

МІНІСТЕРСТВО ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ МЕДИЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Кафедра аналітичної хімії

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

**ТЕОРІЯ ТА ПРАКТИКА АНАЛІЗУ
КАТІОНІВ І-ІІІ АНАЛІТИЧНИХ ГРУП**
Змістовий модуль 1

НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК
для студентів 2 курсу
спеціальності 226 «Фармація»

Запоріжжя 2017

УДК 546.2-128.4.061(075.8)

Я 45

Затверджено на засіданні Центральної методичної Ради ЗДМУ

(протокол № __ від «__» _____ 2017 р.)

та рекомендовано для використання в освітньому процесі

Укладачі:

С. О. Васюк – доктор фармацевтичних наук, професор;

А. С. Коржова – кандидат фармацевтичних наук, доцент.

Рецензенти:

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

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

Якісний аналіз. Кислотно-основне титрування. Модуль 1.

Я 45

Теорія та практика аналізу катіонів I–III аналітичних груп.
Змістовий модуль 1 : навчальний посібник для студентів 2 курсу спеціальності «Фармація» / уклад. : С. О. Васюк, А. С. Коржова.
– Запоріжжя : ЗДМУ, 2017. – 86 с.

ВСТУП

Аналітична хімія вивчається згідно затвердженої 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.

За складністю досліджуваного об'єкту розрізняють *елементний, функціональний, молекулярний, фазовий* аналіз речовини.

Речовини аналізують за допомогою різних методів. Застосовують *хімічні, інструментальні та біологічні* методи аналізу. *Хімічні методи* засновані на використанні хімічних реакцій, ефект аналізу спостерігається візуально. В *інструментальних методах* застосовують аналітичні пристрої, які реєструють фізичні властивості речовин або їх зміну їх.

При класифікації за *кількістю визначуваної речовини, взятої для аналізу*, виділяють наступні методи: *макрометод* (1-10 г, 10-100 мл), *напівмікрометод* (0,05-0,5 г, 1-10 мл), *мікрометод* (10^{-3} - 10^{-6} г, 10^{-1} - 10^{-4} мл), *ультрамікрометод* (10^{-6} - 10^{-9} г, 10^{-4} - 10^{-9} мл) і *субмікрометод* (10^{-9} - 10^{-12} г, 10^{-7} - 10^{-10} мл).

Аналітичні ознаки речовини та аналітичні реакції

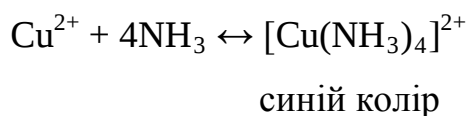
При проведенні якісного та кількісного аналізу використовують *аналітичні ознаки речовин та аналітичні реакції*.

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.

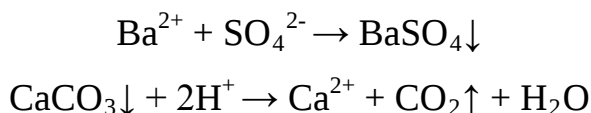
Аналітична реакція – хімічне перетворення досліджуваної речовини при дії аналітичного реагенту з утворенням продуктів з помітними аналітичними ознаками.

В якості аналітичних реакцій використовують наступні реакції:

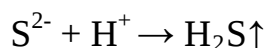
1. Утворення забарвлених сполук:



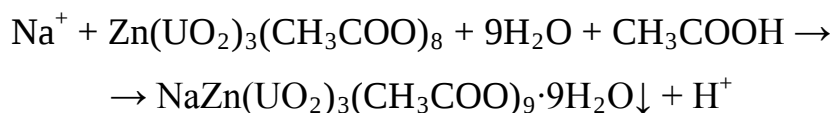
2. Утворення або розчинення осадів:



3. Утворення газів:



3. Утворення кристалів характерної форми:



4. Забарвлення полум'я газового пальника (солі натрію – жовтий, калію – фіолетовий).

5. Утворення сполук, що люмінесціюють у розчинах (літій з 8-оксихіноліном утворює продукт реакції, що має блакитну люмінесценцію).

За характером хімічної взаємодії реакції ділять на наступні типи:

1. Окисно-відновні реакції, пов'язані з перенесенням електрона.

2. Кисотно-основні реакції, пов'язані з перенесенням іону водню.
3. Реакції комплексоутворення.
4. Реакції осадження.

Способи виконання аналітичних реакцій

Аналітичні реакції можна виконувати «сухим» та «мокрим» шляхом.

При виконанні реакцій «сухим» шляхом досліджувана речовина та реагенти беруть у твердому стані і зазвичай виконують реакцію, нагріваючи до високої температури. При виконанні реакції «мокрим» шляхом спостерігають взаємодію досліджуваної речовини та реагентів у розчині.

До числа реакцій, що виконуюся «сухим» шляхом, відносяться реакції *забарвлення полум'я* солями деяких металів (солі стронцію – карміново-червоний, солі барію – зелений та ін.), утворення *забарвлених перлів* тетраборату натрію $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ або гідрофосфату натрію та амонію $\text{NaNH}_4\text{HPO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ при сплавленні їх з солями деяких металів, а також *сплавлення* досліджуваної твердої речовини з сумішами твердих Na_2CO_3 і K_2CO_3 або Na_2CO_3 і KNO_3 тощо.

Перераховані методи називаються *пірохімічними*. Іноді застосовують також *метод розтирання* досліджуваної твердої речовини з будь-яким твердим реактивом.

Частіше в якісному аналізі використовують реакції, виконувані «мокрим» шляхом. До них відносяться: *пробірочні* (кольорові, осадові тощо), *мікрокристалоскопічні* (виконуються на предметному склі), *крапельні* (виконуються на фільтровальному папері).

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.

Також відомі і різні аналітичні класифікації аніонів за групами – за здатністю до утворення малорозчинних сполук, за окисно-відновними властивостями.

Чутливість аналітичних реакцій

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

Кількісно чутливість реакцій характеризується *граничним розведенням* V_{lim} , *граничною концентрацією* C_{lim} (C_{min}), *мінімальним об'ємом гранично розведеного розчину* V_{min} , *межою виявлення (відкривальний мінімум) m* .

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):

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

У практиці аналітичної хімії визначуваний іон зазвичай відкривають за присутності інших іонів. Вплив сторонніх іонів, які не реагують з даним реагентом, залежить від їх концентрації і від умов проведення реакції. Вплив концентрації стороннього іону на дану реакцію характеризується *граничним відношенням*. Граничне відношення показує, при якому співвідношенні концентрацій визначуваного і стороннього іонів можна виявити даною реакцією визначуваний іон.

Наприклад, якщо $Pb^{2+}:Cu^{2+} = 1:25$, то відкривати катіони Pb^{2+} реакцією з KI можливо тільки за умови, що в досліджуваному розчині концентрація катіонів Cu^{2+} перевищує концентрацію катіонів Pb^{2+} не більше, ніж в 25 разів.

КИСЛОТНО-ОСНОВНА КЛАСИФІКАЦІЯ КАТІОНІВ ЗА ГРУПАМИ

Аналітична класифікація катіонів за групами базується на хімічних властивостях катіонів і тісно пов'язана з їх електронною будовою і положенням відповідних елементів в періодичній системі Д. І. Менделєєва. В основу цієї чи іншої аналітичної класифікації покладені їх схожість або відмінність по відношенню до дії певних аналітичних реагентів і властивості продуктів, що утворюються в ході аналітичних реакцій.

Кислотно-основна класифікація катіонів за групами заснована на використанні в якості групових реагентів водних розчинів кислот і основ. 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

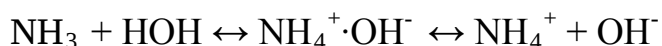
VI (аміакатна)	$\text{Cu}^{2+}, \text{Cd}^{2+}, \text{Hg}^{2+}, \text{Co}^{2+}, \text{Ni}^{2+}$	25 % розчин аміаку

Хіміко-аналітичні властивості катіонів I аналітичної групи

До I аналітичної групи належать катіони K^+ , Na^+ , утворені відповідними s^1 -елементами IA-підгрупи періодичної системи Д. І. Менделєєва і катіони амонію NH_4^+ .

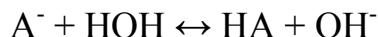
Усі s^1 -елементи є сильними відновниками і легко віддають електрон, утворюючи катіони з зарядом +1 з оболонкою інертного газу. У своєму періоді кожен з них має найбільший радіус, радіус зростає зі збільшенням номеру елемента. За величиною радіуса і хімічними властивостями до катіонів s^1 -елементів близькі катіони амонію. У воді катіони s^1 -елементів утворюють аквакомплекси за рахунок електростатичного тяжіння дипольних молекул води. Оскільки у цих іонів електронна оболонка має стійку конфігурацію інертного газу і ліганди – молекули води – мало впливають на стан електронів, всі вони у водних розчинах є безбарвними і кольорові сполуки утворюють із забарвленими аніонами або за рахунок поляризації аніонів великого розміру.

Гідроксиди катіонів калію і натрію мають виражені основні властивості, у розчинах повністю іонізують. Розчини аміаку мають лужне середовище, оскільки аміак, будучи слабкою основою Бренстеда, частково вступає в реакцію протолізу з молекулами води, утворюючи іонну пару, а потім NH_4^+ . При цьому виділяється OH^- , обидві форми аміаку знаходяться в рівновазі:

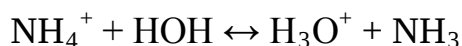


Солі катіонів лужних металів зі слабкими кислотами піддаються гідролізу за аніоном. При розчиненні у воді солі повністю дисоціюють. Утворені аніони слабкої кислоти є сильними основами, протонуються

внаслідок протолітичної взаємодії з молекулами води, утворюючи слабку кислоту і гідроксид-іони:



Тому розчини сульфідів, карбонатів та інших солей слабких кислот цих катіонів мають лужне середовище. Солі амонію піддаються гідролізу за катіоном, утворюючи іон гідроксонію і аміак, внаслідок чого їх розчини мають кисле середовище:



Іони лужних металів утворюють нестійкі комплексні сполуки в безводному середовищі. В реакції комплексоутворення у воді вони майже не вступають. Іони лужних металів (окрім NH_4^+) дуже стійкі і не реагують з окисниками і відновниками.

Більшість солей катіонів лужних металів і амонію добре розчинні у воді. *Катіони I аналітичної групи не мають групового реагенту і в усіх аналітичних класифікаціях виділяються в окрему групу.* Вони утворюють осадки з великими аніонами, які легко поляризуються.

Летючі солі лужних металів (крім NH_4^+) забарвлюють полум'я пальника. Проби забарвлення полум'я є одними з найбільш уживаних методів виявлення сполук лужних металів. Жовтий колір, викликаний натрієм, маскує інші кольори полум'я – червоно-фіолетовий колір калію. Тому, якщо полум'я має жовтий колір, його розглядають (при виявленні інших катіонів) через синє скло.

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, сформулювати 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 І 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 $6,25 \cdot 10^6$ мл/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 тетратіоціаномеркурату(II) амонію.

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

5.4. Приклад розв'язання задач

Задача 1. Катіони срібла Ag^+ можна виявити реакцією з хромат-іонами за утворенням червоного осаду хромату срібла при мінімальному об'ємі гранично розведеного розчину нітрату срібла з молярною концентрацією 0,0004 моль/л, який дорівнює 0,02 мл. Визначте межу виявлення і граничне розведення для катіону Ag^+ .

Рішення. Спочатку знайдемо граничну концентрацію катіонів Ag^+ :

$$C_{\text{lim}} = \frac{C_{\text{M}(\text{AgNO}_3)} \cdot M_{(\text{AgNO}_3)}}{1000} = \frac{0,0004 \cdot 107,9}{1000} = 4 \cdot 10^{-5} \text{ г/мл.}$$

Знаючи C_{lim} можна розрахувати межу виявлення і граничне розведення:

$$m = C_{\text{lim}} \cdot V_{\text{min}} \cdot 10^6 = 4 \cdot 10^{-5} \cdot 0,02 \cdot 10^6 = 0,8 \text{ мкг;}$$

$$V_{\text{lim}} = \frac{1}{C_{\text{lim}}} = \frac{1}{4 \cdot 10^{-5}} = 2,5 \cdot 10^4 \text{ мл/г.}$$

Відповідь: 0,8 мкг; $2,5 \cdot 10^4$ мл/г.

Задача 2. Граничне розведення катіонів $\text{Ni}^{2+}:\text{Fe}^{2+}$ при визначенні катіонів нікелю реактивом Чугаєва дорівнює 1:200 при відкривальному мінімумі катіонів нікелю 0,4 мкг. Обчисліть граничне розведення катіонів нікелю і заліза, якщо для реакції потрібно 0,002 мл досліджуваного розчину.

Рішення. Граничне розведення катіонів Ni^{2+} розраховуємо за формулою:

$$V_{\lim(\text{Ni}^{2+})} = \frac{V_{\min} \cdot 10^6}{m_{(\text{Ni}^{2+})}} = \frac{0,002 \cdot 10^6}{0,4} = 5000 \text{ мл/г.}$$

Знаючи граничне розведення катіонів $\text{Ni}^{2+}:\text{Fe}^{2+}$ можна розрахувати відкривальний мінімум катіонів Fe^{2+} :

$$m(\text{Fe}^{2+}) = m(\text{Ni}^{2+}):(1:200) = 0,4 \cdot 200 = 80 \text{ мкг.}$$

Розраховуємо граничне розведення катіонів Fe^{2+} :

$$V_{\lim(\text{Fe}^{2+})} = \frac{V_{\min} \cdot 10^6}{m_{(\text{Fe}^{2+})}} = \frac{0,002 \cdot 10^6}{80} = 25 \text{ мл/г.}$$

Відповідь: 5000 мл/г; 25 мл/г.

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. Миш'яку.

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.

Е. 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 :

А. Натрію.*

В. Калію.

С. Амонію.

Д. Свинцю.

Е. 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:

А. Амонію.*

В. Ртуті(I).

С. Срібла

Д. Кобальту

Е. 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:

А. Натрію та калію.*

В. Натрію та стронцію.

С. Калію та кальцію.

Д. Натрію та барію.

Е. 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.*

- В. Додати розчин лугів.
- С. Нагріти розчин.
- Д. Додати органічний розчинник.
- Е. Створити необхідне рН середовища

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

- А. Тартратна кислота.*
- В. Ацетатна кислота.
- С. Саліцилова кислота.
- Д. Оксалатна кислота.
- Е. Бензойна кислота.

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

- А. Цинкуранілацетат.*
- В. Гідротартрат калію.
- С. Бензоат калію.
- Д. Оксалат калію.
- Е. Тетрайодмеркурат(II) калію.

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

- А. Чутливістю реакції.*
- В. Вибірковістю реакції.
- С. Специфічністю реакції.
- Д. Кількістю реагенту.
- Е. 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.
- E. Загальними.

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

- A. Оборотний, можна застосувати ЗДМ.*
- B. Необоротний, не можна застосувати ЗДМ.
- C. Оборотний, не можна застосувати ЗДМ.
- D. Необоротний, можна застосувати ЗДМ.
- E. Рівноважний, не можна застосувати ЗДМ.

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

- A. Молярна концентрація.*
- B. Масова доля.
- C. Молярна концентрація еквіваленту.
- D. Молярна доля.
- E. Моляльна концентрація.

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

- A. Утворюється білий кристалічний осад.*
- B. Розчин здобуває жовте забарвлення.
- C. Утворюється білий аморфний осад.
- D. 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(ІІІ) натрію.
- Д. Реакція з тетраїодомеркуратором(ІІ) калію у лужному середовищі.
- Е. Реакція з гексанітрокобальтом(ІІІ) натрію у кислому середовищі.

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

- А. Півторакратний надлишок.*
- В. Еквівалентну кількість.
- С. Довільно надлишковий.
- Д. Трикратний надлишок.
- Е. Двократний надлишок.

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

- А. 2-3 краплі досліджуваного розчину.*
- В. 10-20 крапель.
- С. 5-10 крапель.
- Д. 1 крапля.
- Е. 5 крапель.

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

- А. Жовто-зелених октаедрів та тетраедрів.*
- В. Жовто-зелених кубічних кристалів.

- С. Жовто-зелених ігольчастих кристалів.
- Д. Коричневих кубічних кристалів.
- Е. Коричневих октаедрів та тетраедрів.

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

- А. Реактив Несслера.*
- В. Реактив Ільїнського.
- С. Реактив Чугаєва.
- Д. Реактив Гриса.
- Е. Реактив Фелінга.

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

- А. Чорних кубічних кристалів.*
- В. Жовто-зелених кубічних кристалів.
- С. Жовто-зелених ігольчастих кристалів.
- Д. Жовто-зелених октаедрів та тетраедрів.
- Е. Коричневих октаедрів та тетраедрів.

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

- А. Na^+ , K^+ , NH_4^+ .*
- В. Na^+ , K^+ , NH_4^+ , Ag^+ .
- С. Na^+ , K^+ , Ag^+ .
- Д. Na^+ , K^+ , NH_4^+ , Cu^{2+} .
- Е. Na^+ , K^+ , NH_4^+ , Pb^{2+} .

25. Яка з вказаних реакцій визначення катіонів аммонію 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. Тетрайодомеркурат(II) калію.*
- B. Гідротартрат натрію.
- C. Гексанітрокобальтат натрію.
- D. Гексаціаноферат(II) калію.
- E. Цинкуранілацетат.

27. Для виявлення катіонів амонію використовують комплексну сполуку ртуті, а саме реактив Несслера. Яка хімічна формула цієї сполуки?

- A. $K_2[HgCl_4]$.
- B. $[Hg(NH_3)_2Cl_2]$.
- C. $K_2[Hg(CN)_4]$.
- D. $K_2[HgI_4]$.*
- E. $[Hg(NH_3)_4](NO_3)_2$.

28. При нагріванні досліджуваного розчину з лугом відчують різкий запах і спостерігають появу синього забарвлення на червоному лакмусовому папері, змоченого водою. Які іони дають такий ефект?

- A. Нітрит-іони.
- B. Ацетат-іони.
- C. Іони калію.
- D. Іони амонію. *
- E. Карбонат-іони.

29. Сухий залишок, отриманий після упарювання аналізованого розчину, забарвлює безбарвне полум'я пальника в жовтий колір, а при розгляді через синє скло - в фіолетовий. Які катіони знаходилися в сухому залишку?

A. Na^+ , Sr^{2+} .

B. Ca^{2+} , K^+ .

C. Na^+ , K^+ .*

D. Na^+ , Ca^{2+} .

E. Li^+ , Ba^{2+} .

30. Необхідно провести ідентифікацію суміші, що містить катіони першої аналітичної групи (Li^+ , NH_4^+ , Na^+ , K^+). Який з цих катіонів визначають з реактивом Несслера?

A. Натрію.

B. Літію.

C. Калію.

D. Амонію. *

E. Усі іони.

31. У лабораторії необхідно ідентифікувати катіон амонію. Можна використовувати розчин:

A. Реактива Несслера. *

B. Калію хромату.

C. Цинкуранілацетату.

D. Реактива Чугаєва.

E. Натрію сульфату.

32. При дії на аналізований розчин лугом при нагріванні виділяється газ, що змінює забарвлення червоного вологого лакмусового паперу на синій. Це

свідчить про присутність в розчині:

- A. Іонов амонію. *
- B. Карбонат-іонів.
- C. Іонов свинцю.
- D. Іонов вісмуту.
- E. Хлорид-іонов.

33. Сухий залишок, отриманий після упарювання аналізованого розчину, забарвлює безбарвне полум'я пальника у жовтий колір, а при розгляді через синє скло – у фіолетовий. Які катіони знаходилися у сухому залишку?

- A. Na^+ , K^+ . *
- B. Ca^{2+} , K^+ .
- C. Na^+ , Sr^{2+} .
- D. Li^+ , Ba^{2+} .
- E. Na^+ , Ca^{2+} .

34. Який катіон знаходиться у розчині, якщо при нагріванні з лугом виділяється газ з різким запахом?

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

35. Який аналітичний ефект спостерігається при визначенні катіона калію розчином натрію гексанітрокобальтату (III)?

- A. Жовтий кристалічний осад. *
- B. Білий кристалічний осад
- C. Жовте забарвлення розчину
- D. Чорний кристалічний осад

Е. Червоний кристалічний осад

36. До I аналітичної групи катіонів кислотно-основної класифікації відносяться катіони:

- А. Натрію, калію, амонію. *
- В. Кальцію, стронцію, барію.
- С. Срібла, свинцю, нікелю.
- Д. Алюмінію, магнію, цинку.
- Е. Калію, барію, вісмуту.

37. Чому катіони I аналітичної групи (кисотно-основна класифікація) не мають групового реагенту?

- А. Більшість їх солей розчинні у воді. *
- В. Мають близькі іонні радіуси.
- С. Мають великі іонні радіуси.
- Д. Мають здатність утворювати розчинні луги.
- Е. Відносяться до біологічно активних елементів.

38. У фармакопейному аналізі для ідентифікації іонів натрію використовують реакцію з:

- А. 2-метокси-2-фенілукусною кислотою. *
- В. 8-оксіхіноліном.
- С. Дифеніламіном.
- Д. Діацетилдіоксімом.
- Е. Тетрафенілборатом.

39. Яким аналітичним ефектом супроводжується реакція визначення катіонів калію при дії натрію гидротартрату?

- А. Жовтий осад.
- В. Бурий осад.
- С. Жовте забарвлення розчину.
- Д. Білий аморфний осад.
- Е. Білий кристалічний осад. *

Література

1. Аналітична хімія: навч. посіб. для фармац. вузів та ф-тів III-IV рівня акредитації / В. В. Болотов, О. М. Свєчнікова, 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. Свєчнікова, 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. 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

При виконанні усіх лабораторних робіт кожен студент індивідуально виконує всі зазначені реакції на іони, дотримуючись умов проведення реакцій, і вивчає властивості продуктів реакції (забарвлення розчину або осаду, розчинність опадів, стійкість продуктів реакції, форму кристалів тощо.

Характерні реакції катіонів І аналітичної групи

Реакції K^+ -іонів

1. Реакція з гідротартратом натрію або тартратною кислотою

Виконання реакції. До чотирьох пробірок поміщають по 5-6 крапель розчину K^+ -іонів і додають стільки ж крапель розчину реагенту. Пробірки охолоджують і потирають внутрішні стінки скляною паличкою. Спостерігають утворення осаду і відмічають його колір.

Вивчають розчинність осадів в перших трьох пробірках у розчинах HCl , $NaOH$, CH_3COOH , а осад в четвертій пробірці нагрівають.

2. Реакція з гексанітрокобальтатом(III) натрію

Виконання реакції. До чотирьох пробірок поміщають по 2-3 краплі розчину K^+ -іонів, додають по 1-2 краплі свіжоприготованого розчину $Na_3[Co(NO_2)_6]$.

Вивчають розчинність осадів в перших трьох пробірках у розчинах HCl , $NaOH$, CH_3COOH , а осад в четвертій пробірці нагрівають.

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

Виконання реакції. На предметне скло поміщають 1 краплю розчину K^+ -іонів, 1 краплю розчину гексанітрокупрату(II) свинцю і натрію та змішують скляною паличкою. Суміш витримують кілька хв і під мікроскопом вивчають форму і колір утворених кристалів.

4. Реакція забарвлення полум'я

Виконання реакції. Чистий прокалений ніхромовий дріт з петлею на кінці опускають у хлорид калію. Вносять дріт в безбарвне полум'я пальника і відмічають забарвлення полум'я. За присутності солей натрію забарвлення полум'я розглядають через синє скло.

Реакції Na^+ -іонів

1. Реакція з цинкураніацетатом (мікрокристалоскопічна)

Виконання реакції. На предметне скло поміщають 1 краплю розчину Na^+ -іонів, 1 краплю розчину цинкураніацетату та змішують скляною паличкою. Суміш витримують 3-5 хв і під мікроскопом вивчають форму і колір утворених кристалів.

2. Реакція з гексагідроксоантимонатом(V) калію

Виконання реакції. До чотирьох пробірок поміщають по 3-4 краплі розчину Na^+ -іонів, додають по 2-3 краплі свіжоприготованого розчину гексагідроксоантимонату(V) калію. Пробірки охолоджують і потирають внутрішні стінки скляною паличкою. Спостерігають утворення осаду і відмічають його колір.

Вивчають розчинність осадів в перших трьох пробірках у розчинах HCl , NaOH , CH_3COOH , а осад в четвертій пробірці нагрівають.

3. Реакція з метоксифенілацетатною кислотою

Виконання реакції. До пробірки поміщають 3-4 краплі розчину Na^+ -іонів, додають 1,5 мл метоксифенілацетатної кислоти, охолоджують у крижаній воді протягом 30 хв. Спостерігають утворення білого кристалічного осаду. Пробірку з осадом поміщають у воду за температури 20°C і перемішують протягом 5 хв, осад не зникає. До суміші додають 1 мл розчину аміаку і спостерігають повне розчинення осаду. При додаванні до одержаного розчину 1 мл розчину карбонату амонію осад не утворюється.

4. Реакція забарвлення полум'я

Виконання реакції. Чистий прокалений ніхромовий дріт з петлею на кінці опускають у хлорид натрію. Вносять дріт у безбарвне полум'я пальника і відмічають забарвлення полум'я.

Реакції NH_4^+ -іонів

1. Реакція з гідроксидами лужних металів

Виконання реакції. 2-3 краплі розчину NH_4^+ -іонів поміщають до пробірки, додають дві краплі 2 М розчину гідроксиду натрію. Пробірку нагрівають, тримаючи над пробіркою змочений дистильованою водою

червоний лакмусовий папір. Відзначають зміну кольору індикаторного паперу.

2. Реація з реактивом Несслера

Виконання реакції. До пробірки поміщають 1 краплю розчину NH_4^+ -іонів, 5 крапель дистильованої води і додають 2-3 краплі реактиву Несслера.

3. Видалення NH_4^+ -іонів

а). Розкладання.

Виконання реакції. Видалення NH_4^+ -іонів проводять розкладанням при нагріванні на водяній бані.

б). Зв'язування формальдегідом у гексаметилентетрамін.

Виконання реакції. До декількох крапель розчину NH_4^+ -іонів додають стільки ж крапель розчину формальдегіду (40%-ного) і 1 краплю фенолфталеїну. Сюди ж додають по краплях розчин Na_2CO_3 до появи стійкого рожевого забарвлення. При утворенні осаду суміш нагрівають і центрифугують. Осад відкидають, до отриманого розчину додають по краплях розчин CH_3COOH до зникнення забарвлення, а реактивом Несслера в окремій пробі перевіряють відсутність у ньому NH_4^+ -іонів.

7. НАГЛЯДНІ МАТЕРІАЛИ, ТЗ НАВЧАННЯ І КОНТРОЛЮ

7.1. Табличний фонд за темою заняття.

7.2. Навчальні посібники.

ПОЛОЖЕННЯ ТЕОРІЇ СИЛЬНИХ ЕЛЕКТРОЛІТІВ

Поведінка сильних електролітів суттєво відрізняється від поведінки слабких 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*.

Однак численні дослідження, наприклад, вимірювання електропровідності, осмотичного тиску, зниження температури замерзання або підвищення температури кипіння розчинів, приводить до висновку про неповну дисоціацію сильних електролітів. При дисоціації сильних електролітів утворюється багато іонів, які (особливо в сильно концентрованих розчинах) знаходяться настільки близько один до одного, що між ними починають діяти сили електростатичного притягання і відштовхування. Завдяки межіонним силам кожен іон є оточеним іонною атмосферою, тобто протилежно зарядженими іонами. Виникнення цих тимчасових межіонних зв'язків призводить до зменшення кількості вільних іонів, які проводять струм через розчин. Таким чином, величина ступеня дисоціації, обчислена на підставі електропровідності відповідного розчину, є для сильних електролітів не істинним, а уявним ступенем дисоціації.

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.

Для нескінченно розведених розчинів активність дорівнює молярній концентрації речовини, для реальних розчинів $a < C_M$.

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

Гетерогенна система – це система, що складається з декількох фаз, наприклад, з насиченого розчину і осаду відповідної речовини.

У гетерогенній системі за постійної температури рано чи пізно досягається стан динамічної рівноваги.

Розчинність

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

Використовують різні способи вираження розчинності.

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 $K_n A_m \leftrightarrow nK^{m+} + mA^{n-}$ *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:

$$ДР = [K^{m+}]^n \cdot [A^{n-}]^m$$

Наприклад, для AgCl – електроліта однотипного складу:

$$ДР_{AgCl} = a_{Ag^+} \cdot a_{Cl^-} \text{ (термодинамічний)}$$

$$ДР_{AgCl} = [Ag^+] \cdot [Cl^-] \text{ (концентраційний)}$$

Для Ba₃(PO₄)₂ – електроліта неоднотипного складу:

$$ДР_{Ba_3(PO_4)_2} = a_{Ba^{2+}}^3 \cdot a_{PO_4^{3-}}^2 \text{ (термодинамічний)}$$

$$ДР_{Ba_3(PO_4)_2} = [Ba^{2+}]^3 \cdot [PO_4^{3-}]^2 \text{ (концентраційний)}$$

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 співставляти 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.

Жодне осадження не може бути абсолютно повним. Осадження вважається повним, якщо концентрація осаджуваних іонів у розчині над осадом не перевищує $1 \cdot 10^{-6}$ моль/л.

Вплив однойменних іонів на розчинність

Якщо до насиченого розчину електроліту додати розчин іншого електроліту, що містить однойменний іон, то добуток концентрацій іонів, що утворюють малорозчинний електроліт, перевищить величину ДР, розчин стане пересиченим, і стане випадати осад.

Таким чином, уведення до розчину електроліту, що містить однойменні з осадом іони, які не утворюють з ним розчинні комплексні сполуки, *знижує розчинність малорозчинного електроліту*, тобто збільшує повноту осадження речовини.

Вплив сторонніх іонів на розчинність

При наявності в насиченому розчині малорозчинного електроліту сторонніх іонів (тобто не є спільними з іонами осаду) збільшується іонна сила, і внаслідок цього знижується активність іонів осаду, а також і значення іонного добутку, що сприяє розчиненню осаду.

Явище підвищення розчинності малорозчинного електроліту при уведенні до розчину електроліту, що містить сторонні іони, називається *сольовим ефектом*.

Хіміко-аналітичні властивості катіонів II аналітичної групи

До II аналітичної групи належать катіони Ag^+ , Hg_2^{2+} , Pb^{2+} .

Катіони срібла і ртуті(I) утворені відповідними d-елементами IB і IIB-підгруп періодичної системи Д. І. Менделєєва. Вони мають завершену 18-електронну оболонку і постійний ступінь окиснення. Оскільки d-орбіталі повністю заповнені електронами, то у водних розчинах аква-комплексів відповідних катіонів забарвлення не мають, але внаслідок високих поляризованих властивостей утворюють багато забарвлених сполук.

Катіони Ag^+ , Hg_2^{2+} утворюють нерозчинні у воді сульфідні, фосфатні, оксалатні, гідроксидні. Поляризовані властивості у катіонів срібла і ртуті(I) завдяки малому радіусу і великому заряду виражені сильно. Вони мають високу здібність до комплексоутворення і утворюють комплекси як з неорганічними (NH_3 , SCN^- та ін.), так і з органічними лігандами (дитизон). Для катіонів Ag^+ , Hg_2^{2+} характерні окисно-відновні реакції, які є характерними якісними реакціями.

Катіон свинцю Pb^{2+} утворений відповідним p-елементом IVB-підгрупи періодичної системи Д. І. Менделєєва. Гідроксид свинцю має амфотерні властивості.

p-Елементи мають сильну поляризовану дію внаслідок збільшення заряду ядра і зменшення радіусу. Вони утворюють багатьох сполук з ковалентними зв'язками, які є малорозчинними у воді (сульфідні, фосфатні, гідроксидні та ін.). Сульфат і хлорид свинцю мало розчинні у воді, що стало підставою для віднесення Pb^{2+} до групи катіонів, які осаджуються HCl.

Катіони свинцю у водних розчинах безбарвні, проте внаслідок високої поляризованої здатності можуть утворювати забарвлені сполуки з рядом

безбарвних аніонів (сульфіди, іодіди). Солі свинцю мають здатність до реакції гідролізу за катіоном, вони утворюють комплексні сполуки як з неорганічними (йодид-, хлорид-іони), так і з органічними лігандами (родізонат натрію, дитизон).

Груповим реагентом на катіони II аналітичної групи є 2 М розчин HCl. Груповий реагент осаджує з водних розчинів катіони II аналітичної групи у вигляді осадів малорозчинних у воді хлоридів срібла AgCl , ртуті(I) Hg_2Cl_2 і свинцю PbCl_2 .

Хіміко-аналітичні властивості катіонів III аналітичної групи

До III аналітичної групи належать катіони Ba^{2+} , Sr^{2+} , Ca^{2+} , які утворені відповідні s^2 -елементи IIА-підгрупи періодичної системи Д. І. Менделєєва. Ступінь окиснення цих катіонів постійний і дорівнює +2, вони мають стійкі оболонки типу інертного газу. У порівнянні з катіонами s^1 -елементів їх радіуси є меншими, заряд більшим, тому вони мають більш високі поляризуючі властивості. Основність і розчинність гідроксидів цих елементів збільшується зі зростанням атомної маси в зв'язку зі зменшенням їх поляризуючих властивостей і збільшенням радіусу іона. Найбільш вираженою основністю володіє $\text{Ba}(\text{OH})_2$. Завдяки цьому s^2 -елементи називають лужноземельними. Основність їх гідроксидів менша, ніж у s^1 -елементів.

Лужноземельні метали утворюють більшу, в порівнянні з катіонами s^1 -елементів, кількість малорозчинних сполук, що пов'язано з їх великим зарядом і високою поляризуючою дією. У воді добре розчинні галогени (крім фторидів), ацетати, сульфідів, нітрати катіонів II А-підгрупи. Розчинність BaSO_4 , SrSO_4 , CaSO_4 знижується зі збільшенням радіусу іона. Аналогічна картина спостерігається і для хроматів. Карбонати, фосфати і оксалати катіонів s^2 -елементів у воді розчинні погано.

У водних розчинах катіони лужноземельних металів гідратуються, утворюючи безбарвні аква-комплекси. Катіони s^2 -елементів схильні до комплексоутворення за електростатичним типом. Їх комплекси лабільні, мають низьку стійкість. Комплексні сполуки з рядом органічних реагентів використовують для їх виявлення і кількісного визначення. Для виявлення катіонів s^2 -елементів застосовують реакції забарвлення полум'я, реакції осадження і комплексоутворення.

Груповим реагентом на катіони III аналітичної групи є 1 М розчин H_2SO_4 . Під дією групового реагенту катіони III аналітичної групи осаджуються у вигляді малорозчинних у воді осадів сульфатів барію $BaSO_4$, стронцію $SrSO_4$ і кальцію $CaSO_4$.

Заняття № 2

1. ТЕМА: Якісні реакції катіонів II (Ag^+ , Hg_2^{2+} , Pb^{2+}) та III (Ba^{2+} , Sr^{2+} , 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 сульфиду срібла міститься $1,25 \cdot 10^{-15}$ г солі. Обчисліть добуток розчинності сульфиду 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.

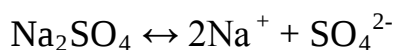
Задача 4. Обчисліть, у скільки разів розчинність (у г/л) карбонату свинцю в чистій воді перевищує розчинність його в 0,01 М розчині карбонату натрію.

Відповідь: 31650 разів.

5.4. Приклад розв'язання задач

Задача 1. Визначте іонну силу і активність іонів у розчині, що містить у 1 л 0,01 моль сульфату натрію і 0,005 моль хлориду алюмінію.

Рішення. Сульфат натрію і хлорид алюмінію як сильні електроліти у водному розчині розпадаються на іони повністю:



Концентрація кожного іона в розчині дорівнює:

$$[\text{Na}^+] = 2 \cdot 0,01 = 0,02 \text{ моль/л};$$

$$[\text{SO}_4^{2-}] = 0,01 \text{ моль/л};$$

$$[\text{Al}^{3+}] = 0,005 \text{ моль/л};$$

$$[\text{Cl}^-] = 3 \cdot 0,005 = 0,015 \text{ моль/л}.$$

Активність іонів в розчині розраховується за формулою:

$$a = C_M \cdot f$$

Для знаходження коефіцієнтів активності попередньо розраховуємо іонну силу розчину:

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

$$I = 0,5 \cdot (0,02 \cdot 1^2 + 0,01 \cdot 2^2 + 0,005 \cdot 3^2 + 0,015 \cdot 1^2) = 0,06.$$

У «Справочнике по аналитической химии» наведені таблиці розрахованих коефіцієнтів активності для різних значень іонної сили. Для розрахованого значення іонної сили довідкові значення f рівні:

$$f(\text{Na}^+) = 0,81; f(\text{Cl}^-) = 0,81; f(\text{Al}^{3+}) = 0,24; f(\text{SO}_4^{2-}) = 0,45.$$

Розраховуємо активності іонів в розчині:

$$a(\text{Na}^+) = C(\text{Na}^+) \cdot f(\text{Na}^+) = 0,02 \cdot 0,81 = 0,016 \text{ моль/л};$$

$$a(\text{Cl}^-) = C(\text{Cl}^-) \cdot f(\text{Cl}^-) = 0,015 \cdot 0,81 = 0,012 \text{ моль/л};$$

$$a(\text{Al}^{3+}) = C(\text{Al}^{3+}) \cdot f(\text{Al}^{3+}) = 0,005 \cdot 0,24 = 0,0012 \text{ моль/л};$$

$$a(\text{SO}_4^{2-}) = C(\text{SO}_4^{2-}) \cdot f(\text{SO}_4^{2-}) = 0,01 \cdot 0,45 = 0,0045 \text{ моль/л}.$$

Відповідь: 0,06; $a(\text{Na}^+) = 0,016 \text{ моль/л}$; $a(\text{Cl}^-) = 0,012 \text{ моль/л}$; $a(\text{Al}^{3+}) = 0,0012 \text{ моль/л}$; $a(\text{SO}_4^{2-}) = 0,0045 \text{ моль/л}$.

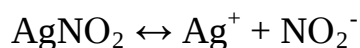
Задача 2. Розчинність нітриту срібла в 100 г води за 20°C дорівнює 0,340 г. Обчисліть концентраційний і термодинамічний добуток розчинності нітриту срібла.

Рішення. Оскільки при обчисленні добутку розчинності використовуються молярні концентрації, то спочатку розрахуємо C_M :

$$M(\text{AgNO}_2) = 153,9 \text{ г/моль};$$

$$C_M = \frac{0,340 \cdot 1000}{M_{(\text{AgNO}_2)} \cdot 100} = \frac{0,340 \cdot 1000}{153,9 \cdot 100} = 2,21 \cdot 10^{-2} \text{ моль/л}.$$

Дисоціація нітриту срібла проходить за схемою:



Отже $[\text{Ag}^+] = [\text{NO}_2^-] = 2,21 \cdot 10^{-2}$ моль/л. Тоді концентраційний добуток розчинності дорівнює:

$$\text{ДР}_\kappa = [\text{Ag}^+] \cdot [\text{NO}_2^-] = (2,21 \cdot 10^{-2})^2 = 4,88 \cdot 10^{-4}.$$

При розрахунку термодинамічного добутку розчинності користуються активностями іонів. Тому спочатку розраховуємо іонну силу розчину і в «Справочнике по аналитической химии» знаходимо коефіцієнти активності іонів за даної іонної сили:

$$I = 0,5 \sum C \cdot Z^2 = 0,5 \cdot (2,21 \cdot 10^{-2} \cdot 1^2 + 2,21 \cdot 10^{-2} \cdot 1^2) = 0,022;$$

$$f(\text{Ag}^+) = f(\text{NO}_2^-) = 0,86.$$

Розраховуємо активність іонів в розчині:

$$a(\text{Ag}^+) = a(\text{NO}_2^-) = C \cdot f = 2,21 \cdot 10^{-2} \cdot 0,86 = 1,90 \cdot 10^{-2} \text{ моль/л};$$

Термодинамічний добуток розчинності дорівнює:

$$\text{ДР}_\tau = a(\text{Ag}^+) \cdot a(\text{NO}_2^-) = (1,90 \cdot 10^{-2})^2 = 3,61 \cdot 10^{-4}.$$

$$\text{Відповідь: } \text{ДР}_\kappa = 4,88 \cdot 10^{-4}; \text{ ДР}_\tau = 3,61 \cdot 10^{-4}.$$

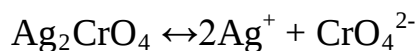
Задача 3. Обчисліть, у скільки разів молярна розчинність хромату срібла в чистій воді перевищує розчинність цієї солі в 0,01 М розчині нітрату срібла.

Рішення. Розраховуємо спочатку розчинність Ag_2CrO_4 в чистій воді:

$$P_{\text{M}_1(\text{Ag}_2\text{CrO}_4)} = \sqrt[m+n]{\frac{\text{ПР}}{m^m \cdot n^n}} = \sqrt[2+1]{\frac{1,1 \cdot 10^{-12}}{2^2 \cdot 1^1}} = 6,46 \cdot 10^{-5} \text{ моль/л}.$$

Розчинність Ag_2CrO_4 за присутності однойменних іонів – катіонів срібла, розраховуємо за добутком розчинності, прийнявши концентрацію катіонів срібла рівною концентрації нітрату срібла:

$$[\text{Ag}^+] = 0,01 \text{ моль/л};$$



$$\text{ПР}(\text{Ag}_2\text{CrO}_4) = [\text{Ag}^+]^2 \cdot [\text{CrO}_4^{2-}], \text{ звідки}$$

$$P_{M_2(Ag_2CrO_4)} = [CrO_4^{2-}] = \frac{PP_{(Ag_2CrO_4)}}{[Ag^+]^2} = \frac{1,1 \cdot 10^{-12}}{0,01^2} = 1,1 \cdot 10^{-8} \text{ моль/л.}$$

Таким чином, при введенні до розчину нітрату срібла розчинність хромату срібла зменшилась у 5870 разів:

$$\frac{P_{M_1(Ag_2CrO_4)}}{P_{M_2(Ag_2CrO_4)}} = \frac{6,46 \cdot 10^{-5}}{1,1 \cdot 10^{-8}} = 5870$$

Відповідь: 5870 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(І) 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 тіоціанату амонію.

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

- A. Ag^+ , Pb^{2+} , Hg_2^{2+} .*
- B. Ag^+ , Pb^{2+} , Hg^{2+} .
- C. Ag^+ , Pb^{2+} , Hg_2^{2+} , Bi^{3+} .
- D. Ag^+ , Hg_2^{2+} , Hg^{2+} .
- E. Pb^{2+} , Hg_2^{2+} , Hg^{2+} .

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

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

8. При дії на катіони Hg_2^{2+} розчином йодиду 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.
- E. Яскраво-червоного кольору, розчинний у надлишку реагенту.

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

- A. У розчині аміаку.*
- B. У розчині ацетату амонію.
- C. У розчині йодиду калію.
- D. У 2 М розчині нітратної кислоти.
- E. У 2 М розчині гідроксиду натрію.

10. При дії групового реагенту на катіони II аналітичної групи катіони свинцю випадають в осад PbCl_2 , який розчинний:

- A. У гарячій воді.*
- B. У 0,2 М розчині карбонату натрію.
- C. У насиченому розчині карбонату натрію.
- D. У 2 М розчині сульфатної кислоти.
- E. В етанолі.

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

- A. Підвищення розчинності при уведенні стороннього електроліту.*
- B. Підвищення розчинності при уведенні однойменного електроліту.
- C. Зниження розчинності при уведенні стороннього електроліту.
- D. Зниження розчинності при уведенні однойменного електроліту.
- E. 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:

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

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

- A. Барію.*
- B. Стронцію.
- C. Натрію.
- D. Кальцію.
- E. 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).
- E. 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:

- A. Свинцю.*
- B. Срібла.
- C. Висмуту.
- D. Ртуті(II).
- E. 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:

- A. Свинцю.*
- B. Срібла.
- C. Барію.
- D. Кальцію.
- E. 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:

- A. Барію.*
- B. Кальцію.
- C. Стронцію.

D. Магнію.

E. Натрію.

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

A. 1 М розчину сульфатної кислоти за присутності етанолу.*

B. 1 М розчину сульфатної кислоти.

C. 1 М розчину хлоридної кислоти.

D. 6 М розчину гідроксиду натрію.

E. 1 М розчину хлоридної кислоти за присутності етанолу.

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

A. Насичений розчин сульфату кальцію в воді.*

B. Розчин гідроксиду кальцію.

C. Насичений розчин вуглекислого газу у воді.

D. Розчин нітрату барію у воді.

E. 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:

A. Етиловий спирт.*

B. Надлишок сульфату аммонію.

C. Бензол.

D. Хлороформ.

E. Аміловий спирт.

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

- A. Коефіцієнтом активності.*
- B. Коефіцієнтом рухомості.
- C. Коефіцієнтом розподілення.
- D. Коефіцієнтом концентрування.
- E. Коефіцієнтом розділення.

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

- A. З сульфатною кислотою, мікрокристалоскопічна реакція.*
- B. С оксалатом амонію.
- C. Забарвлення полум'я.
- D. З карбонатом амонію.
- E. З сульфатом натрію.

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

- A. Водний розчин аміаку.*
- B. Концентрована азотна кислота.
- C. Розведена азотна кислота.
- D. Розчин сульфатної кислоти.
- E. Розчин натрію гідроксиду.

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

- A. Кип'ятіння з розчином карбонату амонію.*
- B. Додавання етилового спирту.
- C. 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 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 CaSO_4 , SrSO_4 , 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.*
- B. Барію.
- C. Кальцію.
- D. Алюмінію.
- E. Магнію.

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

- A. Ацетат амонію.*
- B. Оксалат амонію.
- C. Карбонат амонію.
- D. Тіосульфат натрію.
- E. Фторид натрію.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

- A. 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:

- A. Свинцю.*
- B. Барію.
- C. Цинку.
- D. Срібла.
- E. Кадмію.

44. При додаванні розведеного розчину хлористоводневої кислоти до аналізованого розчину утворився білий сирнистий осад, повністю розчинний в розчині аміаку. Про присутність яких іонів це свідчить?

- A. Іонів кальцію.
- B. Іонів натрію.
- C. Іонів срібла. *
- D. Іонів заліза (II).
- E. Іонів калію.

45. До досліджуваного розчину додали гіпсову воду. Після нагрівання розчин помутнів. Які з наведених нижче катіонів присутні в розчині?

- A. Fe^{3+} .
- B. Mg^{2+} .
- C. Fe^{2+} .
- D. Sr^{2+} .*
- E. Ca^{2+} .

46. При додаванні до досліджуваного розчину лугу випадає чорний осад, а при нагріванні утворюється газ з різким запахом. Зазначте, яка з наведених нижче пар катіонів знаходиться у розчині:

- A. Свинцю і амонію.
- B. Натрію і амонію.

С. Ртуті (I) і ртуті (II).

Д. Калію і амонію.

Е. Ртуті (I) і амонію. *

47. В аналітичній практиці для виявлення іонів кальцію використовують граничну дикарбонову кислоту. Ця ж реакція служить для якісного виявлення цієї кислоти. Про яку з наведених нижче дикарбонових кислот йдеться?

А. Адипінова кислота.

В. Щавлева кислота. *

С. Малонова кислота.

Д. Глутарова кислота.

Е. Янтарна кислота.

48. У досліджуваній розчин додали 2 М розчин хлористоводневої кислоти. Випав осад білого кольору, який у результаті обробки концентрованим розчином аміаку почорнів. Це свідчить про присутність у розчині:

А. Катіонів ртуті (I). *

В. Катіонів срібла.

С. Катіонів ртуті (II).

Д. Катіонів свинцю.

Е. Катіонів вісмуту.

49. У досліджуваній розчин додали 1 М розчин сірчаної кислоти. Випав осад білого кольору, який розчиняється у лугах. Це свідчить про присутність у розчині:

А. Катіонів ртуті (I).

В. Катіонів срібла.

С. Катіонів барію.

D. Катіон свинцю. *

E. Катіонів кальцію.

50. У досліджуваний розчин додали розчин калію йодиду. Випав золотисто-жовтий осад, який розчиняється у гарячій воді, надлишку реагенту й оцтової кислоти. Це свідчить про присутність у розчині:

A. Катіонів вісмуту.

B. Катіонів срібла.

C. Катіонів ртуті (i).

D. Катіонів свинцю. *

E. Катіонів ртуті (ii).

51. До другої групи катіонів відносяться катіони Pb^{2+} , Ag^{+} , Hg_2^{2+} . Вкажіть груповий реагент на другу групу катіонів:

A. Розчин NH_3 .

B. Розчин HNO_3 .

C. Розчин H_2SO_4 .

D. Розчин $NaOH$.

E. Розчин HCl . *

52. До III аналітичної групи катіонів за кислотно-основною класифікацією належать іони Ba^{2+} , Ca^{2+} , Sr^{2+} . Який реагент використовують для відокремлення цих катіонів від катіонів інших аналітичних груп?

A. Розчин NH_4OH .

B. Розчин HCl .

C. Концентрований розчин аміаку.

D. Розчин $NaOH$.

E. Розчин H_2SO_4 . *

53. У досліджуваний розчин додали розчин калію хромату. Випав осад жовтого кольору, який не розчиняється в оцтовій кислоті. Це свідчить про наявність в розчині:

- A. Катіонів стронцію.
- B. Катіонів барію. *
- C. Катіонів кальцію.
- D. Катіон магнію.
- E. Катіонів натрію.

54. Який катіон знаходиться в розчині, якщо при нагріванні з лугом виділяється газ з різким запахом?

- A. Свинцю (II).
- B. Срібла (I).
- C. Ртуть (I).
- D. Ртуть (II).
- E. Амонію. *

55. За кислотно-основною класифікацією до III аналітичної групи катіонів відносяться Ca^{2+} , Sr^{2+} , Ba^{2+} . Вкажіть груповий реагент на катіони цієї групи:

- A. Кислота азотна.
- B. Кислота оцтова.
- C. Кислота сірчана + етанол. *
- D. Кислота щавлева.
- E. Кислота хлороводнева.

56. Для зв'язування іонів водню при ідентифікації іонів калію з винною кислотою використовують розчин:

- A. Аміаку.
- B. Сірчаної кислоти.

- С. Ацетату натрію. *
- D. Гідроксиду натрію.
- E. Хлороводневої кислоти.

57. Катіони кальцію входять до складу деяких фармацевтичних препаратів. Фармакопейною реакцією для виявлення катіона кальцію є реакція з розчином:

- A. Натрію гідроксиду.
- B. Амонію оксалату. *
- C. Калію йодиду.
- D. Кислоти сірчаної.
- E. Амонію гідроксиду.

58. На чому ґрунтується відділення плюмбум (II) хлориду від інших хлоридів II аналітичної групи?

- A. Різна розчинність у лугах.
- B. Різна розчинність у хлороводневій кислоті.
- C. Різна розчинність у гарячій воді. *
- D. Різна розчинність у розчині аміаку.
- E. Різна розчинність у сірчаній кислоті.

59. Катіони третьої аналітичної групи (кисотно-основна класифікація) виділяють у систематичному ході аналізу за допомогою такого групового реагенту:

- A. 1 М розчин амонію карбонату.
- B. 0,1 М розчин амонію оксалату.
- C. 1 М розчин сірчаної кислоти у присутності етанолу. *
- D. 1 М розчин калію хромату.
- E. 0,1 М розчин натрію карбонату.

60. У систематичному ході аналізу для переведення сульфатів BaSO_4 , SrSO_4 , CaSO_4 у карбонати використовують при нагріванні насичений розчин:

- A. Na_2CO_3 .*
- B. CO_2 .
- C. CaCO_3 .
- D. $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$.
- E. MgCO_3 .

61. Який аналітичний ефект спостерігається при визначенні катіона калію розчином натрію гексанітрокобальтату (III)?

- A. Білий кристалічний осад.
- B. Чорний кристалічний осад.
- C. Червоний кристалічний осад.
- D. Жовтий кристалічний осад. *
- E. Жовте забарвлення розчину.

62. До I аналітичної групи катіонів за кислотно-основною класифікацією належать катіони:

- A. Алюмінію, магнію, цинку.
- B. Калію, барію, вісмуту.
- C. Кальцію, стронцію, барію.
- D. Срібла, свинцю, нікелю.
- E. Натрію, калію, амонію. *

63. До досліджуваного розчину додали 2 М розчин HCl . При цьому утворився білий осад, який при обробці розчином аміаку почорнів. Який катіон присутній у розчині:

- A. Hg_2^{2+} .*
- B. Ag^+ .

C. Pb^{2+} .

D. Ba^{2+} .

E. Mg^{2+} .

64. У аналізованому розчині міститься кальцію хлорид і натрію бромід. Для ідентифікації іона кальцію до аналізованого розчину додали розчин:

A. Амонію оксалат. *

B. Барію хлорид.

C. Натрію хлорид.

D. Калію йодид.

E. Амонію ацетат.

65. До досліджуваного розчину додали 1 М розчин сірчаної кислоти. Випав осад білого кольору, який розчиняється в лугах. Це свідчить про присутність в розчині:

A. Катіонів свинцю. *

B. Катіонів кальцію.

C. Катіонів барію.

D. Катіонів срібла.

E. Катіонів ртуті (I).

66. Катіони третьої аналітичної групи (кисотно-основна класифікація) відокремлюють у систематичному ході аналізу за допомогою групового реагенту:

A. 1 М розчину сірчаної кислоти в присутності етанолу. *

B. Розчину калію хромату.

C. Розчину натрію карбонату.

D. Розчину амонію оксалату.

E. Розчину амонію карбонату.

67. У систематичному ході аналізу для переведення сульфатів BaSO_4 , SrSO_4 , CaSO_4 у карбонати використовують:

- A. Насичений розчин Na_2CO_3 , t.*
- B. Насичений розчин CaCO_3 , t.
- C. Насичений розчин $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$, t.
- D. Насичений розчин MgCO_3 , t.
- E. Насичений розчин CO_2 , t.

68. Який катіон III аналітичної групи (кисотно-основна класифікація) знаходиться в розчині, якщо при нагріванні з гіпсовою водою через деякий час розчин мутніє?

- A. Стронцію. *
- B. Кальцію.
- C. Магнію.
- D. Свинцю (II).
- E. Ртуті (II).

69. На розчин, отриманий після обробки осаду хлоридів катіонів II групи гарячою водою, подіяли розчином калію дихромату. Утворився жовтий осад, не розчинний у оцтовій кислоті, але розчинний в лузі. Які катіони містив досліджуваний розчин?

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

70. Катіони кальцію входять до складу деяких фармацевтичних препаратів. Фармакопейною реакцією для виявлення катіона кальцію є

реакція з розчином:

- A. Амонію оксалату. *
- B. Кислоти соляної.
- C. Калію йодиду.
- D. Амонію гідроксиду.
- E. Натрію гідроксиду.

71. Який аналітичний ефект потрібно очікувати від дії калію гексаціаноферату (II) на катіони Ca^{2+} :

- A. Утворення білого дрібнокристалічного осаду. *
- B. Утворення жовто-зелених кристалів.
- C. Коричневого забарвлення розчину.
- D. Утворення комплексної сполуки синього кольору.
- E. Утворення білого драглистого осаду.

72. Вкажіть причину проведення переведення сульфатів катіонів III аналітичної групи (кисотно-основна класифікація) в карбонати при систематичному аналізі:

- A. Нерозчинність сульфатів в кислотах і лугах. *
- B. Нерозчинність сульфатів у воді.
- C. Розчинність сульфатів у воді.
- D. Розчинність сульфатів у кислотах.
- E. Розчинність сульфатів у лугах.

73. До III аналітичної групи катіонів кислоотно-основної класифікації відносяться катіони:

- A. Кальцію, стронцію, барію. *
- B. Алюмінію, магнію, цинку.
- C. Калію, барію, вісмуту.
- D. Сріблy, свинцю, нікелю.

Е. Цинку, алюмінію, хрому.

74. До II аналітичної групи катіонів кислотно-основної класифікації відносяться катіони:

А. Срібла, свинцю, ртуті (I). *

В. Кальцію, стронцію, барію

С. Алюмінію, магнію, цинку

Д. Цинку, алюмінію, хрому

Е. Калію, барію, вісмуту

75. У якісному аналізі для виявлення іонів стронцію використовують так звану гіпсову воду. Гіпсова вода – це:

А. Насичений водний розчин CaSO_4 . *

В. Розчин $\text{Ca}(\text{OH})_2$.

С. Насичений розчин CO_2 у воді.

Д. Розчин $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ у воді.

Е. Розчин $\text{Ba}(\text{OH})_2$.

76. У якісному аналізі характерною реакцією на катіони срібла є:

А. Реакція утворення сирнистого осаду AgCl , який розчиняється у розчині аміаку, знову утворюється при додаванні HNO_3 . *

В. Реакція утворення сирнистого осаду AgCl , який розчиняється у кислотах.

С. Реакція утворення комплексу, який руйнується при дії розчину HNO_3 .

Д. Реакція утворення осаду, який розчиняється у розчині лугу.

Е. Реакція утворення жовтого осаду, який розчиняється у надлишку аміаку.

77. Як відокремити PbSO_4 від суміші сульфатів катіонів III аналітичної групи при систематичному ході аналізу?

- A. Обробкою осаду 30% розчином амонію ацетату. *
- B. Перекристалізацією осаду.
- C. Обробкою осаду концентрованою сірчаною кислотою.
- D. Обробкою осаду розчином ацетатної кислоти.
- E. Обробкою осаду розчином аміаку.

78. З якою метою поряд з використанням групового реактиву III аналітичної групи використовують етиловий спирт?

- A. Для забезпечення повноти осадження всіх катіонів цієї групи. *
- B. Для подальшого розчинення утворених осадів.
- C. Для дробного осадження катіонів.
- D. Для зміни рН середовища.
- E. Для запобігання комплексоутворенню.

79. Який аналітичний ефект потрібно очікувати від дії калію гексаціаноферату (II) на катіони Ca^{2+} :

- A. Утворення білого дрібнокристалічного осаду. *
- B. Утворення жовто-зелених кристалів.
- C. Коричневого забарвлення розчину.
- D. Утворення комплексної сполуки синього кольору.
- E. Утворення білого драглистого осаду.

80. Реакція утворення золотисто-жовтого осаду (реакція «золотого дощу») – це реакція:

- A. Утворення осаду PbI_2 . *
- B. Утворення осаду PbCl_2 .
- C. Утворення осаду AgI .
- D. Утворення осаду HgI_2 .
- E. Утворення осаду Hg_2I_2 .

81. У якісному аналізі при осадженні сульфатів катіонів третьої аналітичної групи (Ca^{2+} , Sr^{2+} , Ba^{2+}) з метою зменшення розчинності сульфатів у розчин додають

- A. Етиловий спирт. *
- B. Дистильовану воду.
- C. Бензол.
- D. Хлороформ.
- E. Аміловий спирт.

82. Яким аналітичним ефектом супроводжується реакція виявлення катіонів калію при дії натрію гидротартрату?

- A. Білий кристалічний осад. *
- B. Жовте забарвлення розчину.
- C. Білий аморфний осад.
- D. Бурий осад.
- E. Жовтий осад.

83. До досліджуваного розчину, який містить катіони III групи, додали розчин калію хромату. Випав осад жовтого кольору, не розчинний в ацетатній кислоті. Це свідчить про присутність в розчині катіонів:

- A. Стронцію.
- B. Ртуті (I).
- C. Кальцію.
- D. Барію. *
- E. Срібла (I).

84. Летючі сполуки кальцію забарвлюють безбарвне полум'я пальника в такий колір:

- A. Жовто-зелений.
- B. Жовтий.

С. Червоний. *

Д. Фіолетовий.

Е. Зелений.

85. При проведенні систематичного ходу аналізу на розчини подіяли груповим реагентом 1 М H_2SO_4 у присутності етилового спирту, утворився білий осад. Катіони якої групи присутні в розчині?

А. IV.

В. II.

С. VI.

Д. I.

Е. III.*

86. В хіміко-аналітичній лабораторії фахівець досліджував розчини, які містять суміші катіонів. В якому з розчинів містяться тільки катіони II аналітичної групи?

А. Pb^{2+} , Ag^+ , Co^{2+} .

В. Hg_2^{2+} , NH_4^+ , Ag^+ .

С. Na^+ , Pb^{2+} , Ni^{2+} .

Д. Ag^+ , Hg_2^{2+} , Pb^{2+} .*

Е. Na^+ , Hg_2^{2+} , NH_4^+ .

Література

1. Аналітична хімія: навч. посіб. для фармац. вузів та ф-тів III-IV рівня акредитації / В. В. Болотов, О. М. Свєчнікова, 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. Свєчнікова, 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

При виконанні лабораторної роботи необхідно суворо дотримуватися правил ТБ роботи в хімічній лабораторії

1. Роботи з концентрованими кислотами і лугами проводити під витяжною шафою.

2. Пам'ятати, що сполуки ртуті - отруйні!

3. Продукти, отримані при виконанні реакцій на Ag^+ , Hg_2^{2+} -іони, зливати в призначені склянки під витяжною шафою.

Загальні реакції катіонів II аналітичної групи

1. З хлоридною кислотою

Реакції Ag^+ -іонів

Виконання реакції. До трьох пробірок поміщають по 3-4 краплі розчину Ag^+ -іонів, додають по 3-4 краплі 2 М HCl .

Одну пробірку залишають та спостерігають потемніння осаду на світлі. В останніх вивчають розчинність утворених осадів у розчинах HNO_3 та конц. розчині NH_3 . У пробірку з осадом, що розчинився у конц. розчині NH_3 , додають декілька крапель HNO_3 до появи осаду.

Реакції Hg_2^{2+} -іонів

Виконання реакції. До трьох пробірок поміщають по 3-4 краплі розчину Hg_2^{2+} -іонів, додають по 3-4 краплі 2 М HCl .

Одну пробірку залишають на світлі, в двох інших визначають розчинність осадів у розчинах HNO_3 , та конц. розчині NH_3 .

Реакції Pb^{2+} -іонів

Виконання реакції. До пробірки поміщають 3-4 краплі розчину Pb^{2+} -іонів, додають 3-4 краплі 2 М HCl . Потім до пробірки додають 1-2 мл дистильованої води та нагрівають на киплячій водяній бані.

2. С гідроксидом натрію

Реакції Ag^+ -іонів

Виконання реакції. До трьох пробірок поміщають по 3-4 краплі розчину Ag^+ -іонів, додають по 3-4 краплі 2 М NaOH .

Вивчають розчинність утворених осадів у розчинах HCl, NaOH та конц. розчині NH_3 .

Реакції Hg_2^{2+} -іонів

Виконання реакції. До трьох пробірок поміщають по 3-4 краплі розчину Hg_2^{2+} -іонів, додають по 3-4 краплі 2 М NaOH.

Вивчають розчинність утворених осадків у розчинах HNO_3 , NaOH та конц. розчині NH_3 .

Реакції Pb^{2+} -іонів

Виконання реакції. До пробірки поміщають 3-4 краплі розчину Pb^{2+} -іонів, додають 1 краплю 2 М NaOH, а потім його надлишок.

3. З розчином аміаку

Реакції Ag^+ -іонів

Виконання реакції. До пробірки поміщають 3-4 краплі розчину Ag^+ -іонів, додають 1 краплю 2 М розчину аміаку, а потім його надлишок.

Реакції Hg_2^{2+} -іонів

Виконання реакції. До пробірки поміщають 3-4 краплі розчину Hg_2^{2+} -іонів, додають 3-4 краплі 2 М розчину аміаку.

Вивчають розчинність утвореного осаду у конц. розчині NH_3 .

Реакції Pb^{2+} -іонів

Виконання реакції. До пробірки поміщають 3-4 краплі розчину Pb^{2+} -іонів, додають 3-4 краплі 2 М розчину аміаку.

Вивчають розчинність утвореного осаду у конц. розчині NH_3 .

4. З сірководнем або сульфідами

До трьох пробірок поміщають по 3-4 краплі розчину Ag^+ -іонів, Hg_2^{2+} -іонів, Pb^{2+} -іонів, додають по 3-4 краплі розчину сульфід амонію або сірководню.

Вивчають розчинність утворених осадів у розчині HNO_3 .

Характерні реакції катіонів II аналітичної групи

Реакції Ag^+ -іонів

1. Реакція з йодидами

Виконання реакції. До чотирьох пробірок поміщають по 2-3 краплі розчину Ag^+ -іонів, додають по 2-3 краплі розчину йодиду калію.

Вивчають розчинність осадів у розчинах H_2SO_4 , NH_3 , CH_3COOH та $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$.

2. Реакція з хроматами

Виконання реакції. До двох пробірок поміщають по 3-4 краплі розчину Ag^+ -іонів, додають по 2-3 краплі розчину хромату калію.

Вивчають розчинність осадів у розчинах HNO_3 і NH_3 .

3. Реакція відновлення формальдегідом

Виконання реакції. До пробірки поміщають 3-4 краплі розчину Ag^+ -іонів, додають розчин аміку до розчинення утвореного осаду, потім додають 1-2 краплі розчину формальдегіду та нагрівають на киплячій водяній бані.

Реакції Hg_2^{2+} -іонів

1. Реакції відновлення з SnCl_2 та мідною пластинкою

Виконання реакції.

а) До пробірки поміщають 3-4 краплі розчину Hg_2^{2+} -іонів та додають 3-4 краплі розчину SnCl_2 . Спостерігають утворення осаду Hg_2Cl_2 , який швидко змінює свій колір внаслідок утворення елементної ртуті.

б) На мідну пластинку (монету) наносять краплю розчину Hg_2^{2+} -іонів та краплю розчину HNO_3 . Через 2-3 хв розчин протирають мідну пластинку (монету) фільтровальною бумагою.

2. Реакція з йодидами

Виконання реакції. До пробірки поміщають 3-4 краплі розчину Hg_2^{2+} -іонів, додають 1 краплю розчину йодиду калію, а потім його надлишок.

3. Реакція з хроматами

Виконання реакції. До пробірки поміщають 3-4 краплі розчину Hg_2^{2+} -іонів, додають 1-2 краплі розчину хромату калію.

Вивчають розчинність осаду у розчині HNO_3 .

Реакція Pb^{2+} -іонів

1. Реакція з йодидами

Виконання реакції. До пробірки поміщають 3-4 краплі розчину Pb^{2+} -іонів, додають таку ж кількість крапель розчину йодиду калію та спостерігають випадіння осаду. Додають до вмісту пробірки 5 мл води та нагрівають до розчинення осаду, охолоджують та спостерігають повторне випадіння осаду у вигляді золотистих кристалів (реакція «золотого дощу»).

2. Реакція з хроматами

Виконання реакції. До трьох пробірок поміщають по 5-6 крапель розчину Pb^{2+} -іонів, додають по 5-6 крапель розчину хромату калію.

Вивчають розчинність осадів у розчинах HCl , NaOH та CH_3COOH .

Загальні реакції катіонів III аналітичної групи

1. З сірчаною кислотою

До трьох пробірок вміщують по 3-4 краплі розчинів Ca^{2+} -іонів, Ba^{2+} -іонів, Sr^{2+} -іонів, додають по 3-4 краплі розчину етилового спирту або ацетону та по 3-4 краплі 1 М розчину H_2SO_4 .

Характерні реакції катіонів III аналітичної групи

Реакція Ba^{2+} -іонів

1. Реакція з родизонатом натрію (крапельна реакція)

Виконання реакції. На фільтровальний папір наносять краплю розчину Ba^{2+} -іонів та 1 краплю розчину родизонату натрію, з'являється забарвлена пляма. На пляму наносять 1 краплю 2 М розчину HCl . Фіксують зміни.

2. Реакція з дихроматом калію

Виконання реакції. До пробірки поміщають 3-4 краплі розчину Ba^{2+} -іонів, додають 3-4 краплі ацетатного буферного розчину и 3-4 краплі дихромату калію.

3. Реакція забарвлення полум'я

Виконання реакції. Прокалений ніхромовий дріт з петлею опускають у хлорид барію. Вносять петлю у безбарвне полум'я пальника та спостерігають забарвлення полум'я.

Реакції Sr^{2+} -іонів

1. Реакція з родизонатом натрію (крапельна реакція)

Виконання реакції. На фільтровальний папір наносять краплю розчину Sr^{2+} -іонів та 1 краплю розчину родизонату натрію, з'являється забарвлена пляма. На пляму наносять 1 краплю 2 М розчину HCl . Фіксують зміни.

2. Реакція забарвлення полум'я

Виконання реакції. Прокалений ніхромовий дріт з петлею опускають у хлорид стронцію. Вносять петлю у безбарвне полум'я пальника та спостерігають забарвлення полум'я.

Реакція Ca^{2+} -іонів

1. Реакція с оксалатом амонію

Виконання реакції. До трьох пробірок поміщають по 3-4 краплі розчину Ca^{2+} -іонів, 1-2 краплі 2 М розчину CH_3COOH , додають по 3-4 краплі розчину оксалату амонію та нагрівають.

Вивчають розчинність осадів у розчинах HCl , NH_3 і CH_3COOH .

2. Реакція з гексаціанофератом(II) калію

Виконання реакції. До двох пробірок поміщають по 3-4 краплі розчину Ca^{2+} -іонів, додають по 2-3 краплі розчину аміаку та 3-5 крапель розчину хлориду амонію. Суміш нагрівають на киплячій водяній бані, після чого додають 8-10 крапель нас. розчину гексаціаноферату(II) калію.

Вивчають розчинність осадів у розчинах HCl та CH_3COOH .

3. Реакція забарвлення полум'я

Виконання реакції. **Реакція забарвлення полум'я** у хлорид кальцію. Вносять петлю у безбарвне полум'я пальника та спостерігають забарвлення полум'я.

7. НАГЛЯДНІ МАТЕРІАЛИ, ТЗ НАВЧАННЯ І КОНТРОЛЮ

7.1. Табличний фонд за темою заняття.

7.2. Навчальні посібники.

7.3. Картки для виявлення вихідного рівня знань-умінь; контрольні питання; тести.

Заняття № 3

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

2. МЕТА: Сформувати 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 малорозчинного 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. Кисотно-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.

5.6. Приклад розв'язання задач

Задача 1. Розрахуйте, у скільки разів розчинність карбонату кальцію в чистій воді є меншою за його розчинність у 0,05 М розчині нітрату калію.

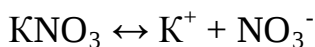
Рішення. Розчинність карбонату кальцію в чистій воді дорівнює:

$$P_{M_1 (CaCO_3)} = \sqrt{ДР} = \sqrt{3,8 \cdot 10^{-9}} = 6,2 \cdot 10^{-5} \text{ моль/л.}$$

Розчинність у 0,05 М розчині нітрату калію збільшується (сольовий ефект) і розраховується з урахуванням активностей іонів.

Спочатку розраховуємо іонну силу розчину, який вміщує KNO_3 і CaCO_3 за формулою:

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



$$[\text{K}^+] = [\text{NO}_3^-] = 0,05 \text{ моль/л};$$

$$[\text{Ca}^{2+}] = [\text{CO}_3^{2-}] = 6,93 \cdot 10^{-5} \text{ моль/л}.$$

$$I = 0,5 \cdot (0,05 \cdot 1^2 + 0,05 \cdot 1^2 + 6,2 \cdot 10^{-5} \cdot 2^2 + 6,2 \cdot 10^{-5} \cdot 2^2) = 0,05$$

У «Справочнике по аналитической химии» знаходимо коефіцієнти активності іонів кальцію і карбонат-іонів за даної іонної сили:

$$f(\text{Ca}^{2+}) = 0,49; \quad f(\text{CO}_3^{2-}) = 0,46.$$

З формули розрахунку термодинамічного добутку розчинності розраховуємо розчинність карбонату кальцію в розчині нітрату калію:

$$\text{ДР}(\text{CaCO}_3) = a(\text{Ca}^{2+}) \cdot a(\text{CO}_3^{2-}) = [\text{Ca}^{2+}] \cdot [\text{CO}_3^{2-}] \cdot f(\text{CO}_3^{2-}) \cdot f(\text{CO}_3^{2-}), \text{ звідки}$$

$$P_{\text{M}_2(\text{CaCO}_3)} = \sqrt{\frac{\text{ДР}_{(\text{CaCO}_3)}}{f_{(\text{Ca}^{2+})} \cdot f_{(\text{CO}_3^{2-})}}} = \sqrt{\frac{3,8 \cdot 10^{-9}}{0,49 \cdot 0,46}} = 1,3 \cdot 10^{-4} \text{ моль/л}.$$

Таким чином, розчинність карбонату кальцію в 0,05 М розчині нітрату калію зростає:

$$\frac{P_{\text{M}_2(\text{CaCO}_3)}}{P_{\text{M}_1(\text{CaCO}_3)}} = \frac{1,3 \cdot 10^{-4}}{6,2 \cdot 10^{-5}} = 2$$

Відповідь: у 2 рази.

Література

1. Аналітична хімія: навч. посіб. для фармац. вузів та ф-тів III-IV рівня акредитації / В. В. Болотов, О. М. Свєчнікова, 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. Свєчнікова, 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. 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.

6. НАГЛЯДНІ МАТЕРІАЛИ, ТЗ НАВЧАННЯ І КОНТРОЛЮ

6.1. Табличний фонд за темою заняття.

6.2. Навчальні посібники.

6.3. Картки для виявлення вихідного рівня знань-умінь; контрольні питання; тести.

ЗМІСТ

Вступ.....	3
Уведення в якісний аналіз.....	5
Кисотно-основна класифікація катіонів за групами.....	10
Хіміко-аналітичні властивості катіонів I аналітичної групи.....	11
Заняття 1. 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.....	13
Положення теорії сильних електролітів.....	33
Гетерогенні рівноваги в системі осад – насичений розчин малорозчинного електроліта.....	35
Хіміко-аналітичні властивості катіонів II аналітичної групи.....	38
Хіміко-аналітичні властивості катіонів III аналітичної групи.....	39
Заняття 2. Якісні реакції катіонів II (Ag^+ , Hg_2^{2+} , Pb^{2+}) та III (Ba^{2+} , Sr^{2+} , Ca^{2+}) аналітичних груп.....	41
Заняття № 3. Підсумкове заняття з теорії і практики аналізу катіонів I-III аналітичних груп.....	80