименко; за загальною редакцією проф. Болотова В. В. – Вінниця : Нова книга, 2011. – 424 с.

3. Аналітична хімія : навч. довідк. посіб. для студ. вищ. навч. закл. / В. В. Болотов, О. А. Євтіфєєва, Т. В. Жукова, Л. Ю. Клименко, О. Є. Микитенко, В. П. Мороз, І. Ю. Петухова; за заг. ред. В. В. Болотова. – Х.: НФаУ, 2014. – 320 с.

4. Алексеев В. Н. Качественный анализ. – М.: Химия, 1972. – С. 349-370, 463-522.

5. Лурье Ю. Ю. Справочник по аналитической химии. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Химия, 1979. – 480 с.

6. Основы аналитической химии. В 2 кн. Кн. 1. Общие вопросы. Методы разделения: Учеб. для вузов / Ю. А. Золотов, Е. Н. Дорохова, В. И. Фадеева и др. Под ред. Ю. А. Золотова. – М.: Высшая школа, 2002. – С. 177-191.

7. Пономарев В. Д. Аналитическая химия. В 2 кн. Кн. 1. – М.: Высшая школа, 1982. – С. 85-104, 250-269.

8. Харитонов Ю. Я. Аналитическая химия (аналитика). В 2 кн. Кн. 1. Общие теоретические основы. Качественный анализ. – М.: Высшая школа, 2001. – С. 146-175, 418-500.

## 6. ЛАБОРАТОРНА РОБОТА

### Загальні реакції аніонів I аналітичної групи

З хлоридом барію

### Характерні реакції аніонів I аналітичної групи

#### Реакції $\text{SO}_4^{2-}$ -іонів

1. Реакція з хлоридом барію та родизонатом натрію (крапельна реакція)
2. Реакція з катіонами свинцю

#### Реакції $\text{SO}_3^{2-}$ -іонів

1. Реакція з мінеральними кислотами
2. Реакція з йодною або бромною водою
3. Реакція відновлення металевим цинком у кислому середовищі

#### Реакції $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ -іонів

1. Реакція з мінеральними кислотами
2. Реакція з йодною водою
3. Реакція з нітратом срібла

#### Реакції $\text{PO}_4^{3-}$ -іонів

1. Реакція з нітратом срібла
2. Реакція з магнезійною сумішшю ( $\text{MgSO}_4$ ,  $\text{NH}_3$  і  $\text{NH}_4\text{Cl}$ )
3. Реакція з молібденовою рідиною (розчин  $(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4$  і  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  у  $\text{HNO}_3$ )

#### Реакції $\text{B}_4\text{O}_7^{2-}$ -іонів

1. Реакція забарвлення полум'я складними ефірами борної кислоти

#### Реакції $\text{CO}_3^{2-}$ -іонів

1. Реакція з мінеральними кислотами

**2. Реакція з сульфатом магнію**

**Реакції  $C_2O_4^{2-}$ -іонів**

1. Реакція з хлоридом кальцію
2. Реакція з перманганатом калію в кислому середовищі

**Реакції  $AsO_3^{3-}$ -іонів**

1. Реакція з нітратом срібла
2. Реакція з сульфід-іонами
3. Реакція з розчином йоду

**Реакції  $AsO_4^{3-}$ -іонів**

1. Реакція з нітратом срібла
2. Реакція з магнезійною сумішшю ( $MgSO_4$ ,  $NH_3$  і  $NH_4Cl$ )
3. Реакція з молібденовою рідиною (розчин  $(NH_4)_2MoO_4$  і  $NH_4NO_3$  у  $HNO_3$ )
4. Реакція з сульфід-іонами
5. Реакція з йодидом калію

**Реакції тартрат-іонів  $C_4H_4O_6^{2-}$**

**Реакція з хлоридом калію**

**Реакції цитрат-іонів  $C_6H_5O_7^{3-}$**

**Реакція з хлоридом кальцію**

**Загальні реакції аніонів II аналітичної групи**

**З нітратом срібла  
в розчині 2 М азотної кислоти**

**Характерні реакції аніонів II аналітичної групи**

**Реакції  $Cl^-$ -іонів**

1. Реакція з дихроматом калію – реакція утворення хлористого хромилу
2. Реакція з окисниками ( $KMnO_4$ )

### Реакції Br<sup>-</sup>-іонів

*Реакція з окисниками (хлорна вода)*

### Реакції I<sup>-</sup>-іонів

*Реакція з окисниками (хлорна вода)*

### Реакції SCN<sup>-</sup>-іонів

*1. Реакція з солями кобальту(II)*

*2. Реакція з солями заліза(III)*

### Реакції S<sup>2-</sup>-іонів

*1. Реакція з мінеральними кислотами*

*2. Реакція з солями кадмію*

*3. Реакція з нітропрусидом натрію*

### Реакції бензоат-іонів C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>COO<sup>-</sup>

*Реакція з хлоридом заліза(III)*

### Характерні реакції аніонів III аналітичної групи

#### Реакції NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-іонів

*1. Реакція з дифеніламіном*

*2. Реакція з металевим Al або Zn*

*3. Реакція з сульфатом заліза(II) и конц. сірчаною кислотою*

*4. Реакція з антипірином*

#### Реакції NO<sub>2</sub><sup>-</sup>-іонів

*1. Реакція з мінеральними кислотами*

*2. Реакція з йодидом калію*

*3. Реакція з антипірином*

Реакція виявлення NO<sub>2</sub><sup>-</sup>-іонів та NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-іонів  
при їх сумісній присутності в розчині

#### Реакції BrO<sub>3</sub><sup>-</sup>-іонів

- 1. Реакція з сульфатом марганцю в кислому середовищі*
- 2. Реакція з бромід- або йодид-іонами в кислому середовищі*

**Реакції ацетат-іонів  $\text{CH}_3\text{COO}^-$**

- 1. Реакція з мінеральними кислотами*
- 2. Реакція з хлоридом заліза(III)*
- 3. Реакція утворення ефірів*

**Реакції саліцилат-іонів  $\text{C}_6\text{H}_4\text{OHCOO}^-$**

*Реакція з хлоридом заліза(III)*

## МЕТОДИ РОЗДІЛЕННЯ І КОНЦЕНТРУВАННЯ РЕЧОВИН В АНАЛІТИЧНІЙ ХІМІЇ

При проведенні хімічного аналізу часто доводиться виявляти речовину в присутності інших речовин, або, коли її концентрація дуже мала, або, коли концентрація незначна і є домішки заважаючих речовин. У таких випадках необхідно проводити *розділення* або *концентрування* речовин.

**Розділення** – це операція (процес), у результаті якої компоненти, які складають суміш, відділяють один від одного, причому їх концентрації можуть відрізнятися або бути близькими одна до одної.

**Концентрування** – це операція (процес), у результаті якої підвищується відношення концентрації мікрокомпоненту до концентрації макрокомпоненту. У цих випадках концентрації компонентів, які розділяють, різко відмінні.

### Класифікація методів розділення і концентрування

До найбільш поширених методів розділення і концентрування відносяться наступні.

**Методи випаровування** основи, в якій утримується компонент, що концентрують. Розрізняють *упарювання* (по закінченні процесу випаровування частина основи залишається в системі) та *випарування* (випарування основи, при якому остання видаляється повністю).

**Озолення** – метод, при якому вихідний досліджуваний матеріал шляхом термічної обробки у повітрі перетворюють у мінеральний залишок – золу. Застосовують тоді, коли визначасмий компонент розподілений у великій масі основи, яку можна спалити.

**Осадження та співосадження.** Осадження засновано на різній розчинності сполук. Співосадження полягає в одночасному осажденні зазвичай розчинного мікрокомпоненту з випадасмим в осад макрокомпонентом з одного й того ж розчину внаслідок утворення змішаних кристалів, адсорбції та ін.

**Кристалізація** – метод, який застосовують для концентрування домішок.

**Екстракція** – сукупність методів, заснованих на використанні відмінної розчинності компонента, що вилучають, у двох контактуючих фазах, які не змішуються (двох рідких або рідкій та твердій).

**Сорбційні методи** – засновані на використанні різноманітностей у спроможності компонентів, які розділяють або концентрують, поглинатися речовинами-носіями.

*Хроматографічні методи* – засновані на різноманітності у спорідненості компонентів, які розділяють, і які пересуваються з рухомою фазою, до нерухомої фази.

## Заняття № 8

**1. ТЕМА:** Підсумкове заняття з теорії та практики аналізу аніонів I-III аналітичних груп, методам розділення і концентрування

**2. МЕТА:** Закріпити знання з теорії та практики аналізу аніонів I-III аналітичних груп, перевірити засвоєння студентами вивченого матеріалу та вміння застосовувати його для аналізу та рішення розрахункових задач

### 3. ЦІЛЬОВІ ЗАДАЧІ

3.1. Перевірити та закріпити знання з окисно-відновних рівноваг та їх ролі в аналітичній хімії.

3.2. Перевірити знання з методів розділення та концентрування речовин в аналітичній хімії.

3.3. Закріпити вміння розв'язувати розрахункові задачі з вивчених тем.

3.4. Сформувати чіткі уявлення про дробний аналіз аніонів і систематичний хід аналізу деяких сумішей аніонів I-III аналітичної груп.

### 4. ПЛАН І ОРГАНІЗАЦІЙНА СТРУКТУРА ЗАНЯТТЯ

4.1. Організаційний момент .....5 хв

4.2. Письмовий контроль рівня знань .....30 хв

4.4. Індивідуальна бесіда .....80 хв

4.5. Тестовий контроль.....40 хв

4.6. Перевірка протоколів.....20 хв

4.8. Заключне слово викладача, вказівки до наступного заняття..5 хв

### 5. ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОПІДГОТОВКИ СТУДЕНТІВ

5.1. Повторити теоритичний матеріал занять 9 і 10.

5.2. Повторити характерні реакції та аналіз суміші аніонів I-III аналітичних груп.

5.3. Вивчити програмний матеріал з даної теми згідно запропонованому переліку питань, розв'язати наведені нижче задачі, проробити тестові завдання.

### Питання з вивченого розділу якісного аналізу

#### *1. Окисно-відновні рівноваги в аналітичній хімії*

1. Окисно-відновні реакції, їх механізм.

2. Окисно-відновні потенціали редокс-пар.

3. Потенціал реакції (EPC). Напрямок перебігу окисно-відновний реакцій.



4. Вплив різних факторів на значення ОВ потенціалів і напрямок перебігу реакцій окислення-відновлення.

5. Повнота перебігу окисно-відновних реакцій. Константа рівноваги ОВР.

6. Застосування окисно-відновних реакцій в якісному аналізі.

## ***II. Методи розділення і концентрування речовин в аналітичній хімії***

1. Сутність і класифікація методів розділення і концентрування. Значення в аналітичній хімії.

2. Осадження і співосадження. Поняття адсорбції, оклюзії, ізоморфізму.

3. Екстракція в аналітичній хімії. Принцип методу екстракції. Основні закони і кількісні характеристики.

## ***III. Хроматографічні методи аналізу***

1. Хроматографія, сутність методу.

2. Класифікація хроматографічних методів аналізу.

3. Адсорбційна хроматографія.

4. Розподільна хроматографія.

5. Площинна хроматографія.

6. Осадова хроматографія.

## ***IV. Хіміко-аналітичні властивості і аналіз аніонів***

### ***I-III аналітичних груп***

1. Загальна характеристика аніонів. Аналітичні класифікації аніонів. Принцип розділення аніонів на аналітичні групи і групові реагенти. Роль групових реагентів в аналізі аніонів.

2. Хіміко-аналітичні властивості аніонів I-III аналітичних груп.

3. Якісні реакції аніонів I аналітичної групи ( $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{SO}_3^{2-}$ ,  $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{V}_4\text{O}_7^{2-}$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ ,  $\text{AsO}_3^{3-}$ ,  $\text{AsO}_4^{3-}$ ,  $\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6^{2-}$ ,  $\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7^{3-}$ ), II аналітичної групи ( $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Br}^-$ ,  $\text{I}^-$ ,  $\text{SCN}^-$ ,  $\text{S}^{2-}$ ,  $\text{C}_6\text{H}_5\text{COO}^-$ ) і III аналітичної групи ( $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{BrO}_3^-$ ,  $\text{CH}_3\text{COO}^-$ ,  $\text{C}_6\text{H}_4\text{ONCOO}^-$ ).

4. Аналіз суміші аніонів I-III аналітичних груп.

5. Укладіть схему ходу аналізу і напишіть рівняння реакцій виявлення наступних сумішей аніонів:

–  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{I}^-$ ;

–  $\text{SO}_3^{2-}$ ,  $\text{Br}^-$ ,  $\text{I}^-$ ,  $\text{S}^{2-}$ ;

–  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{Br}^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{I}^-$ ;

–  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{I}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{CH}_3\text{COO}^-$ ;

–  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{CH}_3\text{COO}^-$ ;

–  $\text{SO}_3^{2-}$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{Br}^-$ ,  $\text{I}^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ;

- $\text{B}_4\text{O}_7^{2-}$ ,  $\text{S}^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ;
- $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Br}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ;
- $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Br}^-$ ,  $\text{S}^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ .

### 5.3. Розв'язати задачі

**Задача 1.** З 40 мл водного розчину екстрагують нікель(II) у вигляді диметилгліоксимату 10 мл хлороформу, коефіцієнт розподілення нікелю(II) між хлороформом і водою дорівнює 410. Розрахуйте ступінь вилучення нікелю(II) у хлороформ при цих умовах.

Відповідь: 99%.

**Задача 2.** Коефіцієнт розподілення оксихінолята заліза(III) між водою і бензолом при  $\text{pH}=12$  дорівнює 15. Розрахуйте молярну концентрацію заліза(III) у водній фазі після екстракції його з 50 мл водного 0,1 М розчину чотирма порціями бензолу по 10 мл.

Відповідь:  $3,9 \cdot 10^{-4}$  моль/л.

**Задача 3.** Для стандартних розчинів речовин А і В були отримані наступні значення  $R_f$  – відповідно 0,56 і 0,34. При хроматографуванні в тих же умовах невідомого розчину на пластинці були отримані дві плями, розташовані на відстані 5,7 см і 4,3 см. Розчинник теж пройшов відстань у 12,6 см. Встановіть, чи присутні в досліджуваному розчині речовини А і В.

### Література:

1. Алексеев В. Н. Качественный анализ. – М.: Химия, 1972. – С. 349-370, 463-522.
2. Лурье Ю. Ю. Справочник по аналитической химии. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Химия, 1979. – 480 с.
3. Основы аналитической химии. В 2 кн. Кн. 1. Общие вопросы. Методы разделения: Учеб. для вузов / Ю. А. Золотов, Е. Н. Дорохова, В. И. Фадеева и др. Под ред. Ю. А. Золотова. – М.: Высшая школа, 2002. – С. 177-203, 207-236.
4. Пономарев В. Д. Аналитическая химия. В 2 кн. Кн. 1. – М.: Высшая школа, 1982. – С. 85-104, 250-270.
5. Харитонов Ю. Я. Аналитическая химия (аналитика). В 2 кн. Кн. 1. Общие теоретические основы. Качественный анализ. – М.: Высшая школа, 2001. – С. 146-176, 233-262, 450-500.

### 5.5. Опрацювати тестові завдання

1. Висновок про можливість та напрямок перебігу окисно-відновних процесів можна зробити на підставі:

- A. ЕРС реакції.\*
- B. Концентрації реагуючих речовин.
- C. Величин стандартних редокс-потенціалів.
- D. Протікання конкуруючих реакцій з учасниками ОВ процесу.
- E. Природи окисно-відновних пар.

2. Висновок про повноту перебігу окисно-відновних процесів можна зробити на підставі:

- A. Константи рівноваги.\*
- B. Концентрації реагуючих речовин.
- C. Величин стандартних редокс-потенціалів.
- D. Перебігу конкуруючих реакцій з учасниками ОВ процесу.
- E. Природи окисно-відновних пар.

3. Величина стандартного потенціалу залежить від:

- A. Температури.\*
- B. Тиску\*.
- C. Природи розчинника\*.
- D. Іонної сили.
- E. Концентрації реагентів.

4. Величина формального потенціалу залежить від:

- A. Температури.\*
- B. Тиску.\*
- C. Природи розчинника.\*
- D. Іонної сили.\*
- E. Концентрації сторонніх електролітів.\*

5. Окисно-відновна реакція перебігає до кінця (99,9%), якщо:

- A.  $K_p \geq 10^8$ .\*
- B.  $K_p < 10^8$ .
- C.  $K_p \leq 10^{-8}$ .
- D.  $K_p = 1-10^7$ .
- E.  $K_p = 10^{-8} - 10^7$ .

6. Окисно-відновна реакція перебігає в прямому напрямку, якщо:

- A.  $\Delta DС > 0$ .\*
- B.  $\Delta DС < 0$ .
- C.  $K_p \leq 10^{-8}$ .
- D.  $K_p > 1$ .\*
- E.  $K_p < 1$ .

7. Для яких редокс-пар величина потенціалу залежить від рН середовища:

- A.  $\text{HAsO}_4^{2-}, 3\text{H}^+/\text{AsO}_2^-$ .\*
- B.  $\text{MnO}_4^-, 8\text{H}^+/\text{Mn}^{2+}$ .\*
- C.  $\text{I}_2/2\text{I}^-$ .
- D.  $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$ .
- E.  $\text{Sn}^{4+}/\text{Sn}^{2+}$ .

8. Для яких редокс-пар величина потенціалу не залежить від рН середовища:

- A.  $\text{Br}_2/2\text{Br}^-$ .\*
- B.  $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$ .\*
- C.  $\text{I}_2/2\text{I}^-$ .\*
- D.  $\text{MnO}_4^-/\text{MnO}_2\downarrow, 4\text{OH}^-$ .
- E.  $\text{BrO}_3^-, 6\text{H}^+/\text{Br}^-$ .

9. Коефіцієнт розподілення E залежить від:

- A. Концентрації речовини в обох фазах.\*
- B. рН водної фази.\*
- C. Температури.\*
- D. Об'єму органічної фази.
- E. Об'єму водної фази.

10. Ступінь вилучення R залежить від:

- A. Співвідношення об'ємів органічної і водної фаз.\*
- B. рН водної фази.\*
- C. Кількості екстракцій.\*
- D. Природи розчинника.
- E. Концентрації речовини, яку екстрагують.

11. В яких випадках застосовують реекстракцію в аналітичних цілях:

A. Коли визначення речовини, яку екстрагують, в органічній фазі утруднено.\*

- B. Для переведення речовини, яку екстрагують, у стан іонів.
- C. Для підсилення забарвлення речовини, яку екстрагують.
- D. Для послаблення забарвлення речовини, яку екстрагують.
- E. Для підвищення «сольватації» молекулами екстрагенту.

12. Для яких цілей застосовують двумірну хроматографію на папері:

A. Для розділення речовин, серед яких одні мають близькі  $R_f$  в одному розчиннику та різні – в іншому.\*

В. Для розділення речовин, з яких одна переноситься одним рухомих розчинником, а друга – іншим.

С. Для розділення двох речовин з однаковими значеннями  $R_f$  в обох розчинниках.

Д. Для підвищення чутливості хроматографічного методу.

Е. Для отримання забарвлених зон на хроматограмі.

13. Від яких факторів залежить швидкість переміщення та значення  $R_f$ :

А. Від природи речовини та складу застосованого розчинника.\*

В. Від концентрації досліджуваної речовини.

С. Від тиску парів застосованого розчинника.

Д. Від методу проявлення плями.

Е. Від розмірів пластинки для хроматографування.

14. Чим відрізняється розподільна хроматографія від адсорбційної:

А. У розподільній хроматографії речовини поглинаються рідинами, а в адсорбційній – поверхнею твердого сорбенту.\*

В. Розрізень немає.

С. Розподільна хроматографія дає можливість точніше розділити суміш речовин.

Д. У розподільній хроматографії використовують більш низькі температури.

Е. Адсорбційна хроматографія дозволяє точніше розділити суміші речовин.

15. Що лежить в основі розділення сумішей речовин методом осадової хроматографії:

А. Неоднакова розчинність сполук, що утворюються.\*

В. Утворення осадів компонентів суміші з реагентом-осадником.

С. Різні значення добутків розчинності утворених сполук неоднотипного складу.

Д. Відмінність у розчинності розподіляємих речовин у двох незмішних рідких фазах.

Е. Відмінність між розмірами часток розподіляємих компонентів та розмірами пор нерухомої фази.

16. Згідно класифікації аніонів, заснованій на утворенні малорозчинних солей барію та срібла, до I аналітичної групи відносяться:

А.  $C_4H_4O_6^{2-}$ ,  $C_6H_5O_7^{3-}$ ,  $SO_4^{2-}$ ,  $SO_3^{2-}$  та ін.\*

В.  $SO_4^{2-}$ ,  $SO_3^{2-}$ ,  $S^{2-}$ ,  $SCN^-$  та ін.

С.  $PO_4^{3-}$ ,  $VO_4^{3-}$ ,  $NO_3^-$ ,  $BrO_3^-$  та ін.

- D.  $C_2O_4^{2-}$ ,  $AsO_3^{3-}$ ,  $C_6H_5COO^-$ ,  $Cl^-$  та ін.  
E.  $SO_4^{2-}$ ,  $SO_3^{2-}$ ,  $S_2O_3^{2-}$ ,  $NO_3^-$  та ін.

17. Згідно класифікації аніонів, заснованій на утворенні малорозчинних солей барію та срібла, до II аналітичної групи відносяться:

- A.  $I^-$ ,  $S^{2-}$ ,  $SCN^-$ ,  $C_6H_5COO^-$  та ін.\*  
B.  $Cl^-$ ,  $Br^-$ ,  $SO_4^{2-}$ ,  $SO_3^{2-}$  та ін.  
C.  $S^{2-}$ ,  $SCN^-$ ,  $NO_2^-$ ,  $CH_3COO^-$  та ін.  
D.  $SO_4^{2-}$ ,  $SO_3^{2-}$ ,  $S_2O_3^{2-}$ ,  $PO_4^{3-}$  та ін.  
E.  $NO_3^-$ ,  $NO_2^-$ ,  $BrO_3^-$ ,  $CH_3COO^-$  та ін.

18. Згідно класифікації аніонів, заснованій на утворенні малорозчинних солей барію та срібла, до III аналітичної групи відносяться:

- A.  $BrO_3^-$ ,  $CH_3COO^-$ ,  $C_6H_5OHCOO^-$ ,  $MnO_4^-$  та ін.\*  
B.  $NO_3^-$ ,  $NO_2^-$ ,  $AsO_3^{3-}$ ,  $AsO_4^{3-}$  та ін.  
C.  $PO_4^{3-}$ ,  $NO_3^-$ ,  $NO_2^-$ ,  $BrO_3^-$  та ін.  
D.  $NO_3^-$ ,  $NO_2^-$ ,  $Cl^-$ ,  $MnO_4^-$  та ін.  
E.  $NO_2^-$ ,  $BrO_3^-$ ,  $SCN^-$ ,  $C_6H_5COO^-$  та ін.

19. Які аніони проявляють окисні властивості:

- A.  $NO_3^-$ ,  $AsO_4^{3-}$ ,  $BrO_3^-$ \*  
B.  $BrO_3^-$ ,  $CrO_4^{2-}$ ,  $S^{2-}$   
C.  $AsO_4^{3-}$ ,  $AsO_3^{3-}$ ,  $NO_3^-$   
D.  $MnO_4^-$ ,  $Cl^-$ ,  $Br^-$   
E.  $AsO_4^{3-}$ ,  $MnO_4^-$ ,  $CO_3^{2-}$

20. Які аніони проявляють відновні властивості:

- A.  $S_2O_3^{2-}$ ,  $AsO_3^{3-}$ ,  $Cl^-$ ,  $SCN^-$  та ін.\*  
B.  $S^{2-}$ ,  $BrO_3^-$ ,  $AsO_4^{3-}$  та ін.  
C.  $Cl^-$ ,  $Br^-$ ,  $I^-$ ,  $BrO_3^-$  та ін.  
D.  $S^{2-}$ ,  $SO_3^{2-}$ ,  $S_2O_3^{2-}$ ,  $Cr_2O_7^{2-}$  та ін.  
E.  $S^{2-}$ ,  $SO_3^{2-}$ ,  $S_2O_3^{2-}$ ,  $AsO_4^{3-}$  та ін.

21. Які аніони не проявляють окисно-відновні властивості (індиферентні аніони):

- A.  $SO_4^{2-}$ ,  $CO_3^{2-}$ ,  $PO_4^{3-}$ ,  $B_4O_7^{2-}$  та ін.\*  
B.  $SO_4^{2-}$ ,  $CO_3^{2-}$ ,  $PO_4^{3-}$ ,  $S^{2-}$  та ін.  
C.  $CO_3^{2-}$ ,  $PO_4^{3-}$ ,  $Cl^-$ ,  $Br^-$  та ін.  
D.  $PO_4^{3-}$ ,  $S_2O_3^{2-}$ ,  $Cr_2O_7^{2-}$ ,  $SO_4^{2-}$  та ін.  
E.  $SO_4^{2-}$ ,  $CH_3COO^-$ ,  $S_2O_3^{2-}$ ,  $AsO_4^{3-}$  та ін.

22. Які аніони з нітратом срібла утворюють осад, розчинний у карбонаті амонію:

- A. Хлорид-іони.\*
- B. Бромід-іони.
- C. Сульфід-іони.
- D. Йодид-іони.
- E. Тіоціанат-іони.

23. Які аніони при нагріванні з алюмінієм у лужному середовищі виділяють газ, що викликає посиніння червоного лакмусового папірця, змоченого водою:

- A. Нітрат-іони.\*
- B. Нітрит-іони.
- C. Ацетат-іони.
- D. Карбонат-іони.
- E. Тіосульфат-іони.

24. Які аніони з солями заліза(III) спочатку дають забарвлення чайно-червоного кольору, а при нагріванні – осад червоно-бурого кольору:

- A. Ацетат-іони.\*
- B. Йодид-іони.
- C. Тіоціанат-іони.
- D. Бромат-іони.
- E. Бензоат-іони.

25. Які аніони з хлоридом барію утворюють білий осад, частково розчинний у хлороводневій кислоті:

- A. Сульфат- і карбонат-іони.\*
- B. Сульфат- і хлорид-іони.
- C. Хлорид- і бромид-іони.
- D. Ацетат- і сульфат-іони.
- E. Сульфат- і сульфід-іони.

26. Які аніони з розчином нітрату срібла в азотнокислом середовищі утворюють чорний осад, розчинний в конц. азотній кислоті при нагріванні:

- A. Сульфід-іони.\*
- B. Ацетат-іони.
- C. Фосфат-іони.
- D. Бромат-іони.
- E. Бромід-іони.

27. Які аніони при підкисленні досліджуваного розчину виділяють газ, що має запах і викликає помутніння розчину в пробірці:

- A. Тіосульфат-іони.\*
- B. Сульфід-іони.
- C. Карбонат-іони.
- D. Сульфід-іони.
- E. Нітрит-іони.

28. Які аніони з солями кадмію утворюють жовтий осад:

- A. Сульфід-іони.\*
- B. Салцилат-іони.
- C. Тартрат-іони.
- D. Цитрат-іони.
- E. Тіоціанат-іони.

29. Які аніони утворюють з катіонами барію осад, спроможний адсорбувати на собі перманганат-іони, забарвлюючись при цьому в фіолетово-червоний колір:

- A. Сульфат-іони.\*
- B. Фосфат-іони.
- C. Сульфід-іони.
- D. Тіосульфат-іони.
- E. Сульфід-іони.

30. Які аніони в азотнокислом середовищі з нітратом срібла утворюють осад світло-жовтого кольору, нерозчинний у розчині карбонату амонію і частково розчинний у концентрованому розчині аміаку:

- A. Бромід-іони.\*
- B. Хлорид-іони.
- C. Йодид-іони.
- D. Тіоціанат-іони.
- E. Бромат-іони.

31. Які аніони присутні у досліджуваному розчині, якщо при його підкисненні виділяється забарвлений газ, що має запах:

- A. Нітрит-іони.\*
- B. Карбонат-іони.
- C. Тіосульфат-іони.
- D. Сульфід-іони.
- E. Сульфід-іони.



32. Які аніони при взаємодії з червоною плямою родизонату барію руйнують його, викликаючи знебарвлення:

- A. Сульфат-іони.\*
- B. Хлорид-іони.
- C. Оксалат-іони.
- D. Сульфід-іони.
- E. Арсенат-іони.

33. Які аніони з нітратом срібла в нейтральному середовищі утворюють осад шоколадного кольору:

- A. Арсенат-іони.\*
- B. Фосфат-іони.
- C. Арсеніт-іони.
- D. Тіосульфат-іони.
- E. Сульфід-іони.

34. Які аніони утворюють з молібденовою рідиною в присутності винної кислоти жовтий осад:

- A. Фосфат-іони.\*
- B. Арсенат-іони.
- C. Арсеніт-іони.
- D. Бензоат-іони.
- E. Бромат-іони.

35. Які аніони є у розчині, якщо при проведенні реакції з розчином йоду реакція середовища стає кислою:

- A. Сульфід-іони.\*
- B. Сульфід-іони.
- C. Тіосульфат-іони.
- D. Карбонат-іони.
- E. Фосфат-іони.

36. Які аніони з антипірином у кислому середовищі дають смарагдово-зелене забарвлення:

- A. Нітрит-іони.\*
- B. Нітрат-іони.
- C. Фосфат-іони.
- D. Бромат-іони.
- E. Ацетат-іони.

37. Які аніони з солями марганцю(II) утворюють червоний розчин, який переходить у бурий осад:

- A. Бромат-іони.\*
- B. Йодид-іони.
- C. Тіоціанат-іони.
- D. Ацетат-іони.
- E. Бромід-іони.

38. Які аніони з нітратом срібла в нейтральному середовищі утворюють білий осад, який швидко розкладається до чорного осаду:

- A. Тіосульфат-іони.\*
- B. Сульфід-іони.
- C. Хлорид-іони.
- D. Нітрат-іони.
- E. Сульфід-іони.

39. Які аніони з солями заліза(II) в присутності конц. сірчаної кислоти утворюють буре кільце:

- A. Нітрат-іони.\*
- B. Ацетат-іони.
- C. Бромат-іони.
- D. Цитрат-іони.
- E. Тіоціанат-іони.

40. Які аніони з солями кобальту дають синє забарвлення органічного шару:

- A. Тіоціанат-іони.\*
- B. Тіосульфат-іони.
- C. Бромат-іони.
- D. Оксалат-іони.
- E. Ацетат-іони.

41. Яким розчином просочують фільтрований папір для виявлення сірководня, що виділяється при дії сильних кислот на сульфід-іони:

- A. Ацетатом свинцю.\*
- B. Ацетатом барію.
- C. Ацетатом стронцію.
- D. Ацетатом кальцію.
- E. Ацетатом натрію.

42. Які аніони знебарвлюють розчин йоду тільки при  $\text{pH} = 8,5$ :

- A. Арсеніт-іони.\*
- B. Салцилат-іони.
- C. Арсенат-іони.

- D. Оксалат-іони.
- E. Фосфат-іони.

43. Які аніони утворюють осад з солями кальцію тільки при кип'ятінні:

- A. Цитрат-іони.\*
- B. Оксалат-іони.
- C. Карбонат-іони.
- D. Тартрат-іони.
- E. Сульфат-іони.

44. Які аніони при взаємодії з нітропрусидом натрію в лужному середовищі або аміачному середовищі утворюють продукт фіолетового кольору:

- A. Сульфід-іони.\*
- B. Сульфат-іони.
- C. Ацетат-іони.
- D. Тіосульфат-іони.
- E. Саліцилат-іони.

45. Якого кольору продукт взаємодії нітрат-іонів з антипірином:

- A. Червоний.\*
- B. Жовтий.
- C. Зелений.
- D. Білий.
- E. Чорний.

46. Якого кольору продукт взаємодії нітрит-іонів з антипірином:

- A. Зелений.\*
- B. Жовтий.
- C. Червоний.
- D. Фіолетовий.
- E. Чорний.

47. Які аніони з аміловим спиртом і конц. сірчаною кислотою при нагріванні утворюють продукт із характерним приємним запахом:

- A. Ацетат-іони.\*
- B. Тіосульфат-іони.
- C. Нітрит-іони.
- D. Оксалат-іони.
- E. Тіоціанат-іони.

48. Які аніони утворюють з катіонами заліза(III) в нейтральному середовищі рожево-жовтий осад:

- A. Бензоат-іони.\*
- B. Цитрат-іони.
- C. Тартрат-іони.
- D. Оксалат-іони.
- E. Саліцилат-іони.

49. Які аніони після підкислення розчину азотною кислотою виділяють безбарвний газ, що не має запаху:

- A. Карбонат-іони.\*
- B. Сульфід-іони.
- C. Ацетат-іони.
- D. Тіосульфат-іони.
- E. Тіоціанат-іони.

50. Які аніони з солями заліза(III) утворюють розчин червоного кольору:

- A. Тіоціанат-іони.\*
- B. Бромід-іони.
- C. Йодид-іони.
- D. Бромат-іони.
- E. Цитрат-іони.

51. При якому значенні рН у розчині не можуть існувати аніони  $\text{SO}_3^{2-}$ ,  $\text{S}^{2-}$ ,  $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ :

- A.  $\text{pH} < 2$ .\*
- B.  $\text{pH} = 2-4$ .
- C.  $\text{pH} = 5-4$ .
- D.  $\text{pH} > 2$ .
- E.  $\text{pH} > 5$ .

52. Які аніони при додаванні хлориду заліза(III), хлороводневої кислоти і хлороформу дають фіолетове озабарвлення хлороформного шару:

- A. Йодид-іони.\*
- B. Бромід-іони.
- C. Тіоціанат-іони.
- D. Бромат-іони.
- E. Бензоат-іони.

53. Які аніони в кислому середовищі при додаванні хлорної води краплями дають фіолетове забарвлення хлороформного шару, а потім знебарвлюються:

- A. Йодид-іони.\*
- B. Ацетат-іони.
- C. Бромід-іони.
- D. Тіоціанат-іони.
- E. Саліцилат-іони.

54. Які аніони після упарювання, додавання до сухого залишку конц. сірчаної кислоти та етилового спирту утворюють продукт, що горить зеленим полум'ям:

- A. Тетраборат-іони.\*
- B. Фосфат-іони.
- C. Бромат-іони.
- D. Ацетат-іони.
- E. Цитрат-іони.

55. Які аніони при підкисленні розчину виділяють газ без запаху, який призводить до помутніння баритової води:

- A. Карбонат-іони.\*
- B. Тіосульфат-іони.
- C. Сульфід-іони.
- D. Сульфат-іони.
- E. Сульфід-іони.

56. При якому значенні рН у розчині не можуть співіснувати аніони-окисники та аніони-відновники:

- A.  $\text{pH} \leq 5$ .\*
- B.  $\text{pH} < 9$ .
- C.  $\text{pH} = 5-7$ .
- D.  $\text{pH} > 7$ .
- E.  $\text{pH} > 5$ .

57. Які аніони при додаванні етилового спирту і сірчаної кислоти при нагріванні дають характерний запах:

- A. Ацетат-іони.\*
- B. Нітрат-іони.
- C. Тіосульфат-іони.
- D. Нітрит-іони.
- E. Тетраборат-іони.

58. Які аніони при підкисленні розчину і додаванні хлорної води дають оранжеве забарвлення хлороформного шару:

- A. Бромід-іони.\*
- B. Йодид-іони.
- C. Бромат-іони.
- D. Сульфід-іони.
- E. Хлорид-іони.

59. Які аніони при підкисленні розчину виділяють газ без запаху, який викликає помутніння вапняної води:

- A. Карбонат-іони.\*
- B. Тіосульфат-іони.
- C. Сульфід-іони.
- D. Сульфит-іони.
- E. Хлорид-іони.

60. Які аніони при підкисленні розчину викликають його помутніння та виділяють газ, який викликає помутніння вапняної води:

- A. Тіосульфат-іони.\*
- B. Фосфат-іони.
- C. Сульфат-іони.
- D. Оксалат-іони.
- E. Хлорид-іони.

61. Які аніони при підкисленні розчину виділяють газ з характерним запахом, який викликає помутніння вапняної води:

- A. Сульфит-іони.\*
- B. Бромат-іони.
- C. Арсенат-іони.
- D. Ацетат-іони.
- E. Сульфат-іони.

62. Які аніони знебарвлюють розчин перманганату калію тільки при нагріванні:

- A. Оксалат-іони.\*
- B. Сульфит-іони.
- C. Тіосульфат-іони.
- D. Йодид-іони.
- E. Тіоціанат-ион.

63. Які аніони утворюють з розчином солі свинцю жовтий осад, який розчиняється при нагріванні в воді та знов випадає у вигляді золотистих лусочок після охолодження:

- A. Йодид-іони.\*
- B. Фосфат-іони.
- C. Хлорид-іони.
- D. Арсенат-іони.
- E. Тіоціанат-іони.

64. Досліджуваний розчин з розчином хлориду барію утворює білий осад, який не розчиняється ні в кислотах, ні в лугах. Яким є склад отриманого осаду:

- A. Сульфат барію.\*
- B. Сульфід барію.
- C. Карбонат барію.
- D. Оксалат барію.
- E. Фосфат барію.

65. Досліджуваний розчин утворює з розчином хлориду барію білий осад, розчинний в 2 М розчині хлороводневої кислоти з виділенням газу без кольору та запаху. Які аніони присутні в розчині:

- A. Карбонат-іони.\*
- B. Сульфід-іони.
- C. Тіосульфат-іони.
- D. Тіоціанат-іони.
- E. Сульфат-іони.

66. Досліджуваний розчин утворює з розчином нітрату срібла білий сирнистий осад, розчинний у розчині аміаку. Вкажіть склад отриманого осаду:

- A. Хлорид срібла.\*
- B. Бромід срібла.
- C. Йодид срібла.
- D. Тіоціанат срібла.
- E. Сульфід срібла.

67. При якому значенні рН аніони I аналітичної групи утворюють осад з хлоридом барію:

- A. рН = 7-9.\*
- B. рН = 5-7.
- C. рН = 1-2.
- D. рН = 10-12.
- E. рН = 4-9.

68. Які аніони заважають виявленню тіосульфат-іонів реакцією з розчином нітрату срібла:

- A. Сульфід-іони.\*
- B. Карбонат-іони.
- C. Оксалат-іони.
- D. Фосфат-іони.
- E. Сульфат-іони.

69. При додаванні до розчину, якій містить аніони III аналітичної групи, розчину сірчаної кислоти і розчину йодиду калію спостерігається виділення вільного йоду. Які аніони присутні в розчині:

- A. Нітрит-іони.\*
- B. Нітрат-іони.
- C. Сульфат-іони.
- D. Бромід-іони.
- E. Арсенит-іони.

70. При додаванні до розчину, якій містить аніони II аналітичної групи, нітрату срібла утворюється чорний осад, нерозчинний у розчині аміаку, але розчинний при нагріванні в розчині розведеної азотної кислоти. Які аніони присутні в розчині:

- A. Сульфід-іони.\*
- B. Йодид-іони.
- C. Хлорид-іони.
- D. Бромід-іони.
- E. Тіоціанат іони.

71. Вкажіть груповий реагент на аніони II аналітичної групи:

- A. Розчин нітрату срібла.\*
- B. Розчин нітрату барію.
- C. Розчин гідроксиду натрію.
- D. Розчин аміаку.
- E. Розчин сірчаної кислоти.

72. Вкажіть груповий реагент на аніони I аналітичної групи:

- A. Розчин хлориду барію.\*
- B. Розчин хлориду натрію.
- C. Розчин хлориду кадмію.
- D. Розчин хлориду калію.
- E. Розчин хлороводневої кислоти.



73. Дією якого реагенту можна виявити тіосульфат-іони в присутності сульфід-іонів:

- A. Сірчаної кислоти.\*
- B. Калію йодиду.
- C. Калію перманганату.
- D. Барію хлориду.
- E. Натрію гідроксиду.

74. Яку кількість досліджуваного розчину необхідно взяти для проведення якісного аналізу на аніони напівмікрометодом:

- A. 2,0 мл.\*
- B. 1,0 мл.
- C. 3,0 мл.
- D. 5,0 мл.
- E. 0,5 мл.

75. Яку кількість сухої речовини необхідно взяти для проведення якісного аналізу катіонів та аніонів напівмікрометодом:

- A. 0,1 г.\*
- B. 0,5 г.
- C. 0,02 г.
- D. 1,0 г.
- E. 0,25 г.

76. При проведенні якісного аналізу напівмікрометодом беруть аналітичну пробу (а. п.), яка представляє собою:

- A. 2-3 краплі досліджуваного розчину.\*
- B. 10-20 крапель.
- C. 5-10 крапель.
- D. 1 крапля.
- E. 5 крапель.

77. При пропусканні надлишку  $\text{CO}_2$ , отриманого при дії розведеної мінеральної кислоти на карбонат-іон, крізь вапняну воду утворюється осад (помутніння розчину), який при подальшому пропусканні  $\text{CO}_2$  зникає внаслідок утворення продукту:

- A.  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ \*.
- B.  $\text{Ca}(\text{OH})_2$
- C.  $\text{CaCO}_3$
- D.  $\text{H}_2\text{CO}_3$
- E.  $\text{CO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$

78. При дії хлорної води на суміш бромід- і йодид-іонів у кислому середовищі в присутності хлороформу спостерігається поступова зміна забарвлення органічного шару:

- A. Фіолетове, безбарвне, оранжеве, жовте.\*
- B. Фіолетове, оранжеве, безбарвне, жовте.
- C. Фіолетове, оранжеве, жовте, безбарвне.
- D. Оранжеве, жовте, безбарвне, фіолетове.
- E. Фіолетове, жовте, безбарвне, оранжеве.

79. За допомогою якого органічного реагенту можна провести виявлення нітрат- і нітрит-іонів при їх сумісній присутності:

- A. Розчину антипірину.\*
- B. Розчину дифеніламіну.
- C. Розчину сульфату заліза(II).
- D. Розчину йодиду калію.
- E. Розчину сульфату заліза(III).

80. При дії дихромату калію на хлорид-іони в присутності сірчаної кислоти утворюється летка сполука хрому – хлорид хромілу, що має наступний склад:

- A.  $\text{CrO}_2\text{Cl}_2$ \*
- B.  $\text{CrOCl}_2$
- C.  $\text{CrO}_2\text{Cl}$
- D.  $\text{Cr}_2\text{O}_2\text{Cl}_2$
- E.  $\text{CrOCl}$

81. Яку реакцію можна застосувати для виявлення хлорид-іонів у суміші  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Br}^-$  та  $\text{I}^-$  при їх сумісній присутності:

- A. Реакція утворення хлористого хромілу.\*
- B. Реакція з нітратом срібла.
- C. Реакція окислення хлорною водою.
- D. Реакція з нітритом натрію.
- E. Реакція з перманганатом калію.

82. При дії розчину хлориду барію на суміш аніонів осад утворюється після механічного впливу (потирання скляною паличкою по стінкам пробірки). Які аніони присутні в розчині:

- A. Тетраборат-іони.\*
- B. Оксалат-іони.
- C. Сульфат-іони.
- D. Арсенат-іони.
- E. Карбонат-іони.

83. При дії розчину хлориду барію на суміш аніонів осад утворюється після механічного впливу (потирання скляною паличкою по стінкам пробірки). Які аніони присутні в розчині:

- A. Тіосульфат-іони.\*
- B. Оксалат-іони.
- C. Сульфат-іони.
- D. Арсенат-іони.
- E. Карбонат-іони.

84. Як можна виявити фосфат-іони в присутності арсенат-іонів:

- A. Реакцією з молібденовою рідиною в присутності винної кислоти.\*
- B. Реакцією з молібденовою рідиною.
- C. Реакцією з магnezіальною сумішшю.
- D. Реакцією з хлоридом барію в нейтральному середовищі.
- E. Реакцією з мінеральними кислотами.

85. Як можна виявити йодид- і тіоціонат-іони при їх сумісній присутності:

- A. Реакцією з солями заліза(III) в присутності органічного екстрагенту.\*
- B. Реакцією з солями заліза(III).
- C. Реакцією з солями кобальту(II) в присутності органічного екстрагенту.
- D. Реакцією з хлорною водою в присутності органічного екстрагенту.
- E. Реакцією з концентрованою сірчаною кислотою та етиловим спиртом.

86. Якими елементами періодичної системи Д. І. Менделєєва утворюються аніони:

- A. *p*-елементами.\*
- B. *d*-елементами.\*
- C. *f*-елементами.
- D.  $s^1$ - елементами.
- E.  $s^2$ - елементами.

87. Розчини яких аніонів є забарвленими:

- A. Перманганат-іони.\*
- B. Хромат-іони.\*
- C. Дихромат-іони.\*
- D. Саліцилат-іони.
- E. Бромат-іони.

88. Які аніони при підкисленні їх розчинів утворюють вільну кислоту, яка випадає у вигляді білого осаду:

- A. Саліцилат-іони.\*
- B. Бензоат-іони.\*
- C. Цитрат-іони.
- D. Тартрат-іони.
- E. Оксалат-іони.

89. Досліджуваний розчин з катіонами свинцю дає білий кристалічний осад, розчинний у 30%-ному ацетаті амонію. Які аніони є у розчині:

- A. Сульфат-іони.\*
- B. Йодид-іони.
- C. Хромат-іони.
- D. Дихромат-іони.
- E. Сульфід-іони.

90. Які аніони з катіонами свинцю утворюють білий осад, розчинний у гарячій воді та який знов утворюється при охолодженні в формі голок:

- A. Хлорид-іони.\*
- B. Йодид-іони.
- C. Сульфат-іони.
- D. Фосфат-іони.
- E. Сульфід-іони.

90. Які аніони з нітратом срібла в нейтральному середовищі утворюють осад жовтого кольору:

- A. Фосфат-іони.\*
- B. Арсеніт-іони.\*
- C. Арсенат-іони.
- D. Оксалат-іони.
- E. Сульфід-іони.

## Заняття № 9

**1. ТЕМА:** Аналіз суміші сухих солей

**2. МЕТА:** Закріпити теоретичні знання і практичні навички з аналізу сумішей катіонів та аніонів і навчитися застосовувати їх для проведення аналізу суміші сухих солей невідомого складу

### 3. ЦІЛЬОВІ ЗАДАЧІ

3.1. Закріпити теоретичні знання основних етапів і способів аналізу невідомої речовини.

3.2. Навчитися на засадах знань хіміко-аналітичних властивостей катіонів і аніонів робити вірні висновки про сумісність та несумісність катіонів і аніонів у суміші.

3.3. Навчитися складати схеми систематичного або дробного аналізу суміші катіонів і аніонів у відповідності до результатів аналізу.

3.4. Оволодіти практичними навичками та методикою аналізу суміші сухих солей і навчитися робити вірні висновки за результатами проведеного дослідження.

### 4. ПЛАН І ОРГАНІЗАЦІЙНА СТРУКТУРА ЗАНЯТТЯ

- |   |        |
|---|--------|
| 4.1. Організаційний момент.....   | 3 хв   |
| 4.2. Постановка мети і мотивація вивчення теми заняття.....                           | 7 хв   |
| 4.3. Корекція вихідного рівня знань-вмінь.....  | 30 хв  |
| 4.4. Організація самостійної роботи студентів.....                                    | 5 хв   |
| 4.5. Лабораторна робота.....  | 120 хв |
| 4.6. Підсумковий контроль: перевірка результатів лабораторної роботи і протоколі..... | 10 хв  |
| 4.7. Заключне слово викладача, вказівки до наступного заняття.....                    | 5 хв   |

### 5. ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОПІДГОТОВКИ СТУДЕНТІВ

5.1. Повторити теоретичний матеріал попередніх занять з аналітичної хімії: якісні реакції катіонів та аніонів із загальними і характерними реагентами, умови проведення цих реакцій; дробний і систематичний аналіз катіонів I-VI аналітичних груп згідно кислотно-основної класифікації; аналіз суміші аніонів I-III аналітичних груп.

5.2. Вивчити матеріал з аналізу суміші речовин невідомого складу.

### Питання для підготовки студентів

1. Основні етапи аналізу речовин невідомого складу.
2. Попередні спостереження та випробування суміші сухих солей. Яку інформацію про склад зразка можна отримати на підставі дослідження його

однорідності, форми і кольору кристалів окремих компонентів? Які катіони і аніони можна виключити, якщо досліджувана речовина не є забарвленою?

3. Підбір розчинника для переведення твердого зразка у розчин.
4. Як можна встановити часткову розчинність речовини в воді?
5. Яка речовина присутня у суміші сухих солей, якщо вона не розчиняється в воді, в 2 М  $\text{CH}_3\text{COOH}$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , але розчиняється: а) у конц. розчині  $\text{NH}_3$ ; б) у 30% розчині  $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ ?
6. В якій послідовності підбирають потрібну кислоту для розчинення суміші сухих солей?
7. Якщо суміш солей розчиняється тільки в  $\text{HCl}$ , чи можуть бути присутніми в ній катіони I аналітичної групи?
8. Про відсутність яких катіонів можна судити, якщо суміш сухих солей розчиняється в  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{HCl}$ ?
9. Як проводять аналіз розчину на наявність катіонів?
10. Як виявляють аніони в досліджуваному розчині?
11. На підставі чого можна зробити висновок про несумісність катіонів і аніонів в досліджуваному розчині?
12. Які аніони повинні бути відсутніми в розчині, якщо в ньому виявлено: катіони  $\text{Ba}^{2+}$ ; катіони  $\text{Ag}^+$ ?
13. Які аніони можуть бути присутніми в розчині, якщо середовище кисле, лужне, нейтральне?
14. Який аніон присутній у суміші сухих солей, якщо при дії 1 М розчину  $\text{H}_2\text{SO}_4$  виділяється газ без запаху; з запахом сірки, що горить; бурого кольору?
15. Що таке «содовая витяжка»? В яких випадках вона готується, як нейтралізується? Чи можна в ній виявляти  $\text{CO}_3^{2-}$ -іон?
16. Як на підставі результатів проведеного дослідження роблять висновок про склад досліджуваного зразка?

#### Література

1. Алексеев В. Н. Качественный анализ. – М.: Химия, 1972. – С. 522-557.
2. Лурье Ю. Ю. Справочник по аналитической химии. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Химия, 1979. – 480 с.
3. Пономарев В. Д. Аналитическая химия. В 2 кн. Кн. 1. – М.: Высшая школа, 1982. – С. 271-277.
4. Харитонов Ю. Я. Аналитическая химия (аналитика). В 2 кн. Кн. 1. Общие теоретические основы. Качественный анализ. – М.: Высшая школа, 2001. – С. 501-515.

#### 6. ЛАБОРАТОРНА РОБОТА

Кожний студент одержує контрольну задачу, яка представляє собою суміш двох сухих солей невідомого складу. Аналіз проводять у послідовності, що наведена нижче.

## АНАЛІЗ СУМІШІ СУХИХ СОЛЕЙ

Одержану суміш подрібнюють у ступці, висипають на лист білого паперу і проводять ретельний огляд проби, у тому числі і під мікроскопом. Звертають увагу на форму, колір і запах кристалів, на підставі чого роблять припущення про наявність (або відсутність) тих чи інших іонів.

### Попередні випробування

#### *Забарвлення полум'я пальника*

Досліджують поведінку зразка в полум'ї газового пальника (обуглення, випаровування, забарвлення полум'я) і роблять відповідні припущення.

#### *Вибір розчинника*

Розчинність досліджуваної речовини в різних розчинниках вивчають, відбираючи невеликі його порції (2-5 мг). Спочатку перевіряють розчинність у воді при кімнатній температурі та (у разі необхідності) при нагріванні. Якщо речовина нерозчинна або частково розчинна в воді, то випробовують її розчинність у кислотах: розведений оцтовій, розведених та концентрованих (при необхідності) хлороводневій і азотній кислотах, спостерігаючи за тим, чи виділяються газоподібні продукти.

*Підготовка суміші до аналізу та переведення досліджуваного зразка в розчин*

Досліджувану суміш розділяють на три частини: для аналізу катіонів, для аналізу аніонів, для контролю (арбітражна).

Біля 50 мг суміші розчиняють у 3 мл підбраного розчинника, регулюють рН середовища.

#### *Виявлення катіонів*

Аналіз суміші доцільно починати з виявлення катіонів, оскільки наявність деяких з них буде свідчити про відсутність ряду аніонів. Для аналізу катіонів беруть 1 мл розчину, що приготували, і проводять систематичний хід аналізу.

#### *Виявлення аніонів*

Для аналізу аніонів беруть 2 мл приготованого розчину і попередньо осаджують з нього катіони розчином  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  (отримують «содову витяжку»). Надлишок  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  нейтралізують різними кислотами ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{HNO}_3$ ) в залежності від аніонів, які виявляють. Аналіз аніонів проводять дробним методом з елементами систематичного ходу аналізу.

На підставі всіх отриманих результатів дослідження роблять *висновок про склад сухих солей*.