

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДВНЗ «ПРИКАРПАТСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ВАСИЛЯ СТЕФАНИКА»
ІНСТИТУТ ПРИРОДНИЧИХ НАУК
Кафедра неорганічної та фізичної хімії**

Затверджено
на засіданні кафедри
неорганічної та фізичної хімії
протокол №__ від_____2015 р.

**Методичні вказівки та інструкція
до виконання лабораторної роботи №2**

з курсу “Хімія аналітична”

**ХІМІЧНІ МЕТОДИ
РОЗДІЛЕННЯ ТА ВИЯВЛЕННЯ КАТІОНІВ**

Методична розробка
доц. Мідак Л.Я.,
канд. хім. наук,
викладач Кузишин О.В.,
канд. ф.-м. наук

м. Івано-Франківськ
2015

1. Тема: Хімічні методи розділення та виявлення катіонів.

2. Мета: Ознайомитись з якісними реакціями на катіони I-VI аналітичних груп та набути практичних навичок їх виконання.

Знати:

- предмет вивчення хімії аналітичної;
- види хімічного аналізу;
- способи виконання якісних реакцій;
- аналітичні класифікації катіонів;
- характерні реакції катіонів I-III аналітичних груп;
- характерні реакції катіонів IV-IV аналітичних груп.

Вміти:

- виконувати характерні реакції катіонів I-III аналітичних груп;
- виконувати характерні реакції катіонів IV-IV аналітичних груп;
- проводити систематичний аналіз суміші катіонів I-III аналітичних груп;
- проводити систематичний аналіз суміші катіонів IV-IV аналітичних груп;
- проводити систематичний аналіз суміші катіонів I-VI аналітичних груп.

Самостійна робота на занятті.

1. Виконання тестових завдань (перевірка домашньої самопідготовки).
2. Виконання лабораторної роботи.
3. Обговорення експериментальних результатів.
4. Обговорення висновків та оформлення протоколу (залік лабораторної роботи).

3. Теоретичні основи

Аналітична хімія є науковою основою хімічного аналізу. **Хімічний аналіз** – сукупність дій, метою яких є отримання інформації про хімічний склад досліджуваних об'єктів, а також їх будову.

Розрізняють два види хімічного аналізу: **якісний і кількісний**. Завданням якісного аналізу є виявлення окремих елементів або йонів, ними утворених, які входять до складу певної речовини чи суміші речовин. Якісний аналіз включає ряд послідовних стадій: відбір проби, підготовка проби, розділення компонентів та їх виявлення.

Методи виявлення йонів ґрунтуються на отриманні аналітичного сигналу. **Аналітичний сигнал** – будь-який прояв хімічних або фізичних властивостей речовини, які можуть бути використані для якісної оцінки компонентів досліджуваного зразка. Для виявлення компонента фіксують появу аналітичного сигналу – утворення осаду, появу забарвлення, лінії в спектрі тощо. Для отримання сигналу в аналітичній хімії використовують хімічні реакції різних типів (кисотно-основні, окисно-відновні, комплексоутворення, осадження), хімічні, фізичні та біологічні властивості самих речовин або продуктів їх реакцій.

В **хімічних методах виявлення** аналітичний сигнал, що виникає в результаті реакції, спостерігають, головним чином, візуально. В **фізичних методах** сигнал, як правило, отримують і реєструють за допомогою спеціальної апаратури. Виявлення компонентів **біологічними методами** ґрунтується на використанні живих організмів (бактерій, дріжджів, водоростей тощо) як аналітичних індикаторів.

При проведенні якісного аналізу хімічними методами використовують хімічні реакції, які супроводжуються будь-якими зовнішніми ефектами: утворенням осаду певного кольору, з характерною формою кристалів, забарвленої розчинної сполуки, газу з певними фізичними і хімічними властивостями.

Існує два способи виконання якісних реакцій – «сухий» і «мокрый». При проведенні реакцій «сухим» способом (реакції забарвлення полум'я, отримання забарвлених перлів, реакції методом розтирання) твердий зразок не переводять у розчин. Цей спосіб відіграє допоміжну роль і використовується для попередніх досліджень.

Реакції забарвлення полум'я. Леткі солі багатьох металів забарвлюють полум'я в різні кольори, характерні для цих металів. Наприклад, солі натрію забарвлюють полум'я в жовтий; калію – в фіолетовий; кальцію – в цегельно-червоний; купруму (II) – в яскраво-зелений; барію – в жовто-зелений колір.

Реакції отримання забарвлених перлів. Тверду речовину сплавляють з натрій тетраборатом $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ або амоній натрій гідрогенфосфатом $\text{NaNH}_4\text{HPO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$. Забарвлення перлів вказує на присутність того чи іншого елемента. Так, сполуки хрому надають перлам зеленого кольору, кобальту – синього, мангану – фіолетового.

Реакції методом розтирання. Досліджувану речовину розтирають у фарфоровій ступці з твердим реагентом. За характерним забарвленням продуктів визначають наявність тих чи інших елементів.

Частіше використовують «мокрый» спосіб проведення якісних реакцій. Для цього досліджувану речовину переводять в розчин. Як розчинники використовують дистильовану воду, кислоти, луги (за кімнатної температури або при нагріванні). Оскільки переважна більшість неорганічних речовин в розчинах дисоціюють на йони, то при аналізі практично визначають не елементи взагалі, а йони. Якісний аналіз неорганічних речовин поділяють на аналіз катіонів і аналіз аніонів. Реакції «мокрим» способом проводять переважно у пробірках.

Для виявлення йонів можна використовувати реакції, в результаті яких утворюються сполуки з характерною формою кристалів – **мікрокристалоскопічні реакції**. Такі реакції проводять на предметному склі. Форму і забарвлення кристалів, що утворюються, розглядають під мікроскопом.

Для виявлення йонів використовують також **крапельний метод аналізу**. Для цього краплини досліджуваного розчину і розчину реагенту наносять на поверхню фільтрувального паперу, крапельних пластинок, в мікротиглі. При виконанні реакції на папері можна виявити менші кількості компонентів у порівнянні з реакціями на пластинці або у пробірці.

Крім наявності зовнішнього ефекту аналітичні реакції, які використовуються в якісному аналізі, мають відповідати таким вимогам: висока чутливість, вибірковість, висока швидкість протікання.

Чутливість реакції визначається мінімальною кількістю компонента, яку можна виявити даною реакцією. Чим більш чутлива реакція, тим меншу кількість компонента вона дозволяє виявляти. Чутливість хімічних реакцій різна і залежить від умов їх протікання: кислотності середовища, концентрації реагентів, наявності сторонніх речовин, температури тощо. Кількісною характеристикою чутливості є межа виявлення. **Межа виявлення** (C_{\min}) – найменший вміст компонента, при якому дана методика дозволяє впевнено виявити цей компонент в пробі.

Вибірковість реакції визначається числом компонентів, з якими вона протікає. Реакція є більш вибірковою, якщо вона відбувається з меншим числом компонентів. **Специфічною** називають аналітичну реакцію, яка дозволяє виявити даний компонент в присутності інших, а відповідний реагент – **специфічним**. Аналітичні реагенти, які взаємодіють з обмеженим числом йонів, називаються **вибірковими (селективними)**.

На практиці виявлення йонів намагаються проводити в умовах, при яких вибіркова реакція стає специфічною. Специфічності реакції виявлення досягають усуненням всіх заважаючих йонів. Усунути заважаючі речовини можна двома способами: маскуванням і розділенням.

Маскування – усунення впливу заважаючих йонів за допомогою комплексоутворення або зміни їх ступеня окиснення. При маскуванні заважаючі компоненти переводять у форму, яка не заважає виявленню певних йонів. Найчастіше для маскування використовуються реакції комплексоутворення. При цьому маскуючі реагенти утворюють із речовинами, що заважають, більш стійкі сполуки, ніж з тими, які виявляють.

Якщо маскуванням не вдається створити умови, при яких взаємодія йону, який виявляють, з реагентом була б специфічною, проводять попереднє **розділення** компонентів суміші. Для цього розчин, який аналізують, перетворюють в двофазну систему. Компонент, який виявляють, переводять, якщо можна, повністю в одну з фаз. Розділення завершують відділенням фаз одна від одної. Для переведення однофазної системи в двофазну використовують різні способи:

- **екстракцію** – додають органічний розчинник, який утворює другу фазу;
- **сорбцію** – вводять сорбенти, на яких адсорбуються речовини, які потрібно вилучити;
- **йонний обмін** – вводять йоніти, які обмінюють свої рухомі йони на ті йони, які підлягають вилученню з розчину;
- **розділення осадженням** – вводять реагенти, які утворюють нерозчинні сполуки з речовинами, які потрібно вилучити.

При виконанні якісного аналізу широко застосовують осадження для розділення йонів.

Якби на кожен йон була відома специфічна реакція, тоді його можна було б відкривати безпосередньо в пробі, незалежно від присутності інших йонів. **Дробний аналіз** – відкриття йонів специфічними реакціями в окремих частинах досліджуваного розчину в будь-якій послідовності.

Якщо специфічні реакції відсутні, виявити йон дробним методом стає неможливо. При аналізі суміші йонів переважно використовують **систематичний аналіз** – певну послідовність розділення і виявлення йонів. Суміш йонів попередньо розділяють на окремі групи. З цих груп кожен йон вилучають в певній послідовності, а потім відкривають характерною для нього аналітичною реакцією.

Груповими називають реагенти, які дозволяють в певних умовах розділити йони на групи. Відповідно, **аналітичною групою** називають таку групу йонів, яка при певних умовах осаджується із загальної суміші груповим реактивом.

Систематичний аналіз застосовують, головним чином, для відкриття катіонів. Аніони визначають переважно дробним аналізом. Групові реагенти застосовують тільки на початку аналізу для встановлення наявності (або відсутності) тієї чи іншої групи аніонів. Систематичний та дробний аналіз доповнюють один одного.

Взаємодія йонів з певними груповими реагентами покладена в основу аналітичної класифікації йонів. Для **розділення катіонів** використовують сульфідну, аміачно-фосфатну та кислотно-лужну схеми аналізу.

Сульфідна схема ґрунтується на різній розчинності сульфідів, хлоридів, гідроксидів і карбонатів. **Аміачно-фосфатна схема** ґрунтується на різній розчинності фосфатів і хлоридів. **Кислотно-лужна схема** (табл. 1) ґрунтується на взаємодії катіонів з кислотами (HCl, H₂SO₄) та лугами (NaOH, NH₃·H₂O). Класифікація проводиться за такими ознаками: розчинність хлоридів, сульфатів і гідроксидів, основний або амфотерний характер гідроксидів, здатність до утворення розчинних комплексних сполук з амоніаком. В даному лабораторному практикумі описано аналіз суміші катіонів кислотно-лужним методом.

Класифікація аніонів. Найбільш розповсюджена класифікація аніонів ґрунтується на взаємодії з 2-ма реактивами – барій хлоридом BaCl₂ і аргентум нітратом AgNO₃. Аніони поділяють на 3 групи.

Таблиця 1

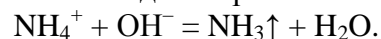
Класифікація катіонів за кислотно-лужною схемою аналізу

Група	Катіони	Груповий реагент	Сполуки, які утворюються	Характеристика групи
I	Na^+ , K^+ , NH_4^+	відсутній		Хлориди, сульфати, гідроксиди розчинні у воді
II	Ag^+ , Pb^{2+}	HCl (2M)	AgCl , PbCl_2	Хлориди нерозчинні у воді та у мінеральних кислотах; для пониження розчинності PbCl_2 у воді до досліджуваного розчину додають етанол
III	Ca^{2+} , Ba^{2+}	H_2SO_4 (1M)	CaSO_4 , BaSO_4	Сульфати нерозчинні у воді та у мінеральних кислотах; для пониження розчинності CaSO_4 у воді до досліджуваного розчину додають етанол
IV	Zn^{2+} , Al^{3+} , Cr^{3+}	NaOH (2M)	$[\text{Zn}(\text{OH})_4]^{2-}$, $[\text{Al}(\text{OH})_4]^-$, $[\text{Cr}(\text{OH})_4]^-$	Гідроксиди розчинні в надлишку луку
V	Fe^{2+} , Fe^{3+} , Mn^{2+} , Mg^{2+}	$\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (конц.)	$\text{Fe}(\text{OH})_2$, $\text{Fe}(\text{OH})_3$, $\text{Mn}(\text{OH})_2$, $\text{Mg}(\text{OH})_2$	Гідроксиди нерозчинні у надлишку амоніаку; магній гідроксид розчиняється в розчинах солей амонію
VI	Cu^{2+} , Ni^{2+} , Co^{2+} , Hg^{2+}	$\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (конц.)	$[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$; $[\text{Ni}(\text{NH}_3)_6]^{2+}$; $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{2+}$; $[\text{Hg}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$	Гідроксиди розчинні в надлишку амоніаку

3.1. Катіони першої аналітичної групи

Амоній-йони

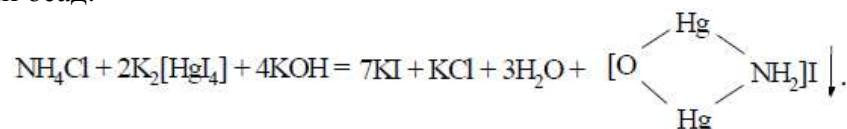
1. Калій (натрій) гідроксид KOH (NaOH). При дії лугів на розчин солі амонію при нагріванні виділяється газоподібний амоніак, який можна виявити за зміною забарвлення вологого універсального індикаторного чи лакмусового папірця:



Реакція виявлення йонів амонію за виділенням амоніаку є специфічною.

Проведення реакції. В пробірку вносять 3-4 краплі розчину, що містить йони амонію і 2-3 краплі 2 M NaOH чи KOH . Пробірку нагрівають, тримаючи над її отвором вологий універсальний індикаторний (лакмусовий) папірець.

2. Реактив Неслера $\text{K}_2[\text{HgI}_4]$ в лужному середовищі утворює з йонами амонію жовтогарячий осад:



Якщо концентрація йонів амонію мала, осад не випадає, а розчин забарвлюється в жовтогарячий колір. Йони, що утворюють малорозчинні забарвлені гідроксиди,

попередньо осаджують надлишком КОН чи NaOH. Йони Hg(II) реагують з йодид-йонами і руйнують реактив.

Проведення реакції. До 1-2 крапель розчину, що містить йони амонію, додають 1-2 краплі реактиву Неслера. Утворюється жовтогарячий осад.

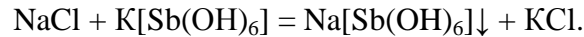
Натрій-йони

1. Цинк октаацетат-триуранілат $Zn(UO_2)_3(CH_3COO)_8$ (мікрокристало-скопична реакція). При взаємодії з йонами натрію при pH=7 утворюються тетраедричні чи октаедричні кристали жовтого кольору $NaZn(UO_2)_3(CH_3COO)_9 \cdot 9H_2O$.

Виявленню натрій-йонів заважають йони Ag(I), що дають осад з реагентом. Аніони PO_4^{3-} утворюють малорозчинні фосфати цинку і тому руйнують реагент. Йони K^+ , NH_4^+ , Ca^{2+} , Ba^{2+} , Pb^{2+} , Zn^{2+} , Mn^{2+} , Co^{2+} , Ni^{2+} , Hg^{2+} , Al^{3+} , Fe^{3+} заважають проведенню реакції при концентрації більше 5 г/л. Їх можна видалити дією K_2CO_3 .

Проведення реакції. На предметне скло наносять краплю розчину, що містить йони натрію, поруч наносять розчин реагенту і скляною паличкою з'єднують краплі. Через кілька хвилин розглядають кристали, що утворилися, під мікроскопом.

2. Калій гексагідроксистибат (V) $K[Sb(OH)_6]$. Концентровані розчини солей натрію при взаємодії з реагентом утворюють білий кристалічний осад натрій гексагідроксистибату (V):



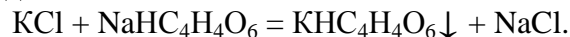
Реакцію проводять в нейтральному або слабко-лужному середовищі. У кислому середовищі $K[Sb(OH)_6]$ розкладається з утворенням білого аморфного осаду метастибатної кислоти $HSbO_3$, який помилково приймають за $Na[Sb(OH)_6]$. Розчинність $Na[Sb(OH)_6]$ зростає з підвищенням температури. Заважають йони NH_4^+ , у присутності яких реагент розкладається, і йони Mg^{2+} , що утворюють білий кристалічний осад з реагентом.

Проведення реакції. До 3-4 крапель розчину, що містить йони натрію, додають 3-4 краплі розчину $K[Sb(OH)_6]$ і для прискорення утворення осаду потирають скляною паличкою по стінках пробірки. Реакцію проводять при охолодженні – пробірку охолоджують водопровідною водою. Випадає білий кристалічний осад.

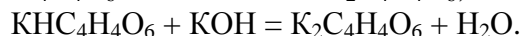
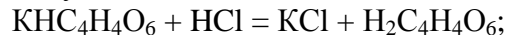
3. Забарвлення полум'я. Леткі солі натрію забарвлюють полум'я газового пальника в жовтий колір.

Калій-йони

1. Натрій гідрогентартрат $NaHC_4H_4O_6$ утворює з йонами калію при pH 4-5 білий кристалічний осад:



Осад калій гідрогентартрату здатний утворювати пересичені розчини. Осад розчиняється в гарячій воді, лугах і сильних кислотах:



Заважають йони амонію, що утворюють аналогічний осад. Йони важких металів, як правило, утворюють при надлишку тартрат-йонів розчинні комплексні сполуки.

Проведення реакції. До 2-3 крапель розчину, що містить йони калію, додають 2-3 краплі розчину $NaHC_4H_4O_6$ і для прискорення утворення осаду потирають скляною паличкою по стінках пробірки. Випадає білий кристалічний осад. При використанні як реагента винної кислоти необхідно додати 2-3 краплі розчину натрій ацетату CH_3COONa .

2. Натрій гексанітрокобальтат (III) $Na_3[Co(NO_2)_6]$ утворює з йонами калію при pH 4-5 жовтий осад:



Заважають йони амонію, оскільки утворюють аналогічний жовтий осад; йодиди через окиснення нітритом до I_2 ; окисники, оскільки руйнують реагент. Йони лужноземельних елементів, Fe^{2+} , Fe^{3+} , Al^{3+} , Zn^{2+} та деякі інші не утворюють осадів.

Проведення реакції. До 2-3 крапель розчину, що містить йони калію, додають 2-3 краплі розчину реагенту, при необхідності нагрівають. Утворюється жовтий осад. Якщо розчин кислий, необхідно додати розчин CH_3COONa до рН 4-5.

3. Забарвлення полум'я. Леткі солі калію забарвлюють полум'я газового пальника в фіолетовий колір. Розглядаючи полум'я через синє скло можна виявити калій-йони у присутності йонів натрію, тому що синє скло поглинає жовті промені.

Дія деяких реагентів на катіони I аналітичної групи наведена у табл. 2 (риска означає, що реакція між відповідними катіоном та реагентом не протікає).

Таблиця 2

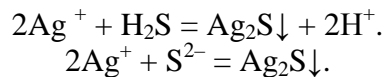
Дія деяких реагентів на катіони I аналітичної групи

Реагент	Na^+	K^+	NH_4^+
NaOH	-	-	При нагріванні виділяється $\text{NH}_3\uparrow$
$\text{K}[\text{Sb}(\text{OH})_6]$	$\text{Na}[\text{Sb}(\text{OH})_6]$ і білий кристалічний	-	HSbO_3 і білий аморфний
$\text{Zn}(\text{UO}_2)_3(\text{CH}_3\text{COO})_8$	$\text{NaZn}(\text{UO}_2)_3(\text{CH}_3\text{COO})_9 \cdot 9\text{H}_2\text{O}\downarrow$ жовтий	-	-
$\text{NaHC}_4\text{H}_4\text{O}_6$	-	$\text{KHC}_4\text{H}_4\text{O}_6\downarrow$ білий, розчиняється в кислотах, лугах, гарячій воді	$\text{NH}_4\text{HC}_4\text{H}_4\text{O}_6\downarrow$ білий, розчиняється в кислотах, лугах, гарячій воді
$\text{Na}_3[\text{Co}(\text{NO}_2)_6]$	-	$\text{K}_2\text{Na}[\text{Co}(\text{NO}_2)_6]\downarrow$ жовтий, розчиняється в мінеральних кислотах, розкладається при нагріванні	$(\text{NH}_4)_2\text{Na}[\text{Co}(\text{NO}_2)_6]\downarrow$ жовтий, розчиняється в мінеральних кислотах
$\text{K}_2[\text{HgI}_4] + \text{KOH}$	-	-	$[\text{HgOHgNH}_2]\text{I}\downarrow$ червоно-бурий

3.2. Катіони другої аналітичної групи

Аргентум-йони

1. Сірководень H_2S і натрій сульфід Na_2S . При дії сірководню чи натрій сульфїду на розчин, що містить йони аргентуму, осаджується аргентум сульфід Ag_2S чорного кольору:



Аргентум сульфід не розчиняється в мінеральних кислотах за винятком нітратної кислоти:

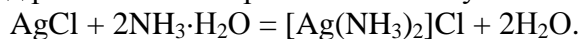


Заважають йони $\text{Cu}(\text{II})$, $\text{Hg}(\text{II})$, що утворюють сульфїди в сильно-кислих розчинах.

Проведення реакції. До 1-2 крапель розчину, що містить йони аргентуму, додають 1-2 краплі 30% розчину CH_3COOH і 1-2 краплі натрій сульфїду. Утворюється чорний осад.

2. Хлориди (хлоридна кислота), бромїди та йодиди лужних металів при взаємодії з йонами аргентуму утворюють осадї AgCl , AgBr і AgI білого, світло-жовтого і жовтого кольорів, відповідно.

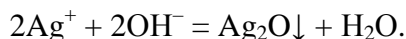
Аргентум хлорид розчиняється в розчині амоніаку:



При додаванні до отриманого розчину надлишку HNO_3 комплекс руйнується і знову випадає AgCl . В амоніаку AgI не розчиняється, AgBr розчиняється в концентрованому розчині амоніаку. Аргентум хлорид розчиняється в концентрованому розчині HCl внаслідок утворення комплексних іонів $[\text{AgCl}_2]^-$. Заважають йони Pb(II) .

Проведення реакції. До 3-4 крапель розчину, що містить йони аргентуму, додають 2-3 краплі 2М HNO_3 і 3-4 краплі 2М HCl (розчин KI). Утворюється осад білого (жовтого) кольору.

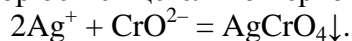
3. Натрій гідроксид NaOH і амоніак NH_3 йонами аргентуму утворюють бурий осад аргентум оксиду:



Аргентум оксид розчиняється у надлишку амоніаку з утворенням $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$ та не розчиняється у надлишку натрій гідроксиду.

Проведення реакції. До 1-2 крапель розчину, що містить йони аргентуму, додають 1-2 краплі 2М NaOH (2М $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$). Утворюється осад бурого кольору.

4. Калій хромат K_2CrO_4 . При додаванні калій хромату до нейтрального розчину солі аргентуму (рН 6,5-7,5) утворюється цегельно-червоний осад:



Аргентум хромат розчиняється у розведений HNO_3 , в амоніаку та не розчиняється в оцтовій кислоті.

Проведення реакції. До 2-3 крапель розчину, що містить йони аргентуму, додають 2-3 краплі розчину K_2CrO_4 . Утворюється цегельно-червоний осад.

Плюмбум-йони

1. Калій дихромат $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, калій хромат K_2CrO_4 . При додаванні калій дихромату (хромату) до нейтрального чи оцтовокислого розчину солі плюмбуму утворюється жовтий осад:



Осад PbCrO_4 малорозчинний у розведених HNO_3 і HCl ; практично нерозчинний в амоніаку, оцтовій кислоті. Розчиняється в концентрованій HNO_3 з утворенням $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ і NaOH :



Ця реакція дозволяє відрізнити PbCrO_4 від BaCrO_4 , який не розчиняється в NaOH .

Заважають йони Hg(II) , Ba(II) , Ag(I) , які утворюють із хромат-йонами забарвлені осади.

Проведення реакції. До 2-3 крапель розчину, що містить йони плюмбуму, додають 2-3 краплі 2М CH_3COOH , 2-3 краплі CH_3COONa і 2-3 краплі $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$. Утворюється жовтий осад. Центрифугують, відокремлюють осад від розчину і до осаду додають 2-3 краплі 2М NaOH . Осад розчиняється.

2. Калій йодид KI . Йони плюмбуму осаджуються йодид-йонами у вигляді жовтого осаду PbI_2 , який легко розчиняється при нагріванні і знову утворюється при охолодженні розчину. У надлишку KI осад розчиняється з утворенням $[\text{PbI}_4]^{2-}$.

Реакція неселективна: йони Ag(I) , Hg(II) , Cu(II) , Fe(III) , взаємодіють з KI . Тому для виявлення плюмбум-іонів попередньо осаджують йони плюмбум(II) і аргентуму у вигляді хлоридів. При обробці цього осаду гарячою водою розчиняється тільки PbCl_2 . До отриманого водного розчину після охолодження додають KI і спостерігають утворення жовтого осаду.

Проведення реакції. У пробірку до 2-3 крапель розчину, що містить йони плюмбуму, додають 2 краплі 2М розчину CH_3COOH і 2-3 краплі KI . Утворюється жовтий осад. Нагрівають до кипіння і охолоджують. Випадає золотисто-жовтий осад у вигляді красивих блискучих пелюстків.

3. Хлоридна кислота HCl. При повільному додаванні HCl до розчину солі плюмбуму утворюється білий осад $PbCl_2$, який розчиняється у надлишку концентрованої HCl з утворенням $[PbCl_4]^{2-}$. $PbCl_2$ має порівняно високу розчинність у воді, для пониження якої до розчину додають етанол. Розчинність $PbCl_2$ зростає при нагріванні, що використовується для розділення $PbCl_2$ та $AgCl$.

Проведення реакції. До 3-4 крапель розчину, що містить йони плюмбуму, додають 2-3 краплі 2М HNO_3 і 3-4 краплі 2М HCl. Утворюється осад білого кольору.

Дія деяких реагентів на катіони II аналітичної групи наведена у табл. 3.

Таблиця 3

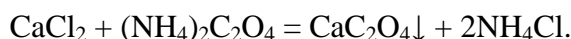
Дія деяких реагентів на катіони II аналітичної групи

Реагент	Ag^+	Pb^{2+}
HCl	$AgCl \downarrow$ – білий, розчиняється в HCl (конц.), $NH_3 \cdot H_2O$, не розчиняється в HNO_3	$PbCl_2 \downarrow$ – білий, розчиняється в гарячій воді
NaOH, $NH_3 \cdot H_2O$	$Ag_2O \downarrow$ – бурий, розчиняється в $NH_3 \cdot H_2O$	$Pb(OH)_2 \downarrow$ – білий, розчиняється в NaOH, HNO_3
$K_4[Fe(CN)_6]$	$Ag_4[Fe(CN)_6] \downarrow$ – жовтий	$Pb_2[Fe(CN)_6] \downarrow$ – жовто-білий, не розчиняється в кислотах
$K_3[Fe(CN)_6]$	$Ag_3[Fe(CN)_6] \downarrow$ – жовтогарячий, розчиняється в $NH_3 \cdot H_2O$	$Pb_3[Fe(CN)_6]_2 \downarrow$ – червоний, розчиняється в NaOH, HNO_3
Na_2CO_3	$Ag_2CO_3 \downarrow$ – білий, розчиняється в $NH_3 \cdot H_2O$, HNO_3	$(PbOH)_2CO_3 \downarrow$ – білий, розчиняється в NaOH, HNO_3
NH_4SCN	$AgSCN \downarrow$ – білий, розчиняється в надлишку реагенту	$Pb(SCN)_2 \downarrow$ – білий, розчиняється в HNO_3
H_2SO_4	$Ag_2SO_4 \downarrow$ – білий, утворюється тільки в дуже концентрованих розчинах	$PbSO_4 \downarrow$ – білий, розчиняється в NaOH, CH_3COONH_4
K_2CrO_4 , $K_2Cr_2O_7$	$Ag_2CrO_4 \downarrow$ – цегельно-червоний, розчиняється в $NH_3 \cdot H_2O$, HNO_3	$PbCrO_4 \downarrow$ – жовтий, розчиняється в NaOH, HNO_3
Na_2HPO_4	$Ag_3PO_4 \downarrow$ – світло-жовтий, розчиняється в $NH_3 \cdot H_2O$, HNO_3	$Pb_3(PO_4)_2 \downarrow$ – білий, розчиняється в NaOH, HNO_3
KI	$AgI \downarrow$ – жовтий, не розчиняється в HNO_3 і $NH_3 \cdot H_2O$. Розчиняється в $Na_2S_2O_3$	$PbI_2 \downarrow$ – жовтий, розчиняється в гарячій воді

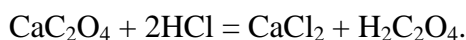
3.3. Катіони третьої аналітичної групи

Кальцій-йони

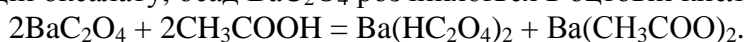
1. Амоній оксалат $(NH_4)_2C_2O_4$ утворює з йонами кальцію кристалічний осад CaC_2O_4 :



Осад не розчиняється в оцтовій кислоті CH_3COOH , розчиняється у сильних кислотах:

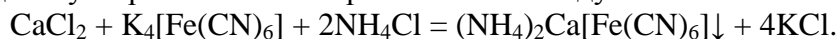


Заважають йони Ва(II), що утворюють з $(NH_4)_2C_2O_4$ аналогічний осад. На відміну від кальцій оксалату, осад CaC_2O_4 розчиняється в оцтовій кислоті:



Проведення реакції. До 2-3 крапель розчину, що містить йони кальцію, додають 2-3 краплі розчину реагенту. Випадає білий осад.

2. Калій гексаціаноферат(II) $K_4[Fe(CN)_6]$ у присутності NH_4Cl взаємодіє з йонами кальцію з утворенням білого кристалічного осаду:



Осад не розчиняється в CH_3COOH . Заважають йони $Ba(II)$ і $Mg(II)$.

Проведення реакції. На годинниковому склі перемішують краплю досліджуваного розчину з 2-3 краплями розчину реагенту, потім додають 1-2 краплі розчину NH_4Cl , краплю етанолу і знову перемішують. Помутніння чи поява кристалічного осаду вказує на присутність йонів кальцію. Годинникове скло можна помістити на чорний папір. Це покращує візуальне спостереження ознак реакції.

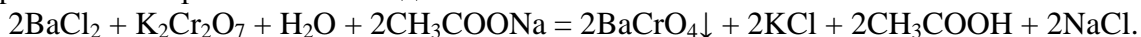
3. Сульфатна кислота (мікрокристалоскопічна реакція). У розведених розчинах йони кальцію утворюють із сульфатною кислотою характерні кристали $CaSO_4 \cdot 2H_2O$. Заважають йони $Pb(II)$, $Ba(II)$ у 10-кратному надлишку.

Проведення реакції. На предметне скло наносять краплю розчину солі кальцію, поруч наносять краплю H_2SO_4 (1:4). Скляною паличкою з'єднують краплі, через кілька хвилин розглядають під мікроскопом кристали (головним чином на краях краплі).

4. Забарвлення полум'я. Леткі солі кальцію забарвлюють полум'я газового пальника в цегельно-червоний колір.

Барій-йони

1. Калій дихромат $K_2Cr_2O_7$ в ацетатному буферному розчині утворює з йонами барію жовтий кристалічний осад:



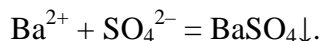
Осад розчиняється у сильних кислотах, але не розчиняється в оцтовій кислоті:



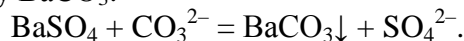
Заважають йони $Hg(II)$, $Ag(I)$, $Pb(II)$, і $Fe(III)$ тому, що утворюють забарвлені хромати; йони $Ca(II)$ не утворюють осаду з $K_2Cr_2O_7$ і не заважають виявленню йонів барію. Цю реакцію використовують і для розділення йонів $Ba(II)$ та $Ca(II)$.

Проведення реакції. До 1-2 крапель розчину, що містить йони барію, додають 3-4 краплі розчину CH_3COONa і 1-2 краплі розчину калій дихромату. Пробірку нагрівають. Утворюється жовтий осад.

2. Сульфатна кислота та її солі утворюють з йонами барію білий кристалічний осад:



Осад не розчиняється в розведених сильних кислотах. Для розчинення $BaSO_4$ його спочатку переводять у $BaCO_3$:



Для того, щоб довести реакцію перетворення $BaSO_4$ у $BaCO_3$ до кінця, осад $BaSO_4$ багаторазово обробляють насиченим розчином Na_2CO_3 , щоразу зливаючи рідину з осаду.

Заважають йони $Pb(II)$, $Ca(II)$, що утворюють малорозчинні сульфати; $PbSO_4$ можна відокремити від $BaSO_4$ обробкою осаду надлишком $NaOH$ або CH_3COONH_4 (30%). При цьому $PbSO_4$ розчиняється за рахунок утворення $[Pb(OH)_4]^{2-}$ або $Pb(CH_3COO)_2$.

Проведення реакції. До 1-2 крапель розчину, що містить йони барію, додають 1-2 краплі 2М H_2SO_4 чи сульфату лужного металу. Утворюється білий кристалічний осад.

3. Забарвлення полум'я. Леткі солі барію забарвлюють полум'я газового пальника в жовто-зелений колір.

Дія деяких реагентів на катіони III аналітичної групи наведена у табл. 4 (риска означає, що реакція між йоном та реагентом не протікає).

Таблиця 4

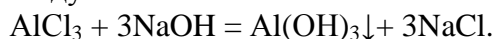
Дія деяких реagentів на катіони III аналітичної групи

Реагент	Ba ²⁺	Ca ²⁺
H ₂ SO ₄	BaSO ₄ ↓ – білий, не розчиняється в кислотах	CaSO ₄ ↓ – білий (осад утворюється при додаванні етанолу)
(NH ₄) ₂ C ₂ O ₄	BaC ₂ O ₄ ↓ – білий, погано розчиняється в CH ₃ COOH, легко – в мінеральних кислотах	CaC ₂ O ₄ ↓ – білий, не розчиняється в CH ₃ COOH. Розчиняється в мінеральних кислотах
K ₂ CrO ₄ , K ₂ Cr ₂ O ₇	BaCrO ₄ ↓ – жовтий, розчиняється в мінеральних кислотах, не розчиняється в CH ₃ COOH	–
Na ₂ HPO ₄	BaHPO ₄ ↓ – білий, розчиняється в мінеральних кислотах, в CH ₃ COOH	CaHPO ₄ ↓ – білий, розчиняється в мінеральних кислотах, в CH ₃ COOH
Na ₂ CO ₃	BaCO ₃ ↓ – білий, розчиняється в мінеральних кислотах, в CH ₃ COOH	CaCO ₃ ↓ – білий, розчиняється в мінеральних кислотах, в CH ₃ COOH
K ₄ [Fe(CN) ₆]	–	Ca(NH ₄) ₂ [Fe(CN) ₆]↓ – білий (осад утворюється в середовищі NH ₄ Cl)

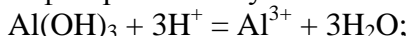
3.4. Катіони четвертої аналітичної групи

Алюміній-йони

1. Натрій гідроксид NaOH і амоніак NH₃·H₂O з йонами алюмінію утворюють білий осад алюміній гідроксиду:



Алюміній гідроксид є амфотерною сполукою:



Алюміній гідроксид не розчиняється в NH₃·H₂O.

Осадження Al(OH)₃ досягається при pH~5. При pH > 10 осад розчиняється з утворенням гідроксокомплексів. Додаванням NH₄Cl до лужного розчину можна понизити pH розчину та осадити алюміній гідроксид:

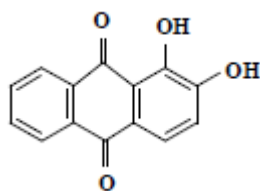


Алюмінат при кип'ятінні не розкладається, цим він відрізняється від хроміту.

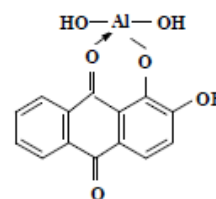
Проведення реакції. 1) До 3-4 крапель розчину, що містить йони алюмінію, обережно краплинами додають 2М NaOH до утворення білого осаду алюміній гідроксиду. При додаванні надлишку луку осад розчиняється. Якщо додати твердий NH₄Cl і нагріти, знову утвориться осад алюміній гідроксиду.

2) До 2-3 крапель розчину, що містить йони алюмінію, додають 2-3 краплі 2М NH₃·H₂O. Утворюється білий осад.

2. Алізариновий червоний (а) з йонами алюмінію в лужному середовищі утворює осад яскраво-червоного кольору (б).



а



б

Йони феруму (III), хрому (III), мангану (II) заважають виявленню йонів алюмінію, оскільки утворюють з реагентами забарвлені сполуки. Для їхнього

маскування використовують $K_4[Fe(CN)_6]$, з яким заважаючі йони утворюють нерозчинні у воді гексаціаноферати.

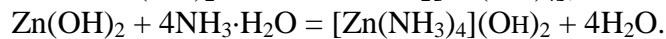
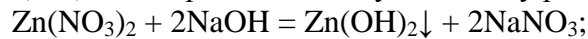
Реакцію виявлення алюмінію можна проводити краплинним методом і в пробірці.

Проведення реакції. 1) На фільтрувальний папір наносять краплю розчину $K_4[Fe(CN)_6]$, потім у центр вологої плями наносять краплю розчину, що містить йони алюмінію, доторкаючись до паперу кінчиком капіляра. Далі наносять краплю реагенту й обробляють пляму газоподібним амоніаком, для цього папір витримують над отвором склянки з концентрованим розчином амоніаку. Фіолетову пляму, що утворюється, обробляють 1 М розчином CH_3COOH . Фіолетове забарвлення реагенту переходить у жовте і можна спостерігати червоне забарвлення сполуки алюмінію з реагентом.

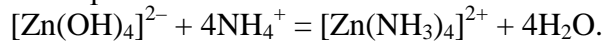
2) У пробірці до 2-3 крапель кислого розчину, що містить йони алюмінію, додають 2-3 краплі розчину алізарину, твердий натрій ацетат CH_3COONa до слабкокислого середовища і нагрівають. Випадає червоний осад.

Цинк-йони

1. Натрій гідроксид $NaOH$ і амоніак $NH_3 \cdot H_2O$. Луги осаджують йони цинку у вигляді білого осаду $Zn(OH)_2$, який розчиняється у надлишку реагенту:

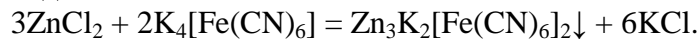


$Zn(OH)_2$ розчиняється також в мінеральних кислотах. На відміну від алюмінатів та хромітів при нагріванні розчину цинкату в присутності солей амонію гідроксид не осаджується, а утворюється розчинний амоніачний комплекс:

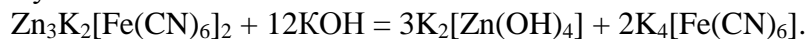


Проведення реакції. До 2-3 крапель розчину, що містить йони цинку, додають 1-2 краплі 2М $NaOH$ (2М $NH_3 \cdot H_2O$). Утворюється осад білого кольору. При додаванні надлишку лугу осад розчиняється.

2. Калій гексаціаноферат (II) $K_4[Fe(CN)_6]$ утворює з йонами цинку в кислому середовищі білий осад змішаної солі:

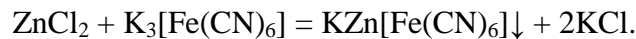


Заважають йони $Fe(III)$, $Cu(II)$, $Ag(I)$. Осад не розчиняється в кислотах, розчиняється в лугах:



Проведення реакції. До 1-2 крапель слабкокислого розчину, що містить йони цинку, додають 1-2 краплі розчину реагенту. Утворюється білий осад.

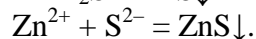
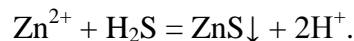
3. Калій гексаціаноферат (III) $K_3[Fe(CN)_6]$ утворює з йонами цинку в кислому середовищі жовтий осад змішаної солі:



Заважають йони $Fe(II)$, $Fe(III)$, $Cu(II)$, $Ag(I)$.

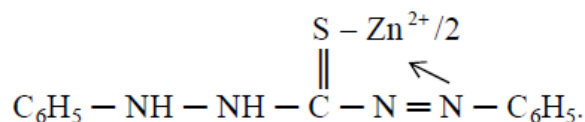
Проведення реакції. До 1-2 крапель слабкокислого розчину, що містить йони цинку, додають 1-2 краплі розчину реагенту. Утворюється жовтий осад.

4. Сірководень H_2S і натрій сульфід Na_2S . При дії сірководню чи натрій сульфїду на розчин, що містить йони цинку, осаджується цинк сульфід ZnS білого кольору:



Проведення реакції. До 1-2 крапель розчину, що містить йони цинку, додають 1-2 краплі розчину Na_2S . Утворюється білий осад.

5. Дитизон утворює з йонами цинку внутрішньокомплексну сполуку, розчинну в органічних розчинниках (CCl_4 , $CHCl_3$):

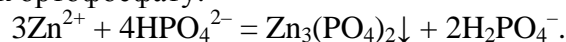


Ця сполука на відміну від дитизонатів інших катіонів забарвлює в лужному середовищі не тільки органічну, але і водну фазу в червоний колір. Заважають йони Ag(I), Hg(II), Pb(II), Cu(II), Co(II), Ni(II). Їх маскують тіосульфатом або осаджують у вигляді сульфідів.

Проведення реакції. 1) До 3-4 крапель розчину, що містить йони цинку, додають 3-4 краплі 2М NaOH. Краплю отриманого лужного розчину наносять капіляром на фільтрувальний папір. Плямку обводять по периферії капіляром з розчином дитизону в CCl₄. Утворюється характерне червоне коло, яке порівнюють з контрольним дослідом. Для цього поруч наносять на папір краплю 2М NaOH і також обводять по периферії капіляром з розчином дитизону в CCl₄. Утворюється жовтогаряча пляма.

2) До 1-2 крапель досліджуваного розчину додають 1-2 краплі 20% розчину натрій тіосульфату Na₂S₂O₃, доводять рН розчину до 4-5 20% розчином CH₃COOH. Екстрагують 0,02% розчином дитизону в CCl₄. У присутності цинку органічний та водний шари забарвлюються в червоний колір.

6. Натрій гідрогенортофосфат Na₂HPO₄ утворює з йонами цинку білий гелеподібний осад цинк ортофосфату:

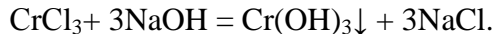


Осад розчиняється в сильних кислотах, оцтовій кислоті, лугах, амоніаку.

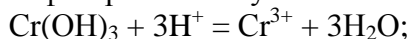
Проведення реакції. До 2-3 крапель розчину солі цинку додають 2-3 краплі розчину Na₂HPO₄. Утворюється осад білого кольору.

Хром (III)-йони

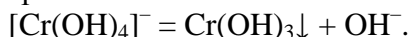
1. Натрій гідроксид NaOH і амоніак NH₃·H₂O. Луги осаджують йони хрому (III) у вигляді сіро-зеленого (іноді фіолетового) осаду:



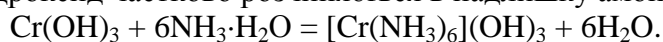
Хром (III) гідроксид є амфотерною сполукою:



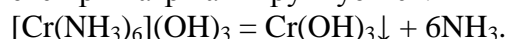
Хроміт розкладається при кип'ятінні:



Хром (III) гідроксид частково розчиняється в надлишку амоніаку:

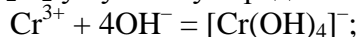


Амоніачний комплекс при нагріванні руйнується:



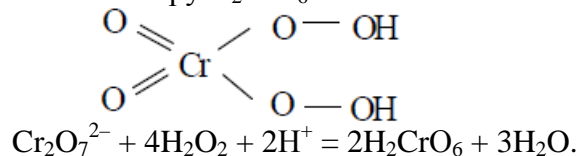
Проведення реакції. До 2-3 крапель розчину, що містить йони хрому (III), додають 1-2 краплі 2М NaOH (2М NH₃·H₂O). Утворюється осад сіро-зеленого кольору. При додаванні надлишку лугу осад розчиняється.

2. Гідроген пероксид H₂O₂ у лужному середовищі окиснює Cr(III) до Cr(VI):



Утворюється жовтий розчин натрій хромату.

При дії H₂O₂ на розчини хроматів у кислому середовищі утворюється надхромова кислота блакитного кольору H₂CrO₆:



У водних розчинах надхромова кислота нестійка і швидко розкладається. Надхромова кислота більш стійка в органічних розчинниках (діетиловому етері, аміловому спирті та ін.). Реакція практично специфічна.

Проведення реакції. До 2-3 крапель розчину, що містить йони хрому (III), додають краплями 2М NaOH до утворення осаду хром гідроксиду і далі до його розчинення й утворення гідросокомплексу. Потім додають 1 краплю 30% чи 6-8 крапель 3% розчину H_2O_2 і нагрівають. Утворюється жовтий розчин хромату. До частини отриманого розчину після охолодження додають 1 краплю 3% розчину H_2O_2 , кілька крапель етеру і краплями при струшуванні сульфатну кислоту (1:4). Утворену пероксидну сполуку хрому екстрагують етером, органічний шар забарвлюється в синій колір.

Дія деяких реагентів на катіони IV аналітичної групи наведена у табл. 5 (риска означає, що реакція між катіоном та реагентом не протікає).

Таблиця 5

Дія деяких реагентів на катіони IV аналітичної групи

Реагент	Al^{3+}	Zn^{2+}	Cr^{3+}
NaOH	$Al(OH)_3\downarrow$ – білий, розчиняється в надлишку реагенту, мінеральних кислотах	$Zn(OH)_2\downarrow$ – білий, розчиняється в надлишку реагенту, мінеральних кислотах	$Cr(OH)_3\downarrow$ – сіро-зелений, розчиняється в надлишку реагенту, мінеральних кислотах
$NH_3 \cdot H_2O$	$Al(OH)_3\downarrow$ – білий, розчиняється в мінеральних кислотах	$Zn(OH)_2\downarrow$ – білий, розчиняється в надлишку реагенту, мінеральних кислотах	$Cr(OH)_3\downarrow$ – сіро-зелений, розчиняється в мінеральних кислотах, частково – в надлишку реагенту
$K_4[Fe(CN)_6]$	–	$Zn_3K_2[Fe(CN)_6]_2\downarrow$ – білий, не розчиняється в кислотах, розчиняється в лугах	–
$K_3[Fe(CN)_6]$	–	$KZn[Fe(CN)_6]\downarrow$ – жовтий	–
Na_2CO_3	$Al(OH)_3\downarrow$ – білий	$(ZnOH)_2CO_3\downarrow$ – білий, розчиняється в мінеральних кислотах, лугах, $NH_3 \cdot H_2O$	$Cr(OH)_3\downarrow$ – сіро-зелений
Na_2HPO_4	$AlPO_4\downarrow$ – білий, розчиняється в мінеральних кислотах, лугах, не розчиняється в CH_3COOH	$Zn_3(PO_4)_2\downarrow$ – білий, розчиняється в мінеральних кислотах, CH_3COOH , лугах, $NH_3 \cdot H_2O$	$CrPO_4\downarrow$ – зелений, розчиняється в мінеральних кислотах, лугах, не розчиняється в CH_3COOH
Na_2S	$Al(OH)_3\downarrow$ – білий	$ZnS\downarrow$ – білий, розчиняється в мінеральних кислотах	$Cr(OH)_3\downarrow$ – сіро-зелений
Окисники (в лужному середовищі Br_2 , I_2 , H_2O_2 , кислому – $(NH_4)_2S_2O_8$, $KMnO_4$)	–	–	В лужному середовищі CrO_4^{2-} – жовтий; в кислому середовищі $Cr_2O_7^{2-}$ – жовтогарячий

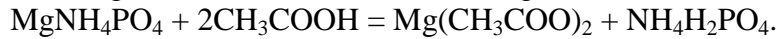
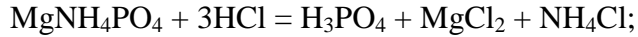
3.5. Катіони п'ятої аналітичної групи

Магній-йони

1. Натрій гідрогенортофосфат Na_2HPO_4 утворює з йонами магнію в присутності амоніачної буферної суміші при рН 9 білий кристалічний осад $\text{MgNH}_4\text{PO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$:



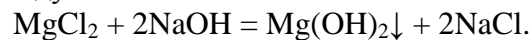
Осад розчиняється в сильних кислотах і в оцтовій кислоті:



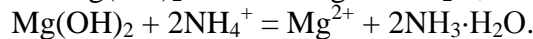
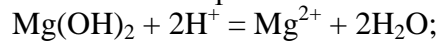
Заважають йони, що утворюють малорозчинні фосфати.

Проведення реакції. До 1-2 крапель розчину, що містить йони магнію, додають 2-3 краплі 2М NH_4Cl , 1 краплю розчину Na_2HPO_4 і при перемішуванні краплинами додають 2М $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ до появи запаху амоніаку (рН ~ 9). Випадає білий кристалічний осад.

2. Натрій гідроксид NaOH і амоніак $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ з йонами магнію утворюють білий осад магній гідроксиду:



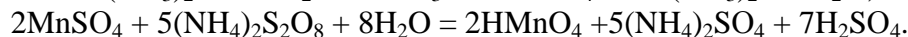
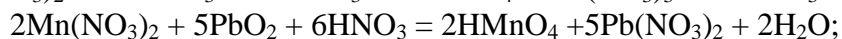
Осад розчиняється в мінеральних кислотах і солях амонію:



Проведення реакції. До 2-3 крапель розчину, що містить йони магнію, додають 2-3 краплі 2М NaOH (2М $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$) до утворення білого осаду магній гідроксиду. При додаванні розчину солі амонію осад розчиняється.

Манган (II)- йони

1. Натрій бісмутат NaBiO_3 , плюмбум (IV) оксид PbO_2 , натрій персульфат $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ в кислому середовищі при нагріванні швидко окиснюють йони мангану (II) до перманганатної кислоти HMnO_4 , що має характерне червоно-фіолетове забарвлення:



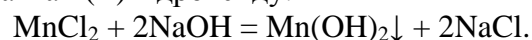
Натрій бісмутат окиснює йони мангану (II) на відміну від інших окисників без нагрівання. Окиснення амоній персульфатом проводять в присутності каталізатора – йонів Ag^+ . Заважають відновники, у тому числі хлорид-йони і надлишок $\text{Mn}(\text{II})$.

Проведення реакції. 1) До краплі розчину солі мангану (II) додають краплю концентрованої HNO_3 , 3-4 краплі води і невелику кількість твердого натрій бісмутату. Розчин забарвлюється в червоно-фіолетовий колір.

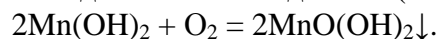
2) В окрему пробірку вносять 2-3 мг PbO_2 (на кінчику шпателя), додають 5-6 крапель води, 3-4 краплі концентрованої HNO_3 і нагрівають. Через 1-2 хвилини центрифугують, до прозорого центрифугату додають 1-2 краплини розчину солі мангану (II). Розчин забарвлюється в червоно-фіолетовий колір.

3) До 5-6 крапель розчину $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ додають краплю 2М H_2SO_4 , 1-2 краплі концентрованої H_3PO_4 , 1-2 краплі розчину AgNO_3 і нагрівають. До нагрітої суміші за допомогою скляної палички додають мінімальну кількість розчину солі мангану (II), що не містить хлорид-йонів. Розчин забарвлюється в малиновий колір.

3. Натрій гідроксид NaOH і амоніак $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ з йонами мангану (II) утворюють білий осад манган (II) гідроксиду:

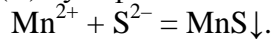


Осад не розчиняється в лугах, розчиняється в мінеральних кислотах. На повітрі манган (II) гідроксид буріє внаслідок окиснення до $\text{MnO}(\text{OH})_2$:



Проведення реакції. До 2-3 крапель розчину, що містить йони мангану (II), додають 2-3 краплі 2М NaOH (2М $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$) до утворення білого осаду.

4. Натрій сульфід Na_2S . При дії натрій сульфиду на розчин, що містить йони мангану (II), осаджується манган (II) сульфід MnS світло-рожевого кольору:

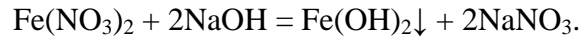


Манган (II) сульфід розчиняється в мінеральних кислотах, не розчиняється в лугах.

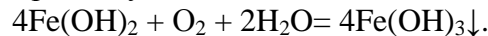
Проведення реакції. До 1-2 крапель розчину, що містить йони мангану (II), додають 1-2 краплі розчину Na_2S . Утворюється світло-рожевий осад.

Ферум (II)-йони

1. Натрій гідроксид NaOH і амоніак $\text{NH}_3\cdot\text{H}_2\text{O}$. Луги осаджують йони феруму (II) у вигляді білого осаду $\text{Fe}(\text{OH})_2$:



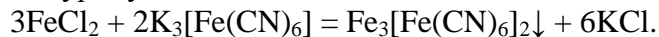
Свіжоосаджений $\text{Fe}(\text{OH})_2$ легко розчиняється в сильних кислотах та солях амонію. На повітрі ферум (II) гідроксид швидко зеленіє і поступово буріє внаслідок окиснення до ферум (III) гідроксиду:



Зелене забарвлення зумовлене наявністю проміжних продуктів окиснення складу $\text{Fe}(\text{OH})_2\cdot\text{Fe}(\text{OH})_3$.

Проведення реакції. До 2-3 крапель розчину, що містить йони феруму (II), додають 2-3 краплі 2М NaOH (2М $\text{NH}_3\cdot\text{H}_2\text{O}$). Утворюється осад білого кольору, який переходить в сіро-зелений, потім – в бурий.

2. Калій гексаціаноферат (III) $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ утворює з йонами феруму (II) синій осад, який називається турнбулевою синню:

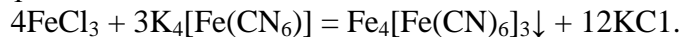


Осад не розчиняється в кислотах, але розкладається лугами з виділенням гідроксидів $\text{Fe}(\text{II}, \text{III})$. Реакція специфічна.

Проведення реакції. До 1-2 крапель розчину, що містить йони феруму (II), додають 1-2 краплі розчину реагенту. Утворюється синій осад.

Ферум (III)-йони

1. Калій гексаціаноферат (II) $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ з йонами феруму (III) утворює темно-синій осад берлінської блакиті:



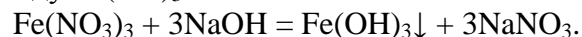
Заважають великі кількості йонів металів, що дають забарвлені осади з калій гексаціанофератом (II).

Проведення реакції. До 1-2 крапель розчину, що містить йони $\text{Fe}(\text{III})$ і має рН 1-3, додають 1-2 краплі реагенту. Спостерігають утворення темно-синього осаду.

2. Амоній (калій) тіоціанат NH_4SCN (KSCN) у слабкокислих розчинах утворює з $\text{Fe}(\text{III})$ розчинні комплексні сполуки червоного кольору $[\text{Fe}(\text{SCN})_n]^{(3-n)+}$, де $n = 1-6$. Реакція оборотна, тому при додаванні надлишку реагенту інтенсивність забарвлення підсилюється. Заважають аніони, що утворюють з $\text{Fe}(\text{III})$ стійкі комплексні сполуки (фосфати, оксалати, фториди та ін.).

Проведення реакції. До 1-2 крапель розчину, що містить йони феруму (III), додають краплю розчину NH_4SCN . З'являється червоне забарвлення розчину.

3. Натрій гідроксид NaOH і амоніак $\text{NH}_3\cdot\text{H}_2\text{O}$. Луги осаджують йони феруму (III) у вигляді бурого осаду $\text{Fe}(\text{OH})_3$:



Осад розчиняється в сильних кислотах.

Проведення реакції. До 2-3 крапель розчину, що містить йони феруму (III), додають 2-3 краплі 2М NaOH (конц. $\text{NH}_3\cdot\text{H}_2\text{O}$). Утворюється осад бурого кольору.

Дія деяких реагентів на катіони V аналітичної групи наведена у табл. 6 (риска означає, що реакція між катіоном та реагентом не протікає).

Таблиця 6

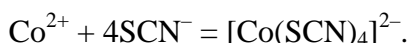
Дія деяких реагентів на катіони V аналітичної групи

Реагент	Mg ²⁺	Mn ²⁺	Fe ²⁺	Fe ³⁺
NaOH, NH ₃ ·H ₂ O	Mg(OH) ₂ ↓ білий, розчиняється в мінеральних кислотах, солях амонію	Mn(OH) ₂ ↓ білий, розчиняється в мінеральних кислотах	Fe(OH) ₂ ↓ білий, розчиняється в мінеральних кислотах, солях амонію	Fe(OH) ₃ ↓ бурий, розчиняється в мінеральних кислотах
K ₄ [Fe(CN) ₆]	–	Mn ₂ [Fe(CN) ₆]↓ білий	Fe ₂ [Fe(CN) ₆]↓ білий, на повітрі синіє	Fe ₄ [Fe(CN) ₆]↓ ₃ синій
K ₃ [Fe(CN) ₆]	–	Mn ₃ [Fe(CN) ₆]↓ ₂ бурий	Fe ₃ [Fe(CN) ₆]↓ ₂ синій	Fe[Fe(CN) ₆]↓ бурий
Na ₂ CO ₃	(MgOH) ₂ CO ₃ ↓ білий, розчиняється в мінеральних кислотах	MnCO ₃ ↓ білий, розчиняється в мінеральних кислотах	Fe(OH) ₂ ↓ білий, розчиняється в мінеральних кислотах, солях амонію	FeOHCO ₃ ↓ бурий, розчиняється в мінеральних кислотах
Na ₂ HPO ₄	MgNH ₄ PO ₄ ↓ білий (утворюється в присутності NH ₃ ·H ₂ O і NH ₄ Cl), розчиняється в мінеральних кислотах	Mn ₃ (PO ₄) ₂ ↓ білий, розчиняється в мінеральних кислотах, CH ₃ COOH	Fe ₃ (PO ₄) ₂ ↓ білий, розчиняється в мінеральних кислотах, CH ₃ COOH	FePO ₄ ↓ світло-жовтий, розчиняється в мінеральних кислотах, не розчиняється в CH ₃ COOH
Na ₂ S	MgS↓ білий, розчиняється в мінеральних кислотах	MnS↓ світло-рожевий, розчиняється в мінеральних кислотах	FeS↓ чорний, розчиняється в мінеральних кислотах	Fe ₂ S ₃ ↓ чорний, розчиняється в мінеральних кислотах
NH ₄ SCN	–	–	–	[Fe(SCN) _n] ⁽³⁻ⁿ⁾⁺ , n = 1-6 червоний

3.6. Катіони шостої аналітичної групи

Кобальт-іони

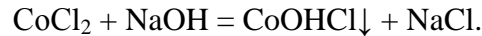
1. Амоній (калій) тїоціанат NH₄SCN (KSCN) в оцтовокислому розчині при pH 4-5 з йонами кобальту (II) утворює забарвлені в синій колір комплексні йони [Co(SCN)₄]²⁻:



Оксигеновмісні розчинники (етери, ацетон, ізоаміловий спирт) екстрагують темно-синій малостійкий комплекс кобальту. Для зменшення дисоціації комплексних сполук необхідно ввести великий надлишок тїоціанату. Заважають йони феруму (III), які маскують додаванням фторид-йонів.

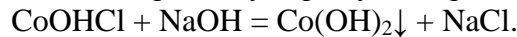
Проведення реакції. До 2-3 крапель розчину, що містить йони кобальту (II), додають твердий тїоціанат амонію (калію) або його насичений розчин, твердий фторид амонію, 5-7 крапель ізоамілового спирту (етеру, ацетону) і струшують. Шар органічного розчинника забарвлюється в синій колір.

2. Натрій гідроксид NaOH з йонами кобальту (II) утворює синій осад основної солі:



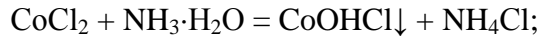
Осад розчиняється в мінеральних кислотах.

Рожевий осад кобальт (II) гідроксиду отримують при нагріванні основної солі:

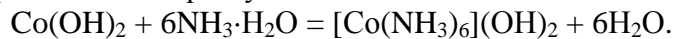


Проведення реакції. До 2-3 крапель розчину, що містить йони кобальту (II), додають 3-4 краплі 2М NaOH до утворення синього осаду основної солі. Нагрівають вміст пробірки на водяній бані; утворюється осад рожевого кольору.

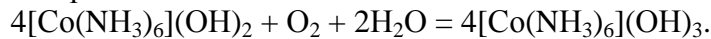
3. Амоніак $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$. Основна сіль кобальту (II), яка утворюється при дії на розчин, що містить йони кобальту (II), амоніаку, розчиняється в надлишку реагенту з утворенням забарвлених в брудно-жовтий колір комплексних йонів $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{2+}$:



Кобальт (II) гідроксид також реагує з амоніаком:

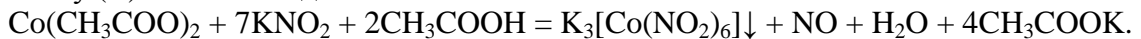


На повітрі $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{2+}$ окиснюється до $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{3+}$, забарвлення розчину змінюється на вишнево-червоне:



Проведення реакції. До 2-3 крапель розчину, що містить йони кобальту (II), додають 2-3 краплі 2М $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ до утворення синього осаду основної солі. При додаванні концентрованого $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ осад розчиняється.

4. Калій нітрит KNO_2 в оцтовокислому розчині при pH 4-5 утворює з йонами кобальту (II) жовтий осад:

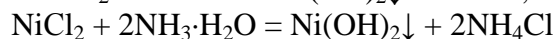
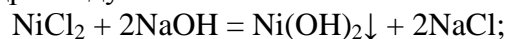


З розведених розчинів осад утворюється через деякий час після нагрівання. Цю реакцію використовують для відділення кобальту від йонів, що заважають.

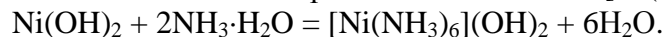
Проведення реакції. До 2-3 крапель розчину, що містить йони кобальту (II), додають 2 краплі 2М CH_3COOH , 2 краплі розчину CH_3COONa і твердий KNO_2 . Суміш нагрівають кілька хвилин. Утворюється жовтий осад.

Нікол-йони

1. Натрій гідроксид NaOH і амоніак $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ з йонами ніколу (II) утворюють зелений осад нікол (II) гідроксиду:

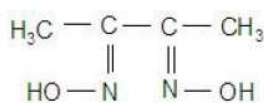


Осад не розчиняється в NaOH, розчиняється в мінеральних кислотах, $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ з утворенням забарвлених в блакитний колір комплексних йонів $[\text{Ni}(\text{NH}_3)_6]^{2+}$:

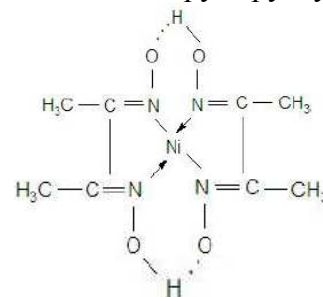


Проведення реакції. До 2-3 крапель розчину, що містить йони ніколу (II), додають 3-4 краплі 2М NaOH (2М $2\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$) до утворення зеленого осаду гідроксиду. При додаванні концентрованого $2\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ осад розчиняється.

2. Диметилгліоксим (а) утворює з йонами ніколу (II) в інтервалі pH 5-10 малорозчинну у воді комплексну сполуку яскраво-червоного кольору структури (б):



а



б

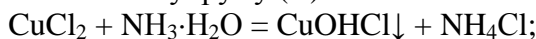
З диметилглюксимом утворюють комплексні сполуки також Cu(II) (жовтогарячого кольору), Fe(II) (червонуватого кольору) Co(II) (коричнево-червоного кольору). Якщо попередньо окиснити Fe(II) до Fe(III) і Co(II) до Co(III), нікол-йони можна виявити в присутності 200-кратних кількостей цих елементів. При виявленні йонів ніколу в амоніачних розчинах у присутності йонів металів, що утворюють забарвлені гідроксиди, додають цитрати і тартрати для запобігання випаданню гідроксидів.

Проведення реакції. 1) До 1-2 крапель розчину, що містить йони Ni(II), додають 1-2 краплі 1% етанольного розчину диметилглюксиму і 1-2 краплі 2М NH₃·H₂O. Утворюється яскраво-червоний осад.

2) До 1-2 крапель розчину, що містить йони Ni(II), додають концентрований NH₃·H₂O до розчинення осаду, що утворюється. На фільтрувальний папір наносять послідовно 1 краплю розчину Na₂HPO₄, краплю розчину, що містить йони [Ni(NH₃)₆]²⁺, краплю розчину Na₂HPO₄, краплю розчину диметилглюксиму. Крапля в цілому, або її периферія, забарвлюється в червоний колір.

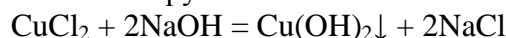
Купрум (II)-йони

1. Амоніак NH₃·H₂O при взаємодії з йонами купруму (II) спочатку осаджує основну сіль світло-зеленого кольору, легкорозчинну в надлишку реагенту (при pH > 9 утворюються амоніачні комплекси купруму (II) інтенсивно-синього кольору):



Проведення реакції. До 2-3 крапель розчину, що містить йони купруму (II), додають великий надлишок розчину амоніаку до pH > 9. Поява інтенсивно-синього забарвлення вказує на присутність купрум (II)-йонів.

2. Натрій гідроксид NaOH при взаємодії з йонами купруму (II) утворює осад купрум (II) гідроксиду синього кольору:



Осад розчиняється в надлишку амоніаку з утворенням [Cu(NH₃)₄]²⁺.

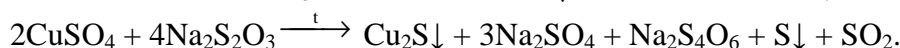
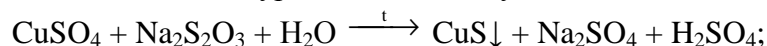
Проведення реакції. До 2-3 крапель розчину, що містить йони купруму (II), додають 3-4 краплі 2М NaOH до утворення синього осаду гідроксиду. При додаванні концентрованого NH₃·H₂O осад розчиняється.

3. Калій гексаціаноферат (II) K₄[Fe(CN)₆] при pH < 7 осаджує йони купруму (II) у вигляді червоно-бурого осаду Cu₂[Fe(CN)₆], який розчиняється в амоніаку з утворенням аміаку купруму. Заважають йони Fe(III), Ni(II), Co(II), які утворюють з реагентом забарвлені осад.

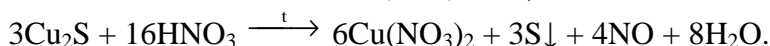
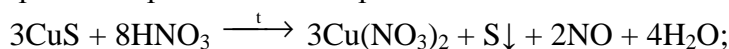
Тому їх попередньо відокремлюють чи зв'язують у стійкі розчинні комплексні сполуки. При дуже малих концентраціях купруму (II) осад не випадає, але розчин забарвлюється в рожевий колір.

Проведення реакції. До 2-3 крапель розчину, що містить йони купруму (II) (pH < 7), додають 1-2 краплі розчину реагенту. Утворюється червоно-бурий осад.

4. Натрій тіосульфат Na₂S₂O₃ при нагріванні осаджує йони купруму (II) у вигляді чорного (CuS) або темно-бурого (Cu₂S) осаду:



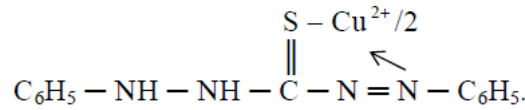
Купрум (I) сульфід утворюється при додаванні надлишку реагенту. Cu₂S та CuS розчиняються при нагріванні в розбавленій нітратній кислоті:



Проведення реакції. До 2-3 крапель розчину, що містить йони купруму (II) додають кристалічний Na₂S₂O₃ і нагрівають пробірку. Утворюється темно-бурий або

чорний осад. Утворення жовтого осаду свідчить про відсутність купрум (II)-йонів у досліджуваному розчині.

5. Дитизон при рН 1-4 з йонами Cu(II) утворює внутрішньокмплексну сполуку червоно-фіолетового кольору, яка екстрагується CHCl₃ і CCl₄:



Заважають йони Ag(I) і Hg(II). Якщо як маскуючий реагент використовувати KI при рН 1-2, то купрум (II)-йони можна виявити дитизоном в присутності йонів інших металів.

Проведення реакції. До 1-2 крапель досліджуваного розчину з рН 1-2 додають 5-6 крапель 5% розчину KI і екстрагують 0,02% розчином реагенту в CCl₄. У присутності купрум (II)-йонів органічний шар забарвлюється в червоно-фіолетовий колір.

Меркурій (II)-йони

1. Сірководень H₂S, сульфіді лужних металів з йонами меркурію (II) у кислих розчинах (6-7М HCl) утворюють чорний осад HgS. За таких умов разом із HgS осаджується сульфід купрум (II).

Проведення реакції. До 2-3 крапель розчину, що містить йони меркурію (II), додають 3-4 краплі концентрованої HCl, 3-4 краплі розчину натрій сульфіді і нагрівають. Утворюється чорний осад HgS.

2. Калій йодид KI утворює з йонами меркурію (II) червоний осад HgI₂. Меркурій йодид розчиняється в надлишку KI.

Проведення реакції. До 1-2 крапель розчину, що містить йони меркурію (II), краплинами додають розчин KI до утворення осаду HgI₂ і надлишок до розчинення осаду й утворення [HgI₄]²⁻.

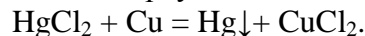
3. Натрій гідроксид NaOH утворює з йонами меркурію (II) осад меркурій (II) оксиду жовтого кольору:



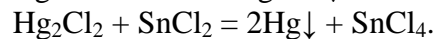
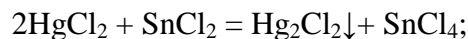
Осад розчиняється в мінеральних кислотах, не розчиняється у надлишку реагенту.

Проведення реакції. До 2-3 крапель розчину, що містить йони меркурію (II), додають 3-4 краплі 2М NaOH до утворення жовтого осаду.

4. Відновлення Hg(II) до Hg(I) і металевій ртуті. Для відновлення йонів Hg(II) використовують Al, Zn, Cu, Fe та інші метали, йони Sn(II), Fe(II). Під дією металів на йони меркурію (II) виділяється металева ртуть:

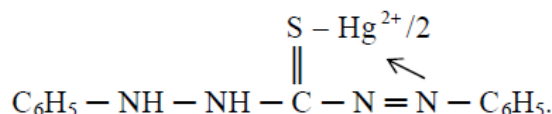


Реакції в хлориднокислих розчинах у присутності йонів Sn(II) можуть бути подані рівняннями:



Проведення реакції. До 3-4 крапель розчину, що містить йони меркурію (II), додають 2-3 краплі 4М HCl і 2-3 краплі розчину станум (II) хлориду. Утворюється білий осад Hg₂Cl₂, що темніє з часом.

5. Дитизон у розчинах мінеральних кислот утворює з йонами Hg(II) внутрішньокмплексну сполуку жовтогарячого кольору, яка екстрагується CHCl₃ і CCl₄:



Заважають йони аргентуму. Для їх видалення екстракт струшують з 1М HCl.

Проведення реакції. До 1-2 крапель досліджуваного розчину додають 1-2 краплі 6М H₂SO₄ і екстрагують 0,002% розчином реагенту в CCl₄. У присутності йонів

меркурію (II) органічний шар забарвлюється в жовтогарячий колір. Якщо в досліджуваному розчині присутні йони Ag(I), органічну фазу струшують з 1М HCl.

Дія деяких реагентів на катіони VI аналітичної групи наведена у табл. 7 (риска означає, що реакція між йоном та реагентом не протікає).

Таблиця 7

Дія деяких реагентів на катіони VI аналітичної групи

Реагент	Co ²⁺	Ni ²⁺	Cu ²⁺	Hg ²⁺
NH ₃ ·H ₂ O	Синій осад основної солі; при нагріванні – Co(OH) ₂ ↓ рожевий, розчиняється в надлишку реагенту, кислотах	Ni(OH) ₂ ↓ зелений, розчиняється в надлишку реагенту, в кислотах	Світло-зелений осад основної солі, розчиняється в надлишку реагенту, в кислотах	Білий осад, що містить комплексний катіон [NH ₂ Hg] ⁺
NaOH	Синій осад основної солі; при нагріванні – Co(OH) ₂ ↓ рожевий, розчиняється в NH ₃ ·H ₂ O, в кислотах	Ni(OH) ₂ ↓ зелений, розчиняється в NH ₃ ·H ₂ O, в кислотах	Cu(OH) ₂ ↓ синій, розчиняється в NH ₃ ·H ₂ O, в кислотах	HgO↓ жовтий, розчиняється в кислотах
K ₄ [Fe(CN) ₆]	Co ₂ [Fe(CN) ₆] ₂ ↓ світло-зелений	Ni ₂ [Fe(CN) ₆] ₂ ↓ жовто-зелений, не розчиняється в кислотах	Cu ₂ [Fe(CN) ₆] ₂ ↓ червоно-коричневий, не розчиняється в кислотах; розчиняється в NH ₃ ·H ₂ O	Hg ₂ [Fe(CN) ₆] ₂ ↓ коричневий, не розчиняється в кислотах
K ₃ [Fe(CN) ₆]	Co ₃ [Fe(CN) ₆] ₂ ↓ буро-червоний	Ni ₃ [Fe(CN) ₆] ₂ ↓ жовто-бурий	Cu ₃ [Fe(CN) ₆] ₂ ↓ жовто-зелений, розчиняється в NH ₃ ·H ₂ O	Hg ₃ [Fe(CN) ₆] ₂ ↓ жовтий
Na ₂ CO ₃	(CoOH) ₂ CO ₃ ↓ рожевий, розчиняється в кислотах, в NH ₃ ·H ₂ O	Зелений осад	(CuOH) ₂ CO ₃ ↓ світло-зелений, розчиняється в кислотах, в NH ₃ ·H ₂ O	(HgOH) ₂ CO ₃ ↓ червоний, розчиняється в кислотах
Na ₂ HPO ₄	Co ₃ (PO ₄) ₂ ↓ фіолетовий, розчиняється в кислотах, в NH ₃ ·H ₂ O	Ni ₃ (PO ₄) ₂ ↓ зелений, розчиняється в кислотах, в NH ₃ ·H ₂ O	Світло-блакитний осад, розчиняється в кислотах, в NH ₃ ·H ₂ O	Hg ₃ (PO ₄) ₂ ↓ білий, розчиняється в кислотах
Na ₂ S	CoS↓ чорний, розчиняється в HNO ₃ при нагріванні	NiS↓ чорний, не розчиняється в кислотах	CuS↓ чорний, розчиняється в HNO ₃ при нагріванні	HgS↓ чорний, розчиняється в суміші конц. HNO ₃ і конц. HCl
NH ₄ SCN	(NH ₄) ₂ [Co(SCN) ₄] синій	–	Cu(SCN) ₂ ↓ чорний, розчиняється в кислотах	Hg(SCN) ₂ ↓ білий, розчиняється в кислотах

4. Експериментальна частина

Обладнання і реактиви: $\text{NaHC}_4\text{H}_4\text{O}_6$, NaOH (2М), HCl (1М), H_2SO_4 (1М), HNO_3 (1М), етанол, $\text{K}[\text{Sb}(\text{OH})_6]$, CH_3COOH , $\text{Na}_3[\text{Co}(\text{NO}_2)_6]$, $\text{K}_2[\text{HgI}_4]$ + KOH (реактив Неслера), K_2CrO_4 , Na_2CO_3 , $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$, $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$, $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (конц.), $\text{NaHC}_4\text{H}_4\text{O}_6$, $\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (гіпсова вода), Na_2HPO_4 , NH_4Cl , NH_4SCN , алізарин, $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (2М), диметилгліоксим в середовищі $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (конц.), H_2O_2 в середовищі NaOH .

Зміст роботи

4.1. Характерні реакції катіонів I-III аналітичних груп

Мета роботи: ознайомитись з якісними реакціями на катіони I-III аналітичних груп та набути практичних навичок їх виконання.

В табл. 8 наведено варіанти експериментальних завдань, які передбачають проведення характерних реакцій на чотири катіони I-III аналітичних груп. Завдання виконується у такій послідовності:

- до розчину солі відповідного катіона додати реагент, наведений у рядку «Перший реагент»;
- до отриманого продукту реакції додати реагент, наведений у рядку «Другий реагент» (якщо наведено кілька реагентів, отриманий продукт першої реакції потрібно розділити на відповідне число частин; кожен реагент потрібно додавати до окремої частини);
- записати рівняння реакцій у молекулярному і йонному вигляді та спостереження.

При проведенні експериментальних досліджень та оформленні роботи слід використовувати матеріал розділів 3.1-3.3.

Таблиця 8

Варіанти експериментальних завдань

Варіант 1				
Катіон	K^+	NH_4^+	Pb^{2+}	Ca^{2+}
Перший реагент	$\text{NaHC}_4\text{H}_4\text{O}_6$	NaOH (2М) при нагріванні	NaOH (2М)	H_2SO_4 (1М)
Другий реагент	1. NaOH (2М) 2. HCl (1М)		1. HNO_3 (1М) 2. NaOH (2М)	Етанол
Варіант 2				
Катіон	Na^+	Ag^+	Pb^{2+}	Ba^{2+}
Перший реагент	$\text{K}[\text{Sb}(\text{OH})_6]$	HCl (1М)	KI	H_2SO_4 (1М)
Другий реагент		1. HCl (конц.) 2. Нагрівання	Нагрівання з наступним охолодженням	1. HCl (1М) 2. CH_3COOH
Варіант 3				
Катіон	K^+	NH_4^+	Ag^+	Ba^{2+}
Перший реагент	$\text{Na}_3[\text{Co}(\text{NO}_2)_6]$	$\text{K}_2[\text{HgI}_4]$ + KOH (реактив Неслера)	K_2CrO_4	K_2CrO_4
Другий реагент			$\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (конц.)	CH_3COOH
Варіант 4				
Катіон	Na^+	Pb^{2+}	Ca^{2+}	Ba^{2+}

Перший реагент	$K[Sb(OH)_6]$	K_2CrO_4	Na_2CO_3	$(NH_4)_2C_2O_4$
Другий реагент		1. HNO_3 (1M) 2. $NaOH$ (2M)	1. HCl (1M)	CH_3COOH при нагріванні
Варіант 5				
Катіон	NH_4^+	Pb^{2+}	Ag^+	Ba^{2+}
Перший реагент	$K_2[HgI_4]+KOH$ (реактив Неслера)	$K_3[Fe(CN)_6]$	$NaOH$ (2M)	Na_2CO_3
Другий реагент		1. $NaOH$ (2M) 2. HNO_3 (1M)	1. $NaOH$ (2M) 2. $NH_3 \cdot H_2O$ (конц.)	HCl (1M)
Варіант 6				
Катіон	K^+	NH_4^+	Ag^+	Ba^{2+}
Перший реагент	$Na_3[Co(NO_2)_6]$	$NaOH$ (2M) при нагріванні	HCl (1M)	H_2SO_4
Другий реагент			1. HCl (конц.) 2. $NH_3 \cdot H_2O$ (конц.)	HNO_3 (1M)
Варіант 7				
Катіон	NH_4^+	Pb^{2+}	Ca^{2+}	Ba^{2+}
Перший реагент	$NaOH$ (2M) при нагріванні	H_2SO_4 (1M)	H_2SO_4 (1M)	H_2SO_4 (1M)
Другий реагент		1. $NaOH$ (2M) 2. CH_3COONH_4	Етанол	
Варіант 8				
Катіон	Na^+	K^+	Ag^+	Ca^{2+}
Перший реагент	$K[Sb(OH)_6]$	$Na_3[Co(NO_2)_6]$	Na_2HPO_4	Na_2CO_3
Другий реагент			1. HNO_3 (1M) 2. $NH_3 \cdot H_2O$ (конц.)	HNO_3 (1M) CH_3COOH
Варіант 9				
Катіон	K^+	Pb^{2+}	Ca^{2+}	Ba^{2+}
Перший реагент	$NaHC_4H_4O_6$	$K_4[Fe(CN)_6]$	$(NH_4)_2C_2O_4$	$(NH_4)_2C_2O_4$
Другий реагент			1. CH_3COOH при нагріванні 2. HNO_3 (1M)	1. CH_3COOH при нагріванні 2. HNO_3 (1M)
Варіант 10				
Катіон	K^+	Pb^{2+}	Ag^+	Ca^{2+}
Перший реагент	$NHC_4H_4O_6$	HCl (1M)	HCl (1M)	$(NH_4)_2C_2O_4$
Другий реагент	1. $NaOH$ (2M) 2. HCl (1 M)	Нагрівання	Нагрівання	
Варіант 11				
Катіон	NH^+	Na^+	Pb^{2+}	Ca^{2+}

Перший реагент	NaOH (2M) при нагріванні	K[Sb(OH)6]	NaOH (2M)	K ₄ [Fe(CN) ₆] в середовищі NH ₄ Cl
Другий реагент			1. NaOH (2M) 2. HNO ₃ (1M)	
Варіант 12				
Катіон	K ⁺	NH ₄ ⁺	Ag ⁺	Ba ²⁺
Перший реагент	Na ₃ [Co(NO ₂) ₆]	Na ₃ [Co(NO ₂) ₆]	KI	CaSO ₄ ·H ₂ O (гіпсова вода)
Другий реагент	Нагрівання	Нагрівання	1. HNO ₃ (1M) 2. NaOH (2M)	

4.2. Аналіз суміші катіонів I-III аналітичних груп

Мета роботи: за допомогою характерних реакцій виявити наявні в суміші катіони.

Катіони NH₄⁺ виявляють дробною реакцією в окремій частині розчину, що аналізують, дією розчину NaOH при нагріванні. Йони амонію та катіони II та III аналітичних груп необхідно видалити з розчину, який аналізують, оскільки вони заважають виявленню йонів K⁺ і Na⁺.

Для виявлення йонів Na⁺ до окремої частини розчину додають K₂CO₃ і нагрівають до повного видалення амоніаку. Осад відокремлюють центрифугуванням і в подальшому аналізі не використовують. Центрифугат нейтралізують оцтовою кислотою (при необхідності упарюють), охолоджують і виявляють йони натрію.

Для виявлення йонів K⁺ до окремої частини розчину, що аналізують, додають Na₂CO₃ і нагрівають до повного видалення амоніаку. Осад відокремлюють центрифугуванням і в подальшому аналізі не використовують. Центрифугат нейтралізують оцтовою кислотою (при необхідності упарюють), охолоджують і виявляють йони калію.

Катіони II аналітичної групи осаджують з вихідного розчину дією 2M розчину HCl у вигляді нерозчинних хлоридів (AgCl, PbCl₂). Осад відокремлюють центрифугуванням і аналізують згідно з систематичним ходом аналізу суміші катіонів II аналітичної групи.

Центрифугат містить катіони III аналітичної групи, його аналізують згідно з систематичним ходом аналізу суміші катіонів III аналітичної групи.

Експериментальні дослідження слід проводити у послідовності, наведеній у табл. 9. Перед проведенням аналізу суміші, що містить катіони I-III аналітичних груп, рекомендуємо ознайомитись зі схемою розділення (додаток Б). При проведенні експериментальних досліджень та оформленні роботи слід використовувати матеріал розділів 3.1-3.3.

Таблиця 9

Систематичний аналіз суміші катіонів I - III аналітичних груп

Послідовність проведення аналізу	
1. Виявлення йонів NH ₄ ⁺ в окремій пробі дією розчину луку при нагріванні:	$\text{NH}_4^+ \xrightarrow{\text{NaOH}, t} \text{NH}_3 \uparrow.$
2. Видалення йонів NH ₄ ⁺ та катіонів II і III аналітичних груп із окремої проби перед виявленням йонів K ⁺ дією розчину Na ₂ CO ₃ при нагріванні з наступним відділенням осаду центрифугуванням:	$\text{NH}_4^+ \xrightarrow{\text{Na}_2\text{CO}_3, t} \text{NH}_3 \uparrow;$
Me ⁿ⁺ $\xrightarrow{\text{Na}_2\text{CO}_3, t}$ осад карбонатів та основних солей катіонів II і III аналітичних груп.	
3. Нейтралізація розчину 2 розчином CH ₃ COOH до pH ~ 7.	
4. Виявлення йонів K ⁺ у розчині 3 реагентами NaHC ₄ H ₄ O ₆ або Na ₃ [Co(NO ₂) ₆]:	

$\text{K}^+ \xrightarrow{\text{NaHC}_4\text{H}_4\text{O}_6} \text{KHC}_4\text{H}_4\text{O}_6\downarrow$ $\text{K}^+ \xrightarrow{\text{Na}_3[\text{Co}(\text{NO}_2)_6]} \text{K}_2\text{Na}[\text{Co}(\text{NO}_2)_6]\downarrow$
<p>5. Видалення йонів NH_4^+ та катіонів II і III аналітичних груп із окремої проби перед виявленням йонів Na^+ дією розчину K_2CO_3 при нагріванні з наступним відділенням осаду центрифугуванням:</p> $\text{NH}_4^+ \xrightarrow{\text{K}_2\text{CO}_3, t} \text{NH}_3\uparrow;$ <p>$\text{Me}^{n+} \xrightarrow{\text{K}_2\text{CO}_3, t}$ осади карбонатів та основних солей катіонів II і III аналітичних груп.</p>
<p>6. Нейтралізація розчину 5 розчином CH_3COOH до pH ~ 7.</p>
<p>7. Виявлення йонів Na^+ в розчині 6 реагентами $\text{K}[\text{Sb}(\text{OH})_6]$ або $\text{Zn}(\text{UO}_2)_3(\text{CH}_3\text{COO})_8$:</p> $\text{Na}^+ \xrightarrow{\text{K}[\text{Sb}(\text{OH})_6]} \text{Na}[\text{Sb}(\text{OH})_6]\downarrow$ $\text{Na}^+ \xrightarrow{\text{Zn}(\text{UO}_2)_3(\text{CH}_3\text{COO})_8} \text{NaZn}(\text{UO}_2)_3(\text{CH}_3\text{COO})_9 \cdot 9\text{H}_2\text{O}\downarrow$
<p>8. Відокремлення катіонів II аналітичної групи з вихідного розчину дією 2М розчину HCl з наступним відділенням осаду центрифугуванням:</p> $\text{Ag}^+ \xrightarrow{\text{HCl}} \text{AgCl}\downarrow;$ $\text{Pb}^{2+} \xrightarrow{\text{HCl}} \text{PbCl}_2\downarrow$ <p>Через порівняно високу розчинність PbCl_2 осаджується не повністю і Pb^{2+} частково залишається у розчині.</p>
<p>9. Відокремлення йонів Pb^{2+} з осаду 8 додаванням води і нагріванням з наступним відділенням осаду центрифугуванням:</p> $\text{PbCl}_2\downarrow \xrightarrow{\text{H}_2\text{O}, t} \text{Pb}^{2+}.$
<p>10. Виявлення йонів Pb^{2+} в центрифугаті 9 реагентами KI або K_2CrO_4:</p> $\text{Pb}^{2+} \xrightarrow{\text{KI}} \text{PbI}_2\downarrow;$ $\text{Pb}^{2+} \xrightarrow{\text{K}_2\text{CrO}_4} \text{PbCrO}_4\downarrow.$
<p>11. Розчинення осаду 9 концентрованим розчином амоніаку:</p> $\text{AgCl} \xrightarrow{\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}} [\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+.$
<p>12. Виявлення йонів Ag^+ реагентами HNO_3 і KI:</p> $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{Cl} \xrightarrow{\text{HNO}_3} \text{AgCl}\downarrow;$ $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+ \xrightarrow{\text{KI}} \text{AgI}\downarrow.$
<p>13. Виявлення йонів Ba^{2+} у окремі частині центрифугату 8 дією розчинів CH_3COONa і $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$:</p> $\text{Ba}^{2+} \xrightarrow{\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7} \text{BaCrO}_4$ <p>Якщо йони Pb^{2+} виявлено:</p> $\text{Pb}^{2+} \xrightarrow{\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7} \text{PbCrO}_4$ <p>Для виявлення йонів Ba^{2+} в присутності Pb^{2+} на утворений осад діють 2М розчином NaOH. Повне розчинення осаду свідчить про відсутність йонів Ba^{2+}:</p> $\text{PbCrO}_4 \xrightarrow{\text{NaOH}} [\text{Pb}(\text{OH})_4]^{2-}.$
<p>14. Відділення BaCrO_4 дією на центрифугат 8 розчинів CH_3COONa і $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ при нагріванні (1-2 хвилини) з наступним відокремленням осаду центрифугуванням.</p>
<p>15. Виявлення йонів Ca^{2+} у центрифугаті 14 дією розчину $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$:</p> $\text{Ca}^{2+} \xrightarrow{(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4} \text{CaC}_2\text{O}_4.$

Оформлення лабораторної роботи проводити у відповідності з послідовністю проведення аналізу (табл. 9), наводити доданий реагент, спостереження, рівняння реакцій, що протікали при цьому (розділення або виявлення) та висновок про наявність або відсутність катіону у суміші після кожного етапу дослідження.

4.3. Характерні реакції катіонів IV-VI аналітичних груп

Мета роботи: ознайомитись з якісними реакціями на катіони IV-VI аналітичних груп та набути практичних навичок їх виконання.

В табл. 10 наведено варіанти експериментальних завдань, які передбачають проведення характерних реакцій на чотири катіони IV-VI аналітичних груп. Завдання виконується у такій послідовності:

- до розчину солі відповідного катіона додати реагент, наведений у рядку «Перший реагент»;
- до отриманого продукту реакції додати реагент, наведений у рядку «Другий реагент» (якщо наведено кілька реагентів, отриманий продукт першої реакції потрібно розділити на відповідне число частин; кожен реагент потрібно додавати до окремої частини);
- записати рівняння відповідних реакцій у молекулярному і йонному вигляді та спостереження.

При проведенні експериментальних досліджень та оформленні роботи слід використовувати матеріал розділів 3.4-3.6.

Таблиця 10

Варіанти експериментальних завдань

Варіант 1				
Катіон	Zn ²⁺	Mg ²⁺	Fe ³⁺	Co ²⁺
Перший реагент	NH ₃ ·H ₂ O (конц.)	Na ₂ HPO ₄ в присутності NH ₄ Cl та NH ₃ ·H ₂ O	NH ₄ SCN	NH ₄ SCN
Другий реагент	1. HCl (1M) 2. NH ₃ ·H ₂ O (конц.)	HCl (1M)		
Варіант 2				
Катіон	Al ³⁺	Fe ²⁺	Fe ³⁺	Cu ²⁺
Перший реагент	NaOH (2M)	K ₃ [Fe(CN) ₆]	K ₄ [Fe(CN) ₆]	NaOH
Другий реагент	1. NaOH (2M) 2. NH ₃ ·H ₂ O (2M)			1. HNO ₃ (1M) 2. NH ₃ ·H ₂ O (конц.)
Варіант 3				
Катіон	Al ³⁺	Fe ²⁺	Fe ³⁺	Cu ²⁺
Перший реагент	Алізарин	NaOH (2M)	NaOH (2M)	Na ₂ S ₂ O ₃ при нагріванні
Другий реагент		1. NaOH (2M) 2. HNO ₃ (1M)	1. NaOH (2M) 2. HNO ₃ (1M)	
Варіант 4				
Катіон	Al ³⁺	Mg ²⁺	Fe ²⁺	Ni ²⁺
Перший реагент	NH ₃ ·H ₂ O (2M)	NaOH (2M)	K ₃ [Fe(CN) ₆]	K ₄ [Fe(CN) ₆]
Другий реагент	1. NH ₃ ·H ₂ O (2M) 2. NaOH (2M)	1. NaOH (2M) 2. NH ₄ Cl		
Варіант 5				
Катіон	Zn ²⁺	Fe ³⁺	Mn ²⁺	Cu ²⁺
Перший реагент	NaOH (2M)	Na ₂ HPO ₄	NH ₃ ·H ₂ O (2M)	KI
Другий реагент	1. NaOH (2M) 2. NH ₃ ·H ₂ O (конц.)		HCl (1M)	

Варіант 6				
Катіон	Cr^{3+}	Mg^{2+}	Mn^{2+}	Ni^{2+}
Перший реагент	NaOH (2 М)	$\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (2М)	NaOH (2М)	Диметилгліоксим в середовищі $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (конц.)
Другий реагент	1. NaOH (2М) 2. HCl (1М)	1. HNO_3 (1М) 2. NH_4Cl	HNO_3 (1 М)	
Варіант 7				
Катіон	Zn^{2+}	Al^{3+}	Mg^{2+}	Co^{2+}
Перший реагент	NaOH (2М)	NaOH (2М)	Na_2HPO_4 в присутності NH_4Cl та $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (2М)	$\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (2М)
Другий реагент	1. NaOH (2М) 2. $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (конц.)	1. NaOH (2М) 2. $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (конц.)		$\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (конц.)
Варіант 8				
Катіон	Cr^{3+}	Mn^{2+}	Ni^{2+}	Co^{2+}
Перший реагент	H_2O_2 в середовищі NaOH	Na_2CO_3	$\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (2М)	Na_2HPO_4
Другий реагент			$\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (конц.)	$\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (конц.)
Варіант 9				
Катіон	Zn^{2+}	Fe^{3+}	Co^{2+}	Ni^{2+}
Перший реагент	$\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$	$\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$	Na_2HPO_4	$\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (2М)
Другий реагент			$\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (конц.)	$\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (конц.)
Варіант 10				
Катіон	Cr^{3+}	Fe^{2+}	Mg^{2+}	Cu^{2+}
Перший реагент	H_2O_2 в середовищі NaOH	Na_2CO_3	NaOH (2М)	$\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (2М)
Другий реагент		HCl (1М)	1. HNO_3 (1М) 2. NH_4Cl	$\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (конц.)
Варіант 11				
Катіон	Al^{3+}	Fe^{2+}	Fe^{3+}	Co^{2+}
Перший реагент	NaOH (2М)	$\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$	NH_4SCN	NH_4SCN
Другий реагент	1. NaOH (2М) 2. $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (2М)			
Варіант 12				
Катіон	Zn^{2+}	Mg^{2+}	Fe^{3+}	Ni^{2+}
Перший реагент	$\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$	$\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (2М)	$\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$	NaOH (2М)
Другий реагент		1. $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (конц.) 2. NH_4Cl		1. HCl (1М) 2. $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (конц.)

4.4. Аналіз суміші катіонів IV-VI аналітичних груп

Мета роботи: за допомогою характерних реакцій виявити наявні у суміші катіони.

За забарвленням вихідного розчину роблять попередні висновки про можливу присутність забарвлених іонів. Катіони Fe^{2+} , Fe^{3+} виявляють дробними реакціями в окремих частинах розчину, що аналізують.

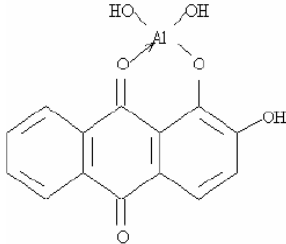
Катіони IV аналітичної групи відділяють від суміші катіонів V-VI груп дією групового реагенту. Катіони IV групи залишаються в розчині, а катіони V-VI груп утворюють осаді відповідних гідроксидів. Осад відокремлюють центрифугуванням. Центрифугат аналізують згідно з систематичним ходом аналізу суміші катіонів IV аналітичної групи.

Для розділення катіонів V і VI аналітичних груп до центрифугату додають надлишок концентрованого розчину $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ і 3% H_2O_2 , при цьому катіони V аналітичної групи утворюють осад відповідних гідроксидів, а катіони VI групи залишаються в розчині у вигляді аміакатів. Подальший аналіз осаду і розчину здійснюють відповідно до схеми ходу аналізу суміші катіонів V та VI аналітичних груп, відповідно.

Експериментальні дослідження слід проводити у послідовності, наведеній у табл. 11. Перед проведенням аналізу рекомендуємо ознайомитись зі схемою розділення суміші катіонів IV-VI груп (додаток В). При проведенні експериментальних досліджень та оформленні роботи слід використовувати матеріал розділів 3.4-3.6.

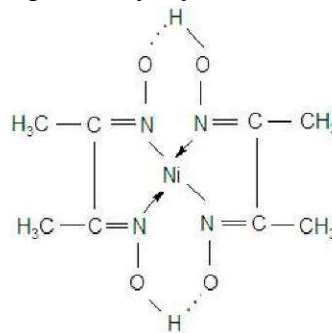
Таблиця 11

Систематичний аналіз суміші катіонів IV-VI аналітичних груп

Послідовність проведення аналізу	
1. Виявлення йонів феруму (II) в окремій пробі дією розчину $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$:	$\text{Fe}^{2+} \xrightarrow{\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]} \text{Fe}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]_2 \downarrow$
2. Виявлення йонів феруму (III) в окремій пробі дією розчину NH_4SCN :	$\text{Fe}^{2+} \xrightarrow{\text{NH}_4\text{SCN}} \text{Fe}(\text{SCN})_3$
3. Відділення катіонів IV групи від катіонів V, VI аналітичних груп дією надлишку 2М розчину NaOH в присутності кількох краплин 3% розчину H_2O_2 з наступним відокремленням осаду центрифугуванням:	$\text{Al}^{3+} \xrightarrow{\text{NaOH}} \text{Al}(\text{OH})_3 \downarrow \xrightarrow{\text{надл. NaOH}} [\text{Al}(\text{OH})_4]^-;$ $\text{Zn}^{2+} \xrightarrow{\text{NaOH}} \text{Zn}(\text{OH})_2 \downarrow \xrightarrow{\text{надл. NaOH}} [\text{Zn}(\text{OH})_4]^{2-};$ $\text{Cr}^{3+} \xrightarrow{\text{NaOH}} \text{Cr}(\text{OH})_3 \downarrow \xrightarrow{\text{надл. NaOH}} \text{CrO}_4^{2-}.$ <p>При цьому катіони V, VI груп утворюють осаді: $\text{Fe}(\text{OH})_3$, $\text{Mg}(\text{OH})_2$, $\text{MnO}(\text{OH})_2$, $\text{Cu}(\text{OH})_2$, $\text{Ni}(\text{OH})_2$, $\text{Co}(\text{OH})_2$, HgO.</p>
4. Відділення гідроксоаніонів $[\text{Al}(\text{OH})_4]^-$ з центрифугату 3 дією кристалічного NH_4Cl при нагріванні з наступним відокремленням осаду центрифугуванням:	$[\text{Al}(\text{OH})_4]^- \xrightarrow{\text{NH}_4\text{Cl}, t} \text{Al}(\text{OH})_3 \downarrow;$ $[\text{Zn}(\text{OH})_4]^{2-} \xrightarrow{\text{NH}_4\text{Cl}} [\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]^{2+}.$
5. Розчинення осаду 4 дією 2М HCl :	$\text{Al}(\text{OH})_3 \xrightarrow{\text{HCl}} \text{Al}^{3+}.$
6. Виявлення йонів Al^{3+} дією на розчин 5 розчину алізарину:	$\text{Al}^{3+} \xrightarrow{\text{АЛІЗАРИН, NaOH}}$ 
7. Виявлення катіонів Zn^{2+} у центрифугаті 4 дією розчину $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$:	

$[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]^{2+} \xrightarrow{\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]} \text{K}_2\text{Zn}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]_2\downarrow.$
<p>8. Якщо вихідний розчин містить Cr^{3+}, центрифугат 4 буде мати жовте забарвлення. Наявність йонів CrO_4^{2-} у центрифугаті 4 доводять дією розчину H_2O_2 в середовищі KNO_3 в присутності ізоамілового спирту:</p> $\text{CrO}_4^{2-} \xrightarrow{\text{H}_2\text{O}_2, \text{HNO}_3} \text{H}_2\text{CrO}_6.$
<p>9. Розчинення осаду катіонів V, VI аналітичних груп дією HNO_3 в присутності кількох краплин 3% розчину H_2O_2 на осад 3:</p> $\begin{array}{l} \text{MnO}(\text{OH})_2\downarrow \xrightarrow{\text{HNO}_3, \text{H}_2\text{O}_2} \text{Mn}^{2+}; \quad \text{Co}(\text{OH})_2\downarrow \xrightarrow{\text{HNO}_3} \text{Co}^{2+}; \\ \text{Fe}(\text{OH})_3\downarrow \xrightarrow{\text{HNO}_3} \text{Fe}^{3+}; \quad \text{Mg}(\text{OH})_2\downarrow \xrightarrow{\text{HNO}_3} \text{Mg}^{2+}; \\ \text{Cu}(\text{OH})_2\downarrow \xrightarrow{\text{HNO}_3} \text{Cu}^{2+}; \quad \text{Ni}(\text{OH})_2\downarrow \xrightarrow{\text{HNO}_3} \text{Ni}^{2+}; \\ \text{HgO} \xrightarrow{\text{HNO}_3} \text{Hg}^{2+}. \end{array}$
<p>10. Осадження катіонів V аналітичної групи з розчину 9 дією $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (конц.) та 1-2 краплин 3% розчину H_2O_2 з наступним відокремленням осаду центрифугуванням:</p> $\begin{array}{l} \text{Mg}^{2+} \xrightarrow{\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}} \text{Mg}(\text{OH})_2\downarrow; \\ \text{Mn}^{2+} \xrightarrow{\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}, \text{H}_2\text{O}_2} \text{MnO}(\text{OH})_2\downarrow; \\ \text{Fe}^{3+} \xrightarrow{\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}} \text{Fe}(\text{OH})_3\downarrow. \end{array}$ <p>При цьому катіони VI аналітичної групи залишаються у розчині у вигляді аміакатів:</p> $\begin{array}{l} \text{Cu}(\text{OH})_2\downarrow \xrightarrow{\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}} [\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}; \quad \text{Co}(\text{OH})_2\downarrow \xrightarrow{\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}} [\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{2+}; \\ \text{Ni}(\text{OH})_2\downarrow \xrightarrow{\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}} [\text{Ni}(\text{NH}_3)_6]^{2+}; \quad \text{HgO}\downarrow \xrightarrow{\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}} [\text{Hg}(\text{NH}_3)_4]^{2+}. \end{array}$
<p>11. Відділення катіонів Mg^{2+} дією на осад 10 розчином NH_4Cl з наступним відокремленням осаду центрифугуванням:</p> $\text{Mg}(\text{OH})_2\downarrow \xrightarrow{\text{NH}_4\text{Cl}} \text{Mg}^{2+}.$
<p>12. Виявлення йонів Mg^{2+} у центрифугаті 11 дією Na_2HPO_4 в присутності аміачного буферного розчину:</p> $\text{Mg}^{2+} \xrightarrow{\text{Na}_2\text{HPO}_4, \text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}, \text{NH}_4\text{Cl}} \text{MgNH}_4\text{PO}_4\downarrow.$
<p>13. Відділення катіонів Fe^{3+} дією розчину HNO_3 на осад 11 з наступним відокремленням осаду центрифугуванням:</p> $\text{Fe}(\text{OH})_3\downarrow \xrightarrow{\text{HNO}_3} \text{Fe}^{3+}.$
<p>14. Розчинення осаду 13 дією розчину HNO_3 в присутності 2-3 краплин 3% розчину H_2O_2:</p> $\text{MnO}(\text{OH})_2\downarrow \xrightarrow{\text{HNO}_3, \text{H}_2\text{O}_2} \text{Mn}^{2+}.$ <p>Надлишок H_2O_2 видаляють нагріванням у водяній бані.</p>
<p>15. Виявлення йонів Mn^{2+} дією на розчин 14 NaBiO_3 або $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$:</p> $\text{Mn}^{2+} \xrightarrow{\text{NaBiO}_3, \text{HNO}_3} \text{MnO}_4^-; \quad \text{Mn}^{2+} \xrightarrow{(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8, \text{Ag}^+} \text{MnO}_4^-.$
<p>16. Аміачні комплекси Cu^{2+} та Ni^{2+} забарвлені у синій колір, Co^{3+} – в бурій. За забарвленням центрифугату 10 роблять попередній висновок про наявність цих катіонів.</p> <p>Руйнування аміакатів у розчині 10 дією 2М H_2SO_4:</p> $\begin{array}{l} [\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+} \xrightarrow{\text{H}_2\text{SO}_4} \text{Cu}^{2+}; \quad [\text{Ni}(\text{NH}_3)_6]^{2+} \xrightarrow{\text{H}_2\text{SO}_4} \text{Ni}^{2+}; \\ [\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{2+} \xrightarrow{\text{H}_2\text{SO}_4} \text{Co}^{2+}; \quad [\text{Hg}(\text{NH}_3)_4]^{2+} \xrightarrow{\text{H}_2\text{SO}_4} \text{Hg}^{2+}. \end{array}$
<p>17. Відділення йонів Cu^{2+} та Hg^{2+} від інших йонів VI аналітичної групи дією кристалічного $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ при нагріванні на розчин 16 з наступним відокремленням осаду центрифугуванням:</p> $\begin{array}{l} \text{Cu}^{2+} \xrightarrow{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3, t} \text{Cu}_2\text{S}\downarrow; \\ \text{Hg}^{2+} \xrightarrow{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3, t} \text{HgS}\downarrow. \end{array}$ <p>Центрифугат містить йони Ni^{2+} та Co^{2+}.</p>
<p>18. Відділення Cu_2S від HgS з осаду 17 дією HNO_3 (1М) при нагріванні:</p>

$\text{Cu}_2\text{S} \downarrow \xrightarrow{\text{HNO}_3, t} \text{Cu}^{2+}$.
<u>HgS в цих умовах не розчиняється.</u>
19. Виявлення іонів Cu^{2+} у розчині 18 дією $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (конц.): $\text{Cu}^{2+} \xrightarrow{\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}} [\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$.
20. Розчинення осаду 18 дією бромної води в присутності HCl при нагріванні або в суміші HNO_3 (конц.) і HCl (конц.): $\text{HgS} \downarrow \xrightarrow{\text{Br}_2, \text{HCl}, t} \text{HgCl}_2 + \text{S} \downarrow;$ $\text{HgS} \downarrow \xrightarrow{\text{конц. HNO}_3, \text{конц. HCl}} \text{HgCl}_2.$
21. Виявлення іонів Hg^{2+} у розчині 20 дією розчину SnCl_2 : $\text{HgCl}_2 \xrightarrow{\text{SnCl}_2} \text{Hg} \downarrow.$
22. Виявлення іонів Co^{2+} у центрифугаті 17 дією розчину NH_4SCN в присутності ізоамілового спирту або ацетону: $\text{Co}^{2+} \xrightarrow{\text{NH}_4\text{SCN}} (\text{NH}_4)_2[\text{Co}(\text{SCN})_4].$
23. Виявлення іонів Ni^{2+} у центрифугаті 17 дією реактиву Чугаєва (диметилглюксиму): $\text{Ni}^{2+} \xrightarrow{\text{ДИМЕТИЛГЛЮКСИМ}}$



Оформлення лабораторної роботи проводити у відповідності з послідовністю проведення аналізу (табл. 11), наводити доданий реагент, спостереження, рівняння реакцій, що протікали при цьому (розділення або виявлення) та висновок про наявність або відсутність катіону у суміші після кожного етапу виявлення.

4.5. Аналіз суміші катіонів I-VI аналітичних груп

Мета роботи: за допомогою характерних реакцій виявити наявні в суміші катіони.

За забарвленням вихідного розчину роблять попередні висновки про можливу присутність або відсутність забарвлених іонів.

Катіони NH_4^+ , Fe^{2+} , Fe^{3+} виявляють дробними реакціями в окремих порціях розчину, що аналізують. Йони амонію та катіони II-VI аналітичних груп необхідно вилучити з розчину, який аналізують, оскільки вони заважають виявленню іонів K^+ і Na^+ .

Для виявлення іонів Na^+ до окремої порції розчину додають K_2CO_3 і нагрівають до повного видалення амоніаку. Осад відокремлюють центрифугуванням і в подальшому аналізі не використовують. Центрифугат нейтралізують оцтовою кислотою (при необхідності упарюють), охолоджують і виявляють йони натрію.

Для виявлення іонів K^+ до окремої порції розчину, що аналізують, додають Na_2CO_3 і нагрівають до повного видалення амоніаку. Осад відокремлюють центрифугуванням і в подальшому аналізі не використовують. Центрифугат нейтралізують оцтовою кислотою (при необхідності упарюють), охолоджують і виявляють йони калію.

Катіони II аналітичної групи осаджують з вихідного розчину дією 2M розчину HCl у вигляді нерозчинних хлоридів (AgCl , PbCl_2). Осад відокремлюють центрифугуванням і аналізують згідно з систематичним ходом аналізу суміші катіонів II аналітичної групи.

Центрифугат містить катіони III-VI аналітичних груп та катіони Pb^{2+} (через порівняно високу розчинність PbCl_2 у водних розчинах). До центрифугату додають

розчин 1М H_2SO_4 та етанолу, при цьому утворюється осад (BaSO_4 , CaSO_4 , PbSO_4). Його відокремлюють центрифугуванням, промивають розчинами амоній ацетату або луку до повного видалення катіонів Pb^{2+} і аналізують згідно з систематичним ходом аналізу суміші катіонів III аналітичної групи.

З центрифугату, що містить катіони I, IV-VI аналітичних груп, відділяють катіони IV аналітичної групи від суміші катіонів V-VI груп дією групового реагенту. Катіони IV групи залишаються в розчині у вигляді гідроксокомплексів, а катіони V-VI груп утворюють осаді відповідних гідроксидів. Осад відокремлюють центрифугуванням. Центрифугат аналізують згідно з систематичним ходом аналізу суміші катіонів IV аналітичної групи.

Для розділення катіонів V і VI аналітичних груп до центрифугату додають надлишок концентрованого розчину $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ і 3% H_2O_2 при цьому катіони V аналітичної групи утворюють осад відповідних гідроксидів, а катіони VI групи залишаються в розчині у вигляді аміакатів. Подальший аналіз осаду і розчину здійснюють відповідно до схеми ходу аналізу суміші катіонів V та VI аналітичних груп, відповідно.

Експериментальні дослідження слід проводити у послідовності, наведеній у табл. 12. Перед проведенням аналізу суміші скласти схему розділення суміші катіонів I-VI аналітичних груп за прикладом схем розділення суміші катіонів I-III та IV-VI груп (див. Додаток Б та В). Схеми реакцій, наведених в табл. 9 і 11, в табл. 12 не подані.

Таблиця 12

Систематичний аналіз суміші катіонів I-VI аналітичних груп

Послідовність проведення аналізу
1. Виявлення йонів NH_4^+ в окремій пробі дією розчину луку при нагріванні.
2. Виявлення йонів феруму (II) в окремій пробі дією розчину $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$.
3. Виявлення йонів феруму (III) в окремій пробі дією розчину NH_4SCN .
4. Видалення йонів NH_4^+ із окремої проби перед виявленням йонів K^+ дією розчину Na_2CO_3 при нагріванні. Осад відокремлюють центрифугуванням і в подальшому аналізі не використовують.
5. Нейтралізація розчину 4 розчином CH_3COOH до $\text{pH} \sim 7$.
6. Виявлення йонів K^+ у розчині 5 реагентами $\text{NaHC}_4\text{H}_4\text{O}_6$ або $\text{Na}_3[\text{Co}(\text{NO}_2)_6]$.
7. Видалення йонів NH_4^+ із окремої проби перед виявленням йонів Na^+ дією розчину K_2CO_3 при нагріванні. Осад відокремлюють центрифугуванням і в подальшому аналізі не використовують.
8. Нейтралізація розчину 7 розчином CH_3COOH до $\text{pH} \sim 7$.
9. Виявлення йонів Na^+ в розчині 8 реагентами $\text{K}[\text{Sb}(\text{OH})_6]$ або $\text{Zn}(\text{UO}_2)_3(\text{CH}_3\text{COO})_8$.
10. Відокремлення катіонів II аналітичної групи з вихідного розчину дією 2М розчину HCl з наступним відділенням осаду центрифугуванням.
11. Дослідження осаду 10 проводять за схемою систематичного ходу аналізу суміші катіонів II аналітичної групи (див. Лабораторну роботу № 2, етапи 9-12).
12. Осадження катіонів III аналітичної групи та йонів Pb^{2+} з центрифугату 10 дією розчину H_2SO_4 в присутності $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ при нагріванні: $\text{Ba}^{2+} \xrightarrow{\text{H}_2\text{SO}_4, t} \text{BaSO}_4 \downarrow; \quad \text{Ca}^{2+} \xrightarrow{\text{H}_2\text{SO}_4, \text{C}_2\text{H}_5\text{OH}, t} \text{CaSO}_4 \downarrow;$ $\text{Pb}^{2+} \xrightarrow{\text{H}_2\text{SO}_4, t} \text{PbSO}_4 \downarrow.$
Промивання осаду водою, що містить H_2SO_4 .
13. Відокремлення PbSO_4 від осаду 12 дією 30%-го розчину $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ або 2М розчину NaOH з наступним відокремленням осаду центрифугуванням: $\text{PbSO}_4 \downarrow \xrightarrow{\text{CH}_3\text{COONH}_4} \text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2; \quad \text{PbSO}_4 \downarrow \xrightarrow{\text{NaOH}} [\text{Pb}(\text{OH})_4]^{2-}$
Після центрифугування досліджують осад сульфатів катіонів III аналітичної групи.
14. Переведення сульфатів в карбонати дією на осад 13 насиченим розчином Na_2CO_3

<p>при нагріванні та перемішуванні:</p> $\text{BaSO}_4 \downarrow \xrightarrow{\text{Na}_2\text{CO}_3} \text{BaCO}_3 \downarrow; \quad \text{CaSO}_4 \downarrow \xrightarrow{\text{Na}_2\text{CO}_3} \text{CaCO}_3 \downarrow.$ <p>Осад відділяють центрифугуванням, центрифугат в подальшому аналізі не використовують. Осад карбонатів розчиняють дією 2М розчину CH_3COOH:</p> $\text{BaCO}_3 \downarrow \xrightarrow{\text{CH}_3\text{COOH}} \text{Ba}^{2+}; \quad \text{CaCO}_3 \downarrow \xrightarrow{\text{CH}_3\text{COOH}} \text{Ca}^{2+}.$
15. Виявлення і відокремлення йонів барію дією на розчин 14 розчином $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ в присутності CH_3COONa з наступним відділенням осаду центрифугуванням.
16. Виявлення йонів кальцію в центрифугаті 15 дією розчину $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$.
17. Відокремлення катіонів IV групи від катіонів V, VI аналітичних груп з центрифугату 12 дією надлишку 2М розчину NaOH в присутності 3% H_2O_2 з наступним відокремленням осаду центрифугуванням.
18. Відділення гідроксоаніонів $[\text{Al}(\text{OH})_4]^-$ з центрифугату 17 дією кристалічного NH_4Cl при нагріванні з наступним відокремленням осаду центрифугуванням.
19. Розчинення осаду 18 дією 2М розчину HCl .
20. Виявлення йонів Al^{3+} дією на розчин 19 розчину алізарину .
21. Виявлення катіонів Zn^{2+} у центрифугаті 18 дією розчину $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$.
22. Виявлення йонів CrO_4^{2-} у центрифугаті 18 дією розчинів H_2O_2 в середовищі HNO_3 в присутності ізоамілового спирту.
23. Розчинення осаду катіонів V, VI аналітичних груп дією HNO_3 в присутності 3% розчину H_2O_2 на осад 17.
24. Осадження катіонів V аналітичної групи з розчину 23 дією конц. $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ та H_2O_2 з наступним відокремленням осаду центрифугуванням. При цьому катіони VI аналітичної групи залишаються у розчині у вигляді аміакатів.
25. Відділення катіонів Mg^{2+} дією на осад 24 розчином NH_4Cl з наступним відокремленням осаду центрифугуванням.
26. Виявлення йонів Mg^{2+} у центрифугаті 25 дією Na_2HPO_4 в присутності аміачного буферного розчину.
27. Відділення катіонів Fe^{3+} дією розчину HNO_3 на осад 25 з наступним відокремленням осаду центрифугуванням.
28. Розчинення осаду 27 дією розчину HNO_3 в присутності H_2O_2 .
29. Виявлення йонів Mn^{2+} дією на розчин 29 NaBiO_3 або $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$.
30. Руйнування аміакатів у розчині 24 під дією 2 М розчину H_2SO_4 .
31. Відділення йонів Cu^{2+} та Hg^{2+} від інших катіонів VI аналітичної групи дією кристалічного $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ при нагріванні на розчин 30 з наступним відділенням осаду центрифугуванням.
32. Відділення Cu_2S від HgS з осаду 31 дією HNO_3 (1М) при нагріванні. HgS в цих умовах не розчиняється.
33. Виявлення йонів Cu^{2+} в розчині 32 дією конц. $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$.
34. Розчинення осаду 32 дією бромної води в присутності HCl при нагріванні або в суміші конц. HNO_3 і HCl .
35. Виявлення йонів Hg^{2+} у розчині 34 дією розчину SnCl_2 .
36. Виявлення йонів Co^{2+} у центрифугаті 31 дією розчину NH_4SCN в присутності ізоамілового спирту (ацетону).
37. Виявлення йонів Ni^{2+} у центрифугаті 31 дією реактиву Чугаєва (диметилгліоксиму).

Оформлення лабораторної роботи проводити у відповідності з послідовністю проведення аналізу (табл. 12), наводити доданий реагент, спостереження, рівняння реакцій, що протікали при цьому (розділення або виявлення) та висновок про наявність або відсутність катіону у суміші.

Контрольні запитання

1. Предмет і завдання аналітичної хімії. Суть якісного хімічного аналізу.
2. Дати визначення термінам «дробний аналіз» та «систематичний хід аналізу».
3. Вимоги до реакцій, які використовують для ідентифікації йонів.
4. Величини, що характеризують чутливість реакції. Дати визначення і навести розрахунки цих величин.
5. Стан електролітів у розчинах. Йонна сила розчину.
6. Активна концентрація електролітів у розчинах. Коефіцієнт активності.
7. Закон діючих мас та його значення для аналітичної хімії.
8. Типи хімічних рівноваг. Навести приклади.
9. Гідроліз солей. Визначення реакції середовища у розчинах солей, що гідролізують.
10. Способи зменшення та підвищення гідролізу солей. Використання цих процесів в аналізі. Навести приклади.
11. Класифікація катіонів на аналітичні групи.
12. Характеристика катіонів першої аналітичної групи.
13. Використання закону діючих мас під час аналізу катіонів другої аналітичної групи. Навести приклади.
14. Які реакції використовуються для виявлення катіонів другої аналітичної групи?
15. Умови осадження катіонів другої аналітичної групи груповим реагентом.
16. Амфотерність сполук Плюмбуму та вплив цієї властивості на результати аналізу.
17. Використання реакцій диспропорціонування солей Меркурій(I) під час аналізу суміші катіонів другої аналітичної групи.
18. Залежність властивостей катіонів третьої аналітичної групи від будови їх електронних оболонок, величин йонних радіусів, йонізаційних потенціалів і положення в періодичній системі.
19. Груповий реагент, що застосовується для осадження катіонів третьої аналітичної групи, розчинність сульфатів третьої групи.
20. Яким чином важкорозчинні сульфати катіонів третьої аналітичної групи переводять у розчинні сполуки?
21. Користуючись величинами добутків розчинності, вказати, в якій послідовності будуть випадати в осад сульфати катіонів третьої аналітичної групи.
22. Розчинність осадів, утворених катіонами третьої групи, у кислотах.
23. Розчинність осадів, утворених катіонами третьої групи, у надлишку осаджувача.
24. Амфотерні сполуки. Використання явища амфотерності в аналізі катіонів четвертої аналітичної групи.
25. Використання процесів гідролізу в аналізі катіонів четвертої аналітичної групи.
26. Використання процесів гідролізу в аналізі катіонів п'ятої аналітичної групи.
27. Використання реакцій комплексоутворення в ході аналізу суміші катіонів шостої аналітичної групи.
28. Використання органічних реагентів для виявлення катіонів шостої аналітичної групи.
29. Особливості дії групового реагенту на суміш катіонів шостої аналітичної групи.

Завдання для самоконтролю

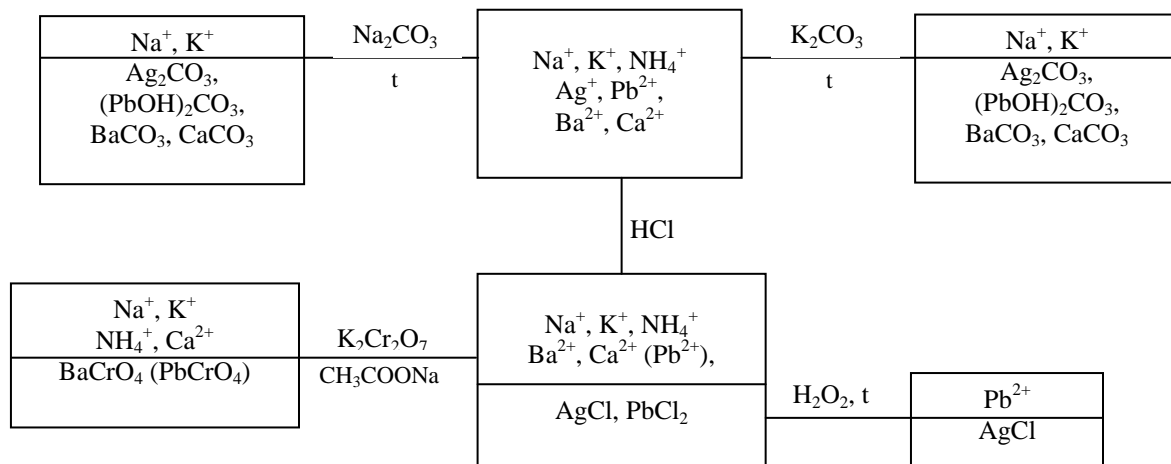
1. Чим відрізняються між собою макро-, мікро- та напівмікрометоди аналізу?
2. Пробірковий, мікрокристалоскопічний та краплинний методи аналізу. Чим вони відрізняються між собою?
3. Як виконують реакції «сухим» та «мокрим» шляхом? Наведіть приклади. Що таке фоновий дослід. Контрольна проба?
4. Які реагенти називають специфічними, селективними, груповими?
5. Як проводиться виявлення катіонів другої аналітичної групи за систематичним ходом аналізу?
6. Який найхарактерніший реактив для виявлення катіонів Ba^{2+} і чому?
7. Який реактив є найхарактернішим для виявлення катіонів Ca^{2+} ?
8. Який реактив застосовується для відокремлення йонів Ba^{2+} від йонів Ca^{2+} та Sr^{2+} ?
9. Чому під взаємодії барій хлориду з калій дихроматом осад не утворюється?
10. Чому для виявлення йонів Sr^{2+} використовують гіпсову воду, а не амоній сульфат?
11. Як перевести барій сульфат у карбонат? Як застосувати при цьому закон діючих мас?
12. Як можна розділити катіони Ca^{2+} та Sr^{2+} та ідентифікувати їх у ході аналізу? Написати хімізм реакцій.
13. Чи можна використати для відокремлення катіонів четвертої аналітичної групи розчин амоніаку?
14. Чи обов'язково при проведенні систематичного аналізу суміші катіонів четвертої аналітичної групи застосовувати гідроген пероксид?
15. Чи можна катіони четвертої аналітичної групи виявляти у лужному середовищі?
16. Які характерні реакції можна використати для виявлення катіонів четвертої аналітичної групи у попередніх пробах?
17. Чому катіони Хрому та Алюмінію не утворюють осади сульфідів при взаємодії із сульфідами?
18. Яким чином можна підвищити чутливість та відтворюваність реакції утворення надхромових кислот?
19. Дайте порівняльну оцінку іменних реакцій виявлення арсену (миш'яку).
20. Напишіть реакції, які дозволяють розрізнити катіони четвертої аналітичної групи з різним ступенем окиснення.
21. Чи можна використати натрій гідроксид для відокремлення катіонів п'ятої аналітичної групи від катіонів четвертої та шостої аналітичних груп?
22. Запропонувати характерні реакції катіонів п'ятої аналітичної групи для проведення дробного аналізу суміші цих катіонів.
23. Для виявлення яких катіонів п'ятої аналітичної групи використовуються окисно-відновні реакції?
24. Напишіть рівняння реакцій, які дозволяють розрізнити катіони п'ятої аналітичної групи з різним ступенем окиснення.
25. Як можна відрізнити катіони Стибію від катіонів Арсену при проведенні реакції Марша?
26. У чому розчиняються сульфідні Кобальту, Ніколу, Купруму та Меркурію?
27. Як виявити катіони Меркурію (II) та Кобальту у суміші?
28. На чому базується систематичний хід аналізу суміші катіонів IV-VI аналітичних груп за кислотно-основною класифікацією? В якій послідовності проводять аналіз суміші катіонів IV-VI аналітичних груп? Які катіони необхідно визначати попередніми дослідженнями?

29. В якій послідовності та якими реакціями можна визначити катіони в наступних сумішах катіонів IV-VI аналітичних груп?

$\text{Cr}^{3+}, \text{Fe}^{3+}, \text{Sb}^{5+};$	$\text{Al}^{3+}, \text{Mg}^{2+}, \text{Cd}^{2+};$	$\text{Sn}^{2+}, \text{Mn}^{2+}, \text{Ni}^{2+};$
$\text{Zn}^{2+}, \text{As}^{3+}, \text{Cu}^{2+};$	$\text{Bi}^{3+}, \text{Fe}^{2+}, \text{Co}^{2+};$	$\text{Sb}^{3+}, \text{Bi}^{3+}, \text{Hg}^{2+};$
$\text{Sn}^{4+}, \text{Sb}^{5+}, \text{Cu}^{2+};$	$\text{Cr}^{3+}, \text{As}^{5+}, \text{Co}^{2+};$	$\text{Al}^{3+}, \text{Bi}^{3+}, \text{Mn}^{2+};$
$\text{Al}^{3+}, \text{Sn}^{4+}, \text{Cd}^{2+};$	$\text{Fe}^{3+}, \text{Mg}^{2+}, \text{Cu}^{2+}.$	

30. Чи можливе одночасне знаходження в розчині йонів: Sn^{2+} і Fe^{3+} , Sn^{2+} і AsO_4^{3-} , Sn^{2+} і Hg^{2+} ? Які висновки можна зробити при визначенні одного з цих йонів?
31. Виберіть окисники, за допомогою яких можна окиснити хром (III) до хромат- і дихромат-йонів.
32. Які зміни відбуваються з катіонами Sn^{2+} і Fe^{2+} при стоянні розчину? Які висновки можна зробити за попередніми спостереженнями на підставі забарвлення розчину?
33. Які катіони IV-VI аналітичних груп і якими реакціями можна визначити попередніми дослідженнями?
34. Чому Fe^{2+} і Fe^{3+} треба виявляти попередньо? На чому базується попереднє виявлення катіонів Bi^{3+} і $\text{Sb}^{3+}, \text{Sb}^{5+}$?
35. На чому базується відокремлення катіонів IV аналітичної групи від катіонів V і VI аналітичних груп? У вигляді яких йонів вони знаходяться після відокремлення?
36. Як відокремлюють катіони Al^{3+} і Sn^{4+} від інших катіонів IV аналітичної групи?
37. Чи будуть катіони Стануму (II) окиснюватись калій перманганатом?
38. За допомогою якої реакції можна виявити арсен (III) у присутності інших катіонів четвертої групи?
39. Як відокремлюють катіони V аналітичної групи від катіонів VI групи?
40. Виберіть окисник, зазначте середовище і складіть рівняння реакції окиснення катіона Мангану (II) до йонів перманганатної кислоти.
41. Яким чином можна розділити суміш катіонів Феруму (III), Мангану (II) і Магнію? Написати рівняння реакцій.
42. У чому розчиняються сульфіді Купруму (II) і Меркурію (II)? Як використовують в аналізі різницю в їх розчинності?

Додаток Б
Схема розділення суміші катіонів I-III аналітичних груп



Додаток В
Схема розділення суміші катіонів IV-IV аналітичних груп

