

Сташків О.Д., Цюник Н.Ю.



# РОБОЧИЙ ЗОШИТ

для практичних занять з дисципліни

**АНАЛІТИЧНА ХІМІЯ**

з розділу

**«ЯКІСНИЙ АНАЛІЗ»**

Львів 2026

**КЗВО ЛОР «Львівська медична академія імені Андрея Крупинського»**

**Сташків О.Д., Цюник Н.Ю.**

## **АНАЛІТИЧНА ХІМІЯ**

розділ

### **«ЯКІСНИЙ АНАЛІЗ»**

Для здобувачів фахової передвищої освіти  
спеціальності І6 (224) Технології медичної діагностики та лікування  
освітньо-професійної програми «Лабораторна діагностика»

*Рекомендовано Методичною радою КЗВО ЛОР  
«Львівська медична академія імені Андрея Крупинського»  
як електронний навчальний посібник (робочий зошит)  
(протокол № 3 від 26 лютого 2026 року)*

**Львів 2026**

**УДК 543.061:543.021**

*Рекомендовано Методичною радою КЗВО ЛОР «Львівська медична академія імені Андрея Крупинського» як електронний навчальний посібник (робочий зошит)  
(протокол №3 від 26 лютого 2026 р.)*

**Укладачі:**

*Сташків Ольга Дмитрівна, доктор філософії, викладач кафедри фундаментальних та соціальних дисциплін КЗВО ЛОР «Львівська медична академія імені Андрея Крупинського»*

*Цюник Наталія Юріївна, викладач кафедри лабораторної медицини КЗВО ЛОР «Львівська медична академія імені Андрея Крупинського»*

**Рецензенти:**

*Сойка Л.Д., канд. хім. наук, доцент, проректор з навчальної роботи КЗВО ЛОР «Львівська медична академія імені Андрея Крупинського»*

*Дубенська Л.О., канд. хім. наук, доцент, завідувач кафедри аналітичної хімії Львівського національного університету імені Івана Франка*

**Сташків О.Д., Цюник Н.Ю.**

Аналітична хімія: якісний аналіз: електронний навч. посібник (робочий зошит). Львів: КЗВО ЛОР «Львівська медична академія імені Андрея Крупинського», 2026. 90с.

Електронний навчальний посібник (робочий зошит) складено відповідно до навчальної програми з дисципліни «Аналітична хімія» з розділу «Якісний аналіз».

Робочий зошит містить практичні роботи з розділу «Якісний аналіз» (якісні реакції катіонів I-VI аналітичних груп та якісні реакції аніонів I-III аналітичних груп). Особливу увагу приділено визначенню йонів, що входять до складу живих організмів і відіграють важливу біологічну роль.

З метою кращого закріплення опрацьованого навчального матеріалу представлено запитання для самоконтролю та тестові завдання.

Для підготовки здобувачів фахової передвищої освіти спеціальності І6 (224) Технології медичної діагностики та лікування освітньо-професійної програми «Лабораторна діагностика».

**УДК 543.061:543.021**

© Сташків О.Д., Цюник Н.Ю.

© КЗВО ЛОР «Львівська медична академія імені Андрея Крупинського»

## ЗМІСТ

|                                                                                     |           |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| Від авторів.....                                                                    | 5         |
| Предмет і завдання аналітичної хімії.....                                           | 6         |
| Методи якісного аналізу.....                                                        | 6         |
| Аналітичні реакції.....                                                             | 6         |
| Систематичний і дробний аналіз.....                                                 | 7         |
| Аналітична класифікація катіонів та аніонів.....                                    | 8         |
| Правила техніки безпеки при роботі в лабораторії аналітичної хімії.....             | 9         |
| Перша допомога в разі нещасних випадків.....                                        | 10        |
| <i>Практичне заняття №1. Тема: Перша і друга аналітичні групи катіонів....</i>      | <i>11</i> |
| <i>Практичне заняття №2. Тема: Третя та четверта аналітичні групи катіонів.....</i> | <i>29</i> |
| <i>Практичне заняття №3. Тема: П'ята і шоста аналітичні групи катіонів.....</i>     | <i>44</i> |
| <i>Практичне заняття №4. Тема: Перша аналітична група аніонів.....</i>              | <i>60</i> |
| <i>Практичне заняття №5. Тема: Друга та третя аналітичні групи аніонів.....</i>     | <i>68</i> |
| <i>Практичне заняття №6. Тема: Аналіз невідомої речовини.....</i>                   | <i>80</i> |
| Перелік теоретичних питань до розділу «Якісний аналіз».....                         | 84        |
| Тестові завдання до розділу «Якісний аналіз».....                                   | 86        |
| Література.....                                                                     | 89        |

## ВІД АВТОРІВ

Аналітична хімія – фундаментальна хімічна наука про методи визначення хімічного складу речовин та їхніх сумішей – займає провідне місце в системі теоретичного та практичного навчання здобувачів освіти спеціальності І6 (224) Технології медичної діагностики та лікування. Відповідно до її застосування аналітична хімія поділяється на якісний, кількісний хімічні аналізи та інструментальні методи аналізу.

Робочий зошит розроблений на допомогу здобувачам освіти краще засвоїти розділ «Якісний аналіз» дисципліни «Аналітична хімія». У ньому нотується матеріал до практичного заняття та записуються спостереження і висновки у процесі виконання лабораторної роботи.

Вивчаючи курс якісного аналізу, здобувачі освіти повинні оволодіти методами виявлення катіонів та аніонів, елементів, груп атомів, які входять до складу досліджуваних речовин та їхніх сумішей. Запропоновано кислотно-лужну класифікацію катіонів, подано схеми проведення їх систематичного аналізу. В основу класифікації аніонів покладено різну розчинність солей барію і аргентуму у воді та кислотах. З великого числа йонів було вибрано ті, що входять до складу організму, мають певну біологічну роль.

Усі роботи якісного аналізу виконуються напівмікрометодом, наведено детальний хід виконання якісних реакцій.

Логічним завершенням вивчення якісного аналізу є залікове практичне заняття: аналіз невідомої хімічної речовини.

У робочому зошиті подано контрольні запитання та завдання, питання для підсумкового модульного контролю, тестові завдання.

Теоретичні знання та практичні навички, отримані в процесі вивчення аналітичної хімії здобувачами, необхідні не тільки при вивченні спеціальних дисциплін, таких як гігієна з технікою санітарно-гігієнічних досліджень, біологічна хімія з біохімічними методами дослідження, клінічні лабораторні дослідження, мікробіологія з основами імунології та технікою мікробіологічних досліджень, а й у професійній діяльності лаборанта (медицина).

## ПРЕДМЕТ І ЗАВДАННЯ АНАЛІТИЧНОЇ ХІМІЇ

Аналітична хімія – наука, яка вивчає методи визначення хімічного складу речовин та їхніх сумішей. Її предметом вивчення є теорія і практика аналізу складних речовин хімічними, фізико-хімічними, фізичними і біологічними методами.

Аналітична хімія поділяється на якісний та кількісний аналіз. Завданням якісного аналізу є вивчення методів, за допомогою яких встановлюють, які хімічні елементи або їх сполуки містить досліджувана речовина чи суміш речовин. У кількісному аналізі вивчають методи визначення кількісного складу всіх або окремих компонентів аналізованого матеріалу.

Аналітична хімія, і особливо якісний аналіз, мають велике значення для науки та виробництва. Всі наші знання про стан оточуючих нас тіл, в тому числі й організмів, одержані за допомогою методів аналітичної хімії.

Методи аналітичної хімії широко використовуються в фізіологічних і біохімічних лабораторіях – для вивчення хімічного складу окремих органів та тканин, а також при вивченні процесів обміну речовин в організмах; у санітарно-гігієнічних лабораторіях – для аналізу повітря промислових підприємств, питних і стічних вод, продуктів харчування; в клінічних лабораторіях – для аналізу крові та сечі, шлункового соку з метою діагностики захворювання. Не менше значення аналітична хімія має в промисловості і сільському господарстві.

У даний час жодний із матеріалів не надходить у виробництво і не випускається без результатів хімічного аналізу, які характеризують його якість і придатність для використання.

У багатьох випадках успішне виконання ряду наукових і практичних завдань залежить від вдалого вибору необхідних для цього методів хімічного аналізу.

## МЕТОДИ ЯКІСНОГО АНАЛІЗУ

Методи якісного аналізу поділяються на:

*Хімічні* – основані на використанні хімічних властивостей досліджуваної речовини;

*Фізичні* – ґрунтуються на вивченні фізичних властивостей досліджуваної речовини (спектральний, мас-спектральний, рентгеноструктурний, люмінесцентний);

*Фізико-хімічні* – засновані на вимірюванні певних фізичних властивостей досліджуваної речовини у процесі хімічної реакції (полярографія, хроматографія, спектрофотометрія).

## АНАЛІТИЧНІ РЕАКЦІЇ

Якісний аналіз неорганічних речовин проводиться здебільшого в водних розчинах електролітів, в яких останні частково або повністю іонізовані. Тому завданням якісного аналізу є виявлення катіонів та аніонів.

Для виявлення іонів використовують реакції, що супроводжуються певним зовнішнім ефектом. Такі реакції називають *аналітичними*, або *якісними*. Аналіз речовин, який проводиться у розчинах, називається *аналізом мокрим шляхом*. При цьому використовуються реакції утворення осаду, забарвлених сполук або виділення газу. Ці реакції проводять у пробірках. Ряд якісних реакцій проводять на предметних скельцях і ефект реакції (кристали, що утворились в ході реакції) роздивляються під мікроскопом. Такі реакції називаються *мікрокристалоскопічними*. Інколи використовують також виконання реакцій *краплинним шляхом* (реакція проводиться на фільтрувальному папері або годинниковому склі).

Реакції, які проводяться не в розчинах, називаються *реакціями сухим шляхом* і використовуються як допоміжні. В якісному аналізі використовують також *пірохімічні реакції* (забарвлення полум'я в різні кольори леткими солями окремих катіонів).

Аналітична реакція повинна відповідати ряду вимог. Вона не повинна протікати дуже повільно і бути достатньо простою у виконанні.

Велике значення в якісному аналізі мають *специфічні* реакції, які дозволяють виявляти досліджувані іони в присутності інших. Реактиви, які викликають ці реакції називаються *специфічними*.

## СИСТЕМАТИЧНИЙ І ДРОБНИЙ АНАЛІЗ

Для аналізу складних сумішей іонів в якісному аналізі використовують *дробний та систематичний* методи. Суть **дробного** методу полягає в тому, що використовуючи специфічні реакції, можна визначити необхідні іони безпосередньо в окремих невеликих порціях досліджуваного розчину, не беручи до уваги інші іони, присутні в ньому. При цьому не має значення порядок виявлення окремих іонів. Дробний метод має ряд переваг: він простіший і менш трудомісткий, ніж систематичний. Та не завжди дробний метод можна використовувати на практиці, оскільки не на всі іони відомі специфічні реакції.

Коли ж специфічні реакції відсутні або не можна підвищити специфічність реакцій якимось іншим шляхом, виявлення досліджуваних іонів ускладнюється. У таких випадках доводиться дотримуватись певної послідовності реакцій відкриття окремих іонів, тобто використати **систематичний** хід аналізу. До виявлення досліджуваного іону приступають тільки після того, коли всі інші іони, які заважають його знаходженню, будуть попередньо визначені і вилучені з розчину.

У систематичному ході аналізу іони вилучають із складної суміші не по одному, а цілими групами, користуючись однакою відношенням їх до дії деяких реагентів, які називаються *груповими*. Якщо в межах однієї групи іони заважають відкриттю один одного, то їх відокремлюють за допомогою відповідних реакцій, а потім відкривають кожний вид іонів характерними реакціями.

## АНАЛІТИЧНА КЛАСИФІКАЦІЯ КАТІОНІВ ТА АНІОНІВ

*Аналітична група* – це така група йонів, яка дає подібні аналітичні реакції з певним реактивом. Відомі різні способи класифікації катіонів та аніонів на аналітичні групи.

*Кисотно-основна класифікація* ґрунтується на різній розчинності у воді хлоридів, сульфатів металів, а також на відмінності у властивостях їхніх гідроксидів.

**Таблиця 1. Розподіл катіонів на аналітичні групи за кислотно-основною класифікацією**

| Група | Катіони                                                                                 | Груповий реактив                   | Сполуки, що утворюються                                                                                                                      | Групова характеристика                                              |
|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|
| I     | $K^+$<br>$Na^+$<br>$NH_4^+$                                                             | Немає                              | —                                                                                                                                            | Хлориди, сульфати й гідроксиди розчиняються у воді                  |
| II    | $Ag^+$<br>$Pb^{2+}$<br>$Hg_2^{2+}$                                                      | HCl                                | Осад:<br>$AgCl$ ; $PbCl_2$ ;<br>$Hg_2Cl_2$                                                                                                   | Хлориди не розчиняються у воді                                      |
| III   | $Ba^{2+}$<br>$Sr^{2+}$<br>$Ca^{2+}$                                                     | $H_2SO_4$                          | Осад:<br>$BaSO_4$ ; $SrSO_4$ ;<br>$CaSO_4$                                                                                                   | Сульфати не розчиняються (або важко розчиняються) у воді й кислотах |
| IV    | $Zn^{2+}$<br>$Al^{3+}$<br>$Cr^{3+}$<br>$As^{3+}$<br>$As^{5+}$<br>$Sn^{2+}$<br>$Sn^{4+}$ | Надлишок NaOH (KOH)                | Розчин:<br>$[Zn(OH)_4]^{2-}$<br>$[Al(OH)_4]^-$<br>$[Cr(OH)_6]^{3-}$<br>$[Sn(OH)_4]^{2-}$<br>$[Sn(OH)_6]^{2-}$<br>$AsO_3^{3-}$ , $AsO_4^{3-}$ | Гідроксиди розчиняються в надлишку натрій гідроксиду                |
| V     | $Fe^{2+}$<br>$Fe^{3+}$<br>$Mn^{2+}$<br>$Mg^{2+}$<br>$Bi^{3+}$<br>$Sb^{3+}$<br>$Sb^{5+}$ | Розчин NaOH (KOH)                  | Осад:<br>$Fe(OH)_2$ ,<br>$Fe(OH)_3$<br>$Mn(OH)_2$<br>$Mg(OH)_2$<br>$Bi(OH)_3$<br>$Sb(OH)_3$<br>$H[Sb(OH)_6]$                                 | Гідроксиди не розчиняються в надлишку натрій гідроксиду             |
| VI    | $Cu^{2+}$<br>$Hg^{2+}$<br>$Co^{2+}$<br>$Cd^{2+}$<br>$Ni^{2+}$                           | Надлишок розчину амоніаку $NH_4OH$ | $[Cu(NH_3)_4]^{2+}$<br>$[Hg(NH_3)_4]^{2+}$<br>$[Cd(NH_3)_4]^{2+}$<br>$[Co(NH_3)_6]^{2+}$<br>$[Ni(NH_3)_6]^{2+}$                              | Гідроксиди розчиняються в надлишку реактиву з утворенням аміакатів  |

Аналітична класифікація аніонів основана на реакціях утворення нерозчинних у воді осадів солей барію та аргентуму.

**Таблиця 2. Розподіл аніонів на аналітичні групи**

| Група | Аніон                                                                                                                                                                                      | Груповий реактив                               | Характеристика групи                                             |
|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| I     | $\text{SO}_4^{2-}$ , $\text{SO}_3^{2-}$ ,<br>$\text{CO}_3^{2-}$ , $\text{PO}_4^{3-}$ ,<br>$\text{SiO}_3^{2-}$ , $\text{AsO}_4^{3-}$ ,<br>$\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ , $\text{CrO}_4^{2-}$ | $\text{BaCl}_2$                                | Солі барію нерозчинні у воді                                     |
| II    | $\text{Cl}^-$ , $\text{Br}^-$ , $\text{I}^-$ , $\text{S}^{2-}$                                                                                                                             | $\text{AgNO}_3$<br>за наявності $\text{HNO}_3$ | Солі аргентуму нерозчинні у воді і розбавленій нітратній кислоті |
| III   | $\text{NO}_2^-$ , $\text{NO}_3^-$ ,<br>$\text{CH}_3\text{COO}^-$                                                                                                                           | Групового реактиву немає                       | -                                                                |

### **ПРАВИЛА ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ ПРИ РОБОТІ В ЛАБОРАТОРІЇ АНАЛІТИЧНОЇ ХІМІЇ**

1. Перед початком роботи потрібно уважно ознайомитись з інструкціями з техніки безпеки.
2. Досліди потрібно проводити з такими кількостями реактивів, використовуючи такий посуд та прилади, і в тих умовах, як це зазначено у відповідних алгоритмах.
3. Забороняється виконувати досліди в брудному посуді.
4. Всі операції з отруйними газами, леткими речовинами та парами потрібно проводити у витяжній шафі або у приладах з адсорбентами.
5. Забороняється пробувати хімічні речовини на смак.
6. Не дозволяється без присутності викладача вмикати чи вимикати рубильники, електричні прилади.
7. Забороняється працювати в лабораторії за відсутності викладача чи лаборанта.
8. З концентрованими розчинами речовин потрібно працювати лише у витяжній шафі.
9. При приготуванні розчинів із концентрованих кислот потрібно кислоту обережно наливати в воду, а не навпаки.
10. Працювати в лабораторії лише у спеціальному одязі.
11. Забороняється в лабораторії вживати їжу, користуватись косметикою та ін.
12. Не виливати в раковину залишки кислот, лугів та інших реактивів. Зливати їх в призначений для цього посуд.
13. Економно використовувати газ, електричну енергію, дистильовану воду.
14. Після закінчення роботи прибирати своє робоче місце, ретельно вимити руки з милом.

## ПЕРША ДОПОМОГА В РАЗІ НЕЩАСНИХ ВИПАДКІВ

1. У всіх випадках поранення – глибокому порізі, отруєнні, опіках тощо необхідно негайно звернутись до лікаря. За можливості надати першу допомогу потерпілому.
2. При порізах склом слід видалити уламки скла з рани, змазати уражене місце 3% спиртовим розчином йоду і перев'язати бинтом, щоб припинити кровотечу.
3. При отруєнні шкідливими газами негайно припинити дослід і відчинити вікна та двері. Потерпілого винести на свіже повітря, розстібнути одяг, дати понюхати вату змочену нашатирним спиртом. Коли потерпілий опритомніє, дати йому міцного чаю. При неглибокому отруєнні хлором або парами броду дати понюхати суміш етилового і нашатирного спиртів.
4. При отруєнні йодом потерпілому дати випити крохмаль з водою, молоко, міцний чай чи розчин соди.
5. При отруєнні лугами необхідно випити молока або 2% розчин оцтової чи лимонної кислоти. Не давати блювотних засобів.
6. При отруєнні кислотами дати потерпілому води з розтертою крейдою, попелом, 1% розчин натрій гідрогенкарбонату, вапняну воду. Не давати блювотних засобів і не промивати шлунок.
7. При опіках рану слід обробити 2% розчином калій перманганату, таніну або маззю від опіків.
8. Якщо на шкіру потрапили бризки кислоти або лугу, то уражене місце слід промити великою кількістю води, а потім відповідно 3% розчином соди або 2% розчином оцтової кислоти. При потраплянні на шкіру концентрованої сульфатної кислоти ушкоджену ділянку шкіри треба обережно витерти ватним тампоном, лише тоді промити водою.

## ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ №1

### ТЕМА: ПЕРША ТА ДРУГА АНАЛІТИЧНІ ГРУПИ КАТІОНІВ

**Мета:** Проробити та вивчити якісні реакції катіонів калію, натрію та амонію; виконати аналіз розчину на суміш катіонів першої аналітичної групи.

Проробити та вивчити дію групового реактиву на катіони плюмбуму(II), аргентуму й меркурію(I), їхні якісні реакції; виконати аналіз розчину на суміш катіонів другої аналітичної групи.

#### Обладнання робочого місця:

1. Розчини солей  $KCl$ ,  $NaCl$ ,  $NH_4Cl$ ,  $NaHC_4H_4O_6$ ,  $Na_3[Co(NO_2)_6]$ ,  $K[Sb(OH)_6]$ ,  $CH_3COONa$ ,  $Na_2PbCu(NO_2)_6$ ,  $Zn(UO_2)_3(CH_3COO)_8$ ,  $Pb(NO_3)_2$ ,  $AgNO_3$ ,  $Hg_2(NO_3)_2$ ,  $KI$ ,  $K_2CrO_4$ .
2. Розчини  $NaOH$ ,  $KOH$ .
3. Розчини кислот:  $HCl$ ,  $H_2SO_4$ .
4. Реактив Несслера.
5. Концентровані розчини  $NH_3$ ,  $HNO_3$ .
6. Лакмусовий папірець.
7. Штатив з пробірками.
8. Скляні палички.
9. Фарфорові чашки.
10. Водяна баня.
11. Центрифуга.
12. Досліджувані розчини на катіони першої та другої аналітичних груп.

#### Конкретні цілі:

- знати характерні реакції катіонів  $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $NH_4^+$ ;
- знати хід аналізу суміші катіонів першої аналітичної групи в присутності катіонів  $NH_4^+$  і без них;
- виконувати якісні реакції катіонів першої аналітичної групи;
- аналізувати розчин на сумісну присутність йонів першої аналітичної групи.
- знати характерні реакції катіонів  $Pb^{2+}$ ,  $Ag^+$ ,  $Hg_2^{2+}$ ;
- знати властивості хлоридів катіонів другої аналітичної групи;
- знати систематичний хід аналізу катіонів другої аналітичної групи;
- виконувати якісні реакції катіонів другої аналітичної групи;
- аналізувати розчин з вмістом цих йонів.

#### Перша аналітична група катіонів

##### Характеристика групи

До першої аналітичної відносяться катіони:  $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $NH_4^+$ . Вони безбарвні. Аналітичною ознакою катіонів першої аналітичної групи є відсутність групового реактиву, тобто такого реактиву, який би осаджував всі катіони цієї групи.

Майже всі солі натрію, калію і амонію добре розчинні у воді. Гідроксиди натрію і калію – добре розчинні у воді сильні основи. Гідроксид амонію є слабкою основою, це нестійка сполука, що легко розкладається на амоніак і воду навіть при кімнатній температурі.

Солі амонію є нестійкими і легко розкладаються при нагріванні. Цю властивість використовують при видаленні солей амонію із суміші солей катіонів першої групи.

Натрій і калій належать до поширених елементів. В організмі людини натрій у вигляді розчинних солей (хлориду, ортофосфату, гідрогенкарбонату) знаходиться переважно в позаклітинних рідинах: плазмі крові, лімфі і травних соках. Осмотичний тиск плазми крові підтримується на необхідному рівні в основному за рахунок натрій хлориду. калій також міститься у всіх тканинах організму людини, але

всередині клітини. Йон калію відіграє важливу роль в біохімічних процесах, а певна концентрація Калію в крові необхідна для нормальної роботи серця.

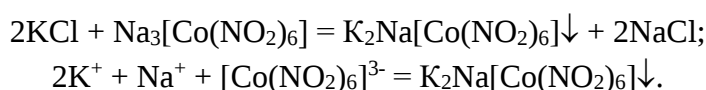
Сполуки натрію, калію та амонію застосовують у фармації. Із натрій хлориду виготовляють фізіологічні розчини та різні лікарські препарати. Натрій гідрокарбонат вживають при підвищеній кислотності шлункового соку. Натрій саліцилат використовують при ревматизмі. Амоній хлорид застосовують як діуретичний і відхаркувальний засіб. При втраті свідомості використовують 10% розчин амоніаку у воді („нашатирий спирт”).

Оскільки нітроген входить до складу молекул багатьох органічних сполук (амінів, білків, нуклеотидів, гемоглобіну, вітамінів), а кінцевим продуктом обміну цих речовин є сечовина і сечова кислота, то визначення катіонів амонію у біологічних рідинах має велике значення для діагностики та лікування багатьох захворювань.

## Зміст роботи

### Реакції йонів $K^+$

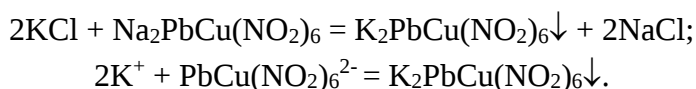
**1. Натрій гексанітрокобальтат (III)  $Na_3[Co(NO_2)_6]$  утворює з йоном калію у нейтральному середовищі жовтий дрібнокристалічний осад подвійної солі  $K_2Na[Co(NO_2)_6]$ :**



Реакція є фармакопейною і дуже чутливою.

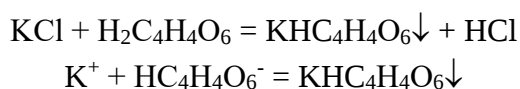
Йон  $NH_4^+$  заважає виявленню йона калію, бо він з  $Na_3[Co(NO_2)_6]$  утворює схожий за кольором і формою осад.

**2. Мікрокристалоскопічна реакція з потрійним нітритом натрію, плюмбуму(II) і купруму(II).** Йон  $K^+$  із  $Na_2PbCu(NO_2)_6$  утворює чорні кристали кубічної форми, які розглядають під мікроскопом:



Реакція перебігає в нейтральному середовищі; їй також заважає катіон  $NH_4^+$ .

**3. Винна кислота  $H_2C_4H_4O_6$  або гідрогентартрат натрію  $NaHC_4H_4O_6$  з йонами калію в нейтральному або слабокислотному середовищі утворює білий кристалічний осад:**



Реакція малочутлива, є фармакопейною.

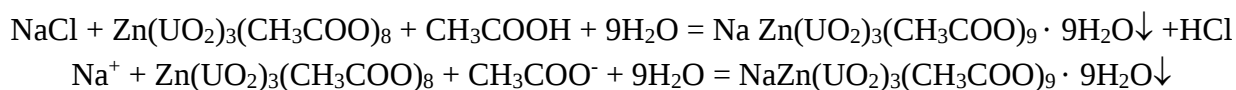
Такий же осад утворюється з солями амонію, тому реакцію проводять за відсутності солей амонію.

**4. Реакція забарвлення полум'я.** Солі калію забарвлюють полум'я газового пальника у блідо-фіолетовий колір. Реакції заважають йони натрію, забарвлюючи полум'я у жовтий колір. У цьому випадку полум'я розглядають через синє кобальтове скло.

### *Реакції йонів $\text{Na}^+$*

#### **1. Мікрокристалоскопічна реакція з цинк уранілацетатом $\text{Zn}(\text{UO}_2)_3(\text{CH}_3\text{COO})_8$ .**

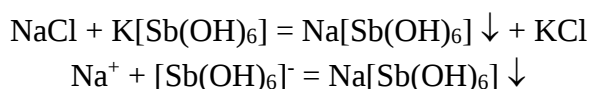
Йон  $\text{Na}^+$  у нейтральному або слабкокислотному (ацетатному) середовищі з  $\text{Zn}(\text{UO}_2)_3(\text{CH}_3\text{COO})_8$  утворює зеленкувато-жовті кристали октаедричної або тетраедричної форми:



Реакція є фармакопейною, специфічною і досить чутливою.

Утворення зеленкувато-жовтих кристалів свідчить про наявність йона  $\text{Na}^+$ .

**2. Калій гексагідроксостибіат(V)  $\text{K}[\text{Sb}(\text{OH})_6]$**  утворює з солями натрію у нейтральному або слаболужному середовищі білий кристалічний осад, що повільно осаджується:



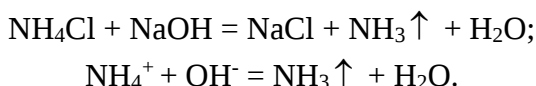
Реакція малочутлива.

Подібний осад утворюється із солями амонію, тому реакцію проводять за їх відсутності.

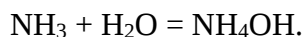
**3. Реакція забарвлення полум'я.** Леткі солі натрію забарвлюють полум'я газового пальника в жовтий колір. Реакція є дуже чутливою і фармакопейною.

### *Реакції йонів $\text{NH}_4^+$*

**1. Сильні луги ( $\text{NaOH}$ ,  $\text{KOH}$ )** під час нагрівання з розчинами солей амонію виділяють амоніак:

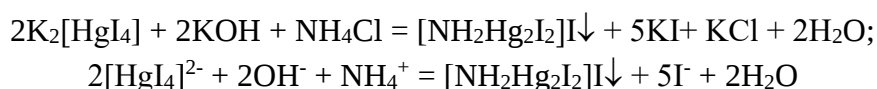


Амоніак, що виділяється, виявляють за запахом або за допомогою кислотно-основних індикаторів. Змочений водою червоний лакмусовий папірець синіє у парі амоніаку, оскільки амоніак утворює з водою амоній гідроксид:



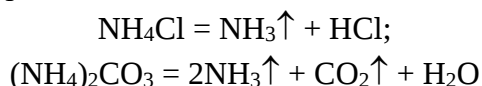
Ця реакція є не тільки фармакопейною, а й специфічною на йон  $\text{NH}_4^+$ , бо дає змогу виявити цей йон у суміші катіонів всіх шести груп.

**2. Реактив Несслера (розчин калій тетраіодомеркурат(II)  $\text{K}_2[\text{HgI}_4]$  у  $\text{KOH}$ )** утворює з йоном  $\text{NH}_4^+$  червоно-бурий осад  $\text{NH}_4\text{Hg}_2\text{I}_3$ :

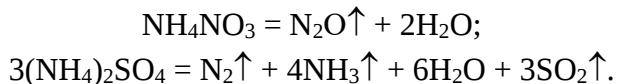


Реакція дуже чутлива і є характерною для виявлення навіть «слідів» йона  $\text{NH}_4^+$ . Інтенсивність забарвлення осаду залежить від концентрації йона  $\text{NH}_4^+$ . Йони калію і натрію не заважають визначенню. Необхідно додавати надлишок реактиву, бо осад що утворився, може розчинятися в надлишку солей амонію.

**3. Термічний розклад солей амонію.** Амонійні солі, утворені леткими кислотами, під час прожарювання практично повністю розкладаються:



Солі утворені нелеткими кислотами, розкладаються за такими рівняннями реакцій:



#### **Аналіз суміші катіонів першої аналітичної групи**

Приставаючи до аналізу суміші катіонів першої аналітичної групи, треба спочатку виявити йон  $\text{NH}_4^+$ , бо він заважає виявленню йонів  $\text{K}^+$  і  $\text{Na}^+$ .

**Попередні випробування.** Перед початком аналізу потрібно досліджуваний розчин розділити на три рівні частини. Одну частину розчину беруть для аналізу, другу – для перевірки правильності результатів, а третю залишають контрольною. Щоб вибрати найзручніший варіант ходу аналізу, необхідно проробити такі досліді:

а) звернути увагу на вигляд досліджуваної суміші та перевірити реакцію середовища за допомогою лакмусового або універсального індикаторного папірця. Якщо суміш прозора, має лужну реакцію ( $\text{pH} > 7$ ), то орієнтовно можна вважати, що йони  $\text{NH}_4^+$  в розчині відсутні. Коли розчин прозорий і кислий ( $\text{pH} < 7$ ), то таких висновків, зрозуміло, робити не можна;

б) в окремій пробі *виявити йон  $\text{NH}_4^+$*  реактивом Несслера. Реактивом Несслера йон амонію виявляють так: до 1-2 крапель досліджуваного розчину додають 3-4 краплі цього реагенту. Утворення червоно-бурого осаду свідчить про наявність йона  $\text{NH}_4^+$ .

Якщо попередніми дослідями виявлено йон  $\text{NH}_4^+$ , суміш катіонів першої аналітичної групи аналізують за систематичним методом.

**Хід аналізу суміші катіонів:  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$ .** Після виявлення солей амонію їх треба видалити, користуючись їхньою леткістю під час прожарювання.

**Видалення йона  $\text{NH}_4^+$ .** У фарфорову чашку (тигель) поміщають 8-10 крапель досліджуваного розчину і випаровують його до сухого залишку, а потім прожарюють до повного видалення білого «димув». Щоб перевірити повноту видалення йона  $\text{NH}_4^+$ , до 4-5 крапель реактиву Несслера додають крупинку сухого залишку. Якщо випадає червоно-бурий осад або розчин забарвлюється в такий колір, продовжують прожарювати сухий осад. Тільки переконавшись, що йон  $\text{NH}_4^+$  повністю видалено, тигель охолоджують, додають декілька крапель дистильованої води (розчин 1). У прозорому розчині виявляють інші катіони першої аналітичної групи.

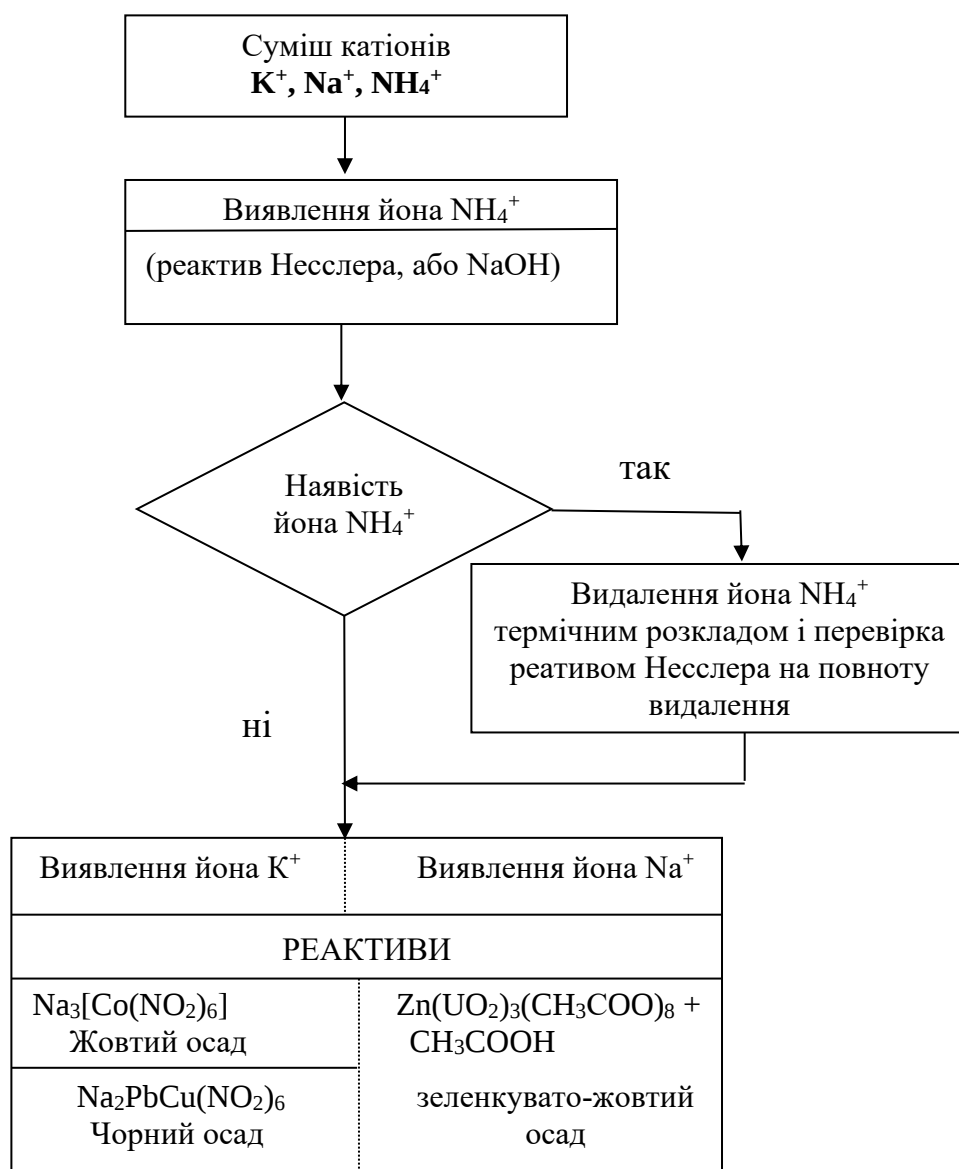
**Виявлення йона  $\text{Na}^+$  (розчин 1).** За допомогою цинк уранілацетату йон  $\text{Na}^+$  можна виявити дробним методом, бо інші катіони цієї аналітичної групи не заважають.

До 2-3 крапель досліджуваного розчину, нанесеного на предметне скло, додають 1-2 краплі цинк уранілацетату, злегка нагрівають і розглядають під мікроскопом. Зеленовато-жовті кристали вказують на наявність у розчині йона  $\text{Na}^+$ .

**Виявлення йона  $\text{K}^+$ .** До 2-3 крапель розчину 1 додають 2-3 краплі розчину  $\text{Na}_3[\text{Co}(\text{NO}_2)_6]$ . Утворення жовтого кристалічного осаду переконує у наявності в розчині йона  $\text{K}^+$ . Цей йон можна виявити і мікрокристалоскопічним методом. 2-3 краплі розчину 1 переносять на предметне скло, нагрівають на водяній бані, охолоджують і додають 2-3 краплі  $\text{Na}_2\text{PbCu}(\text{NO}_2)_6$ . Утворення чорних кубічних кристалів свідчить про наявність йона  $\text{K}^+$ .

Якщо в попередніх випробуваннях йон  $\text{NH}_4^+$  відсутній, досліджуваний розчин аналізують дробним методом, тобто в окремих порціях розчину виявляють йон  $\text{Na}^+$  мікрокристалоскопічною реакцією з цинк уранілацетатом, а йон  $\text{K}^+$  – реактивами  $\text{Na}_3[\text{Co}(\text{NO}_2)_6]$  або  $\text{Na}_2\text{PbCu}(\text{NO}_2)_6$ .

**Схема 1. Аналіз суміші катіонів першої аналітичної групи**



### Друга аналітична група катіонів

#### Характеристика групи

До другої аналітичної групи відносяться катіони:  $Pb^{2+}$ ,  $Ag^+$ ,  $Hg_2^{2+}$ . Майже всі солі катіонів другої аналітичної групи погано розчиняються у воді. Добре розчинні тільки нітрати катіонів цієї групи, а також ацетати аргентуму(I) і плюмбуму(II). Катіони  $Pb^{2+}$ ,  $Ag^+$ ,  $Hg_2^{2+}$  є безбарвними. Гідроксиди аргентуму(I) і меркурію(I) є нестійкими сполуками і в момент утворення розкладаються на оксид і воду. Плюмбум(II) гідроксид має амфотерні властивості. Йони  $Pb^{2+}$ ,  $Ag^+$ ,  $Hg_2^{2+}$  здатні утворювати комплексні сполуки, що використовують для їх виявлення.

Груповим реагентом на катіони  $Ag^+$ ,  $Pb^{2+}$ ,  $Hg_2^{2+}$  є розведена хлоридна кислота, яка осаджує ці йони у вигляді білих осадів  $AgCl$ ,  $PbCl_2$ ,  $Hg_2Cl_2$ , малорозчинних у воді. З підвищенням температури до  $100^\circ C$  розчинність  $PbCl_2$  значно зростає в порівнянні з осадами  $AgCl$  і  $Hg_2Cl_2$ , розчинність яких майже не залежить від температури. Цю властивість  $PbCl_2$  і використовують в ході аналізу для відокремлення йона  $Pb^{2+}$  від  $Ag^+$  і  $Hg_2^{2+}$ .

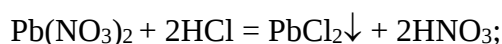
Всі розчинні сполуки плюмбуму(II) і меркурію(I) отруйні. Сполуки катіонів другої аналітичної групи широко використовуються в медицині. Йони аргентуму в дуже малій концентрації стерилізують воду і пригнічують розвиток бактерій. аргентум(I) нітрат використовують у лікуванні очних хвороб. Колларгол (колоїдне срібло) застосовують для промивання гнійних ран, сечового міхура і при гнійних кон'юнктивітах. Протаргол – препарат аргентуму – застосовують як в'яжучий антисептичний засіб для змазування слизових оболонок верхніх дихальних шляхів. Плюмбум(II) ацетат застосовують для

примочок і компресів, плюмбум(II) оксид – для виготовлення свинцевого пластиря.

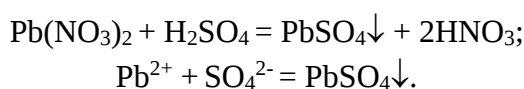
## ЗМІСТ РОБОТИ

### *Реакції йонів Pb<sup>2+</sup>*

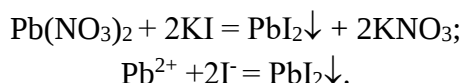
**1. Хлоридна кислота і розчинні хлориди** утворюють з йоном Pb<sup>2+</sup> білий аморфний осад PbCl<sub>2</sub>, який добре розчинний у гарячій воді. Якщо розчин охолодити, знову випадає осад PbCl<sub>2</sub> у вигляді кристалів голкоподібної форми.



**2. Сульфатна кислота і розчинні сульфати** взаємодіють з йоном Pb<sup>2+</sup> і утворюють білий кристалічний осад плюмбум(II) сульфату:

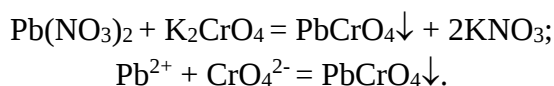


**3. Калій йодид** утворює з йоном Pb<sup>2+</sup> жовтий осад PbI<sub>2</sub>:

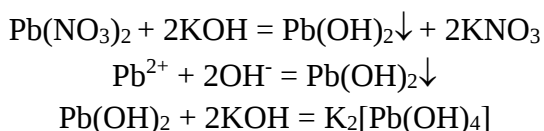


Осад PbI<sub>2</sub> добре розчинний у надлишку реагенту і гарячій воді. Якщо до жовтого осаду PbI<sub>2</sub> долити води, нагріти до повного розчинення осаду і швидко охолодити, то PbI<sub>2</sub> знову випадає в осад, тепер уже у вигляді блискучих золотистих кристалів PbI<sub>2</sub> («золотий дощ»).

**4. Калій хромат** утворює з йоном Pb<sup>2+</sup> малорозчинний у воді жовтий осад PbCrO<sub>4</sub> плюмбум(II) хромату:



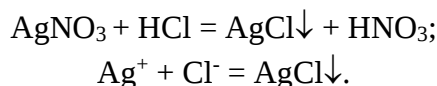
**5. Луги** осаджують йони плюмбуму(II) у вигляді білого осаду Pb(OH)<sub>2</sub>, який розчиняється у надлишку лугу, бо є амфотерним.



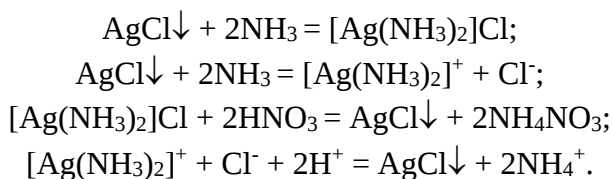
Спостерігають спочатку утворення осаду, а потім його розчинення.

### *Реакції йонів Ag<sup>+</sup>*

**1. Хлоридна кислота та розчинні хлориди** утворюють з йоном Ag<sup>+</sup> білий осад:

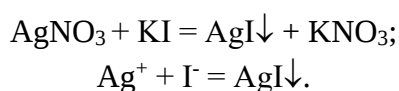


Аргентум(I) хлорид розчиняється у водному розчині амоніаку з утворенням комплексної сполуки  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{Cl}$ . Якщо підкислити цей розчин концентрованою нітратною кислотою, знову випадає осад білий  $\text{AgCl}$ :

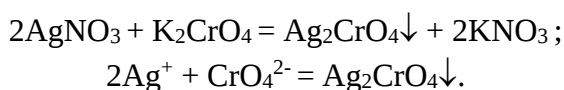


Цією реакцією виявляють йон  $\text{Ag}^+$  у досліджуваному об'єкті; вона є фармакопейною. Реакції заважають йони  $\text{Pb}^{2+}$  і  $\text{Hg}_2^{2+}$ .

**2. Калій йодид** утворює з йоном  $\text{Ag}^+$  жовтий осад  $\text{AgI}$ :



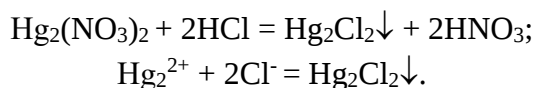
**3. Калій хромат** утворює з йоном  $\text{Ag}^+$  осад  $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$  цегляно-червоного кольору:



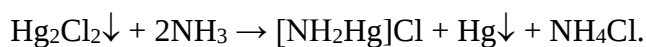
Осад  $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$  розчиняється у нітратній кислоті і водному розчині амоніаку.

### Реакції йонів $\text{Hg}_2^{2+}$

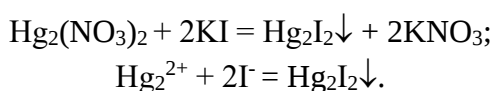
**1. Хлоридна кислота і її розчинні солі** з йоном  $\text{Hg}_2^{2+}$  утворюють осад білого кольору  $\text{Hg}_2\text{Cl}_2$  (каломель):



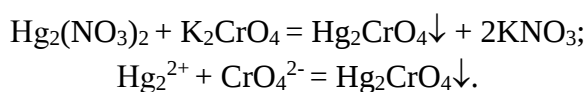
Осад  $\text{Hg}_2\text{Cl}_2$  нерозчинний у розведеній нітратній кислоті. Внаслідок дії водного розчину амоніаку цей осад чорніє на повітрі, виділяючи металічну ртуть:



**2. Калій йодид** утворює з йоном  $\text{Hg}_2^{2+}$  осад болотно-зеленого кольору  $\text{Hg}_2\text{I}_2$ :



**3. Калій хромат** утворює з йоном  $\text{Hg}_2^{2+}$  осад червоного кольору  $\text{Hg}_2\text{CrO}_4$ :



Осад  $\text{Hg}_2\text{CrO}_4$  нерозчинний у лугах і розведеній нітратній кислоті.

### Аналіз суміші катіонів другої аналітичної групи

Осадження хлоридів катіонів  $Pb^{2+}$ ,  $Ag^+$ ,  $Hg_2^{2+}$ . У центрифужну пробірку вносять 10-15 крапель досліджуваного нейтрального або слабко-кислого розчину, нагрівають до кипіння на водяній бані і додають таку ж кількість розчину  $HCl$ . Перевіряють повноту осадження цих катіонів (не відокремлюючи осад від розчину, додають ще кілька крапель  $HCl$ ). Осад відокремлюють центрифугуванням і 2-3 рази промивають дистильованою водою, підкисленою двома краплями розчину  $HCl$ .

Осад 1  
 $PbCl_2$ ,  $AgCl$ ,  $Hg_2Cl_2$

Розчин 1  
не досліджують

Відокремлення  $PbCl_2$ . До осаду 1 додають 10-15 крапель дистильованої води, нагрівають на киплячій водяній бані. Гарячий водний розчин відокремлюють на центрифугі. За цих умов плумбум (II) хлорид практично повністю переходить у розчин 2, який потім піпеткою відбирають і переносять в іншу центрифужну пробірку.

Осад 2  
 $AgCl$ ,  $Hg_2Cl_2$

Розчин 2  
 $Pb^{2+}$ ,  $Cl^-$

Виявлення йона  $Pb^{2+}$ . Якщо є велика кількість йона плумбуму(II), то після охолодження розчину 2 знову утворюються білі голкоподібні кристали  $PbCl_2$ . Якщо кристали не випали, йон  $Pb^{2+}$  виявляють характерними реакціями з допомогою  $KI$  чи  $K_2CrO_4$ .

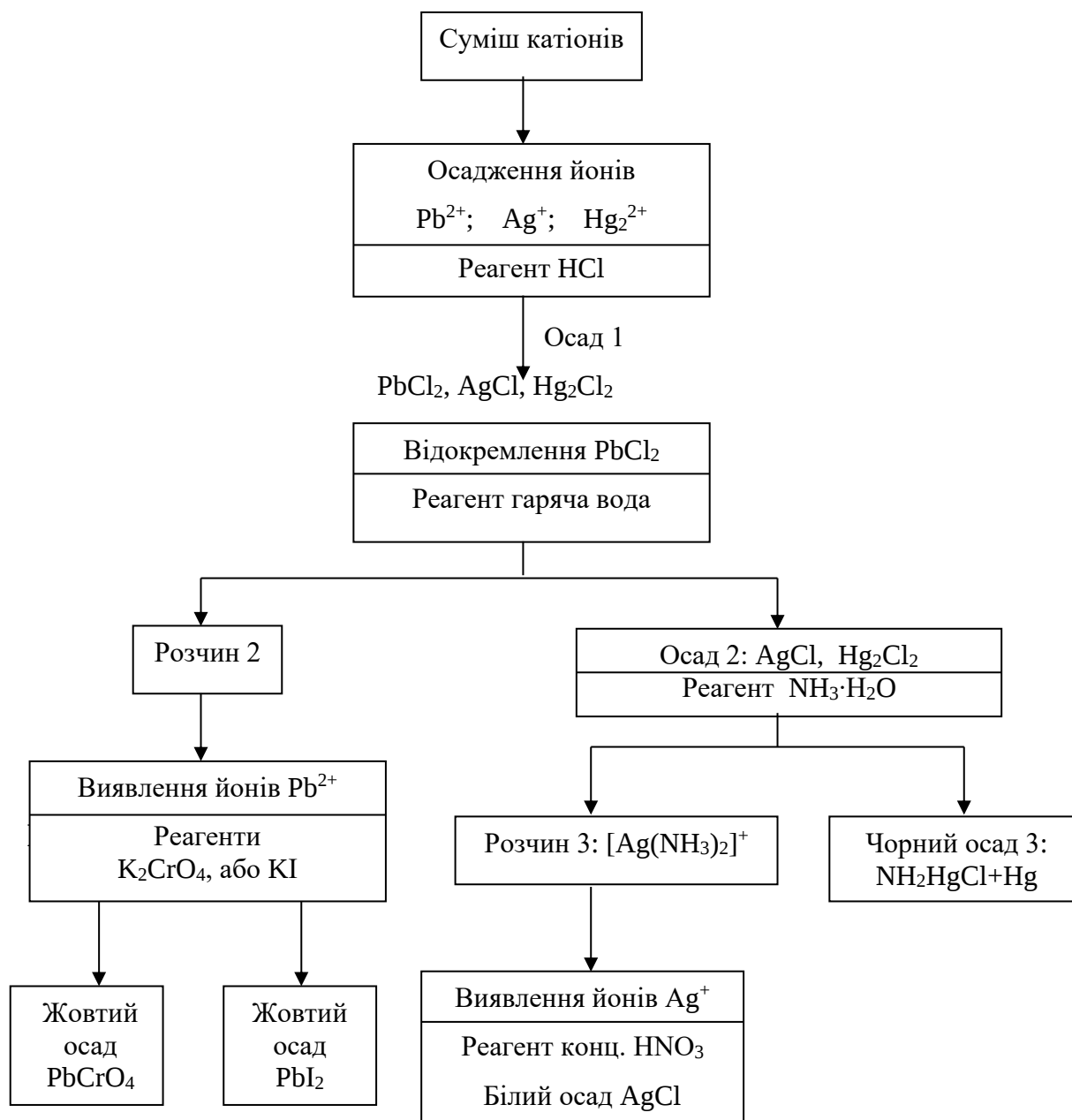
Виявлення йона  $Hg_2^{2+}$ . Якщо є йон  $Pb^{2+}$  у розчині, тоді осад 2 промивають ще 2-3 рази гарячою водою (видалення залишку  $PbCl_2$ ). До осаду 2 додають 5-8 крапель розчину амоніаку і добре перемішують. Якщо є йон  $Hg_2^{2+}$ , осад 3 чорніє. Аргентум(I) хлорид при цьому розчиняється у надлишку амоніаку і переходить до розчину 3 у вигляді його комплексної сполуки (аміакату аргентуму). Осад від розчину відокремлюють на центрифугі та перевіряють на наявність йона  $Hg_2^{2+}$ .

Осад 3  
 $NH_2HgCl + Hg$

Розчин 3  
 $[Ag(NH_3)_2]^+$ ,  $Cl^-$

Виявлення йона  $Ag^+$ . До розчину 3 краплями додають концентровану  $HNO_3$ . Якщо випадає білий осад або з'являється каламуть, це свідчить, що в розчині є йон  $Ag^+$ .

**Схема 2. Аналіз суміші катіонів другої аналітичної групи**



**Хід роботи:**

**1. Виконати реакції ідентифікації катіонів:**

- якісні реакції на катіони першої аналітичної групи  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,
- якісні реакції на катіони другої аналітичної групи  $\text{Pb}^{2+}$ ,  $\text{Ag}^+$ ,  $\text{Hg}_2^{2+}$

2. Спостереження та рівняння реакцій записати у таблицю:

| №                                       | Реагент                                                                     | Методика виконання реакції ідентифікації йонів                                                                                                                                                                  | Характеристика і властивості одержаної речовини | Рівняння реакції |
|-----------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|------------------|
| <b>Катіони першої аналітичної групи</b> |                                                                             |                                                                                                                                                                                                                 |                                                 |                  |
| <b>катіон <math>K^+</math></b>          |                                                                             |                                                                                                                                                                                                                 |                                                 |                  |
| 1                                       | Натрій гексанітрокобальтат(III)<br>$Na_3[Co(NO_2)_6]$                       | До 1 краплі розчину солі калію додають 1-2 краплі розчину $Na_3[Co(NO_2)_6]$ . Осад розчиняється в $HCl$ і не розчиняється в $CH_3COOH$                                                                         |                                                 |                  |
| 2                                       | Мікрокристалоскопічна реакція з $Na_2PbCu(NO_2)_6$                          | Краплю розчину солі калію наносять на предметне скло і випаровують на водяній бані майже до сухого стану. До сухого залишку додають краплю реагенту. Утворені кристали розглядають під мікроскопом              |                                                 |                  |
| 3                                       | Винна кислота $H_2C_4H_4O_6$ або гідрогентартрат натрію $NaHC_4H_4O_6$      | У пробірку вносять дві краплі розчину солі калію, дві краплі винної кислоти і одну краплю розчину ацетату натрію. Пробірку охолоджують під струменем холодної води, потираючи стінки пробірки скляною паличкою. |                                                 |                  |
| 4                                       | Реакція забарвлення полум'я                                                 | Прожарену платинову або ніхромову дротинку занурюють у розчин солі калію і поміщають у полум'я газового пальника. Полум'я розглядають через синє кобальтове скло.                                               |                                                 |                  |
| <b>катіон <math>Na^+</math></b>         |                                                                             |                                                                                                                                                                                                                 |                                                 |                  |
| 1                                       | Мікрокристалоскопічна реакція з цинк уранілацетатом $Zn(UO_2)_3(CH_3COO)_8$ | Краплю розчину солі натрію наносять на предметне скло і випаровують на водяній бані майже до сухого стану.                                                                                                      |                                                 |                  |

|                                   |                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                         |  |  |
|-----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|
|                                   |                                                                             | Поряд з охолодженням сухим залишком наносять краплю розчину цинк уранілацетату. Складною паличкою обережно змішують розчин із сухим залишком і розглядають під мікроскопом.                                                                             |  |  |
| 2                                 | Калій гексагідроксо-стибіат(V)<br>$K[Sb(OH)_6]$                             | У пробірку вносять дві краплі розчину солі натрію і дві краплі реактиву. Охолоджують під струменем холодної води, потираючи стінки пробірки скляною паличкою.                                                                                           |  |  |
| 3                                 | Реакція забарвлення полум'я                                                 | Очищену платинову або ніхромову дротинку занурюють у розчин солі натрію і поміщають у полум'я газового пальника.                                                                                                                                        |  |  |
| <b>катион <math>NH_4^+</math></b> |                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                         |  |  |
| 1                                 | Сильні луги (NaOH, KOH)                                                     | У пробірку вносять 2-4 краплі розчину солі амонію і додають 3-5 крапель розчину лугу, нагрівають, тримаючи зволожений червоний лакмусовий папір над отвором пробірки, не торкаючись її. <i>Стежити, щоб бризки розчину лугу не потрапляли на папір.</i> |  |  |
| 2                                 | Реактив Несслера (розчин калій тетраіодомеркурат(II)<br>$K_2[HgI_4]$ у KOH) | До 1-2 крапель розчину солі амонію додають 2-3 краплі реактиву Несслера.                                                                                                                                                                                |  |  |
| 3                                 | Термічний розклад солей амонію                                              | У фарфорову чашку (тигель) переносять 3-5 крапель розчину солі амонію і нагрівають (під тягою!) до повного випаровування всієї рідини. Сухий залишок прожарюють                                                                                         |  |  |

|                                           |                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |  |  |
|-------------------------------------------|----------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|
|                                           |                                              | на відкритому полум'ї до повного припинення виділення білого «димув». Охолоджений залишок перевіряють на повноту виділення солей амонію. Для цього зішкрібають частинку залишку, у пробірку додають 1-2 краплі дистильованої води і виявляють йон $\text{NH}_4^+$ реактивом Несслера. Якщо ще є йон $\text{NH}_4^+$ , операцію повторюють. |  |  |
| <b>Катіони другої аналітичної групи</b>   |                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |  |  |
| <b>катіон <math>\text{Pb}^{2+}</math></b> |                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |  |  |
| 1                                         | Хлоридна кислота<br>$\text{HCl}$             | До 1-2 крапель розчину солі плюмбум(II) додають 2-3 краплі розчину $\text{HCl}$ . До утвореного осаду додають 5-8 крапель дистильованої води і нагрівають на водяній бані до розчинення цього осаду. Якщо розчин охолодити, знову випадає осад $\text{PbCl}_2$ .                                                                           |  |  |
| 2.                                        | Сульфатна кислота<br>$\text{H}_2\text{SO}_4$ | До 2 крапель розчину солі плюмбум(II) додають 2-3 краплі розчину $\text{H}_2\text{SO}_4$ .                                                                                                                                                                                                                                                 |  |  |
| 3                                         | Калій йодид<br>$\text{KI}$                   | До 1-2 крапель розчину солі плюмбум(II), підкисленого ацетатною кислотою, додають 3-4 краплі розчину $\text{KI}$ . Утворюється осад. До осаду додають 8-10 крапель дистильованої води, нагрівають до повного розчинення і охолоджують.                                                                                                     |  |  |
| 4                                         | Калій хромат<br>$\text{K}_2\text{CrO}_4$     | До 2 крапель розчину солі плюмбум(II) додають 2-3 краплі розчину $\text{K}_2\text{CrO}_4$ .                                                                                                                                                                                                                                                |  |  |
| 5                                         | Луги                                         | До 2 крапель розчину солі плюмбум(II) додають спочатку 1 краплю розчину лугу, потім надлишок лугу.                                                                                                                                                                                                                                         |  |  |

| катион $\text{Ag}^+$    |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |  |  |
|-------------------------|------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|
| 1                       | Хлоридна кислота<br>$\text{HCl}$         | До 2-3 крапель розчину солі аргентуму додають 2-3 краплі розчину $\text{HCl}$ . Випадає осад $\text{AgCl}$ , розчинність якого досліджують у водному розчині амоніаку: до осаду $\text{AgCl}$ додають 3-4 краплі водного розчину амоніаку. Осад розчиняється з утворенням комплексної сполуки $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{Cl}$ . Якщо до цього розчину додати концентрованої $\text{HNO}_3$ , то знову випадає осад $\text{AgCl}$ . |  |  |
| 2                       | Калій йодид<br>$\text{KI}$               | До 2-3 крапель розчину солі аргентуму додають 2-3 краплі розчину $\text{KI}$ .                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |  |  |
| 3                       | Калій хромат<br>$\text{K}_2\text{CrO}_4$ | До 1-2 крапель розчину солі аргентуму додають 2-3 краплі розчину $\text{K}_2\text{CrO}_4$ .                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |  |  |
| катион $\text{Hg}^{2+}$ |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |  |  |
| 1                       | Хлоридна кислота<br>$\text{HCl}$         | До 2-3 крапель розчину солі меркурію(I) додають 2-3 краплі розчину $\text{HCl}$ . Випадає осад $\text{Hg}_2\text{Cl}_2$ . Піпеткою відбирають рідину, а до осаду додають 3-4 краплі концентрованого водного розчину амоніаку.                                                                                                                                                                                                            |  |  |
| 2                       | Калій йодид<br>$\text{KI}$               | До 2 крапель розчину солі меркурію(I) додають 2-3 краплі розчину $\text{KI}$ .                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |  |  |
| 3                       | Калій хромат<br>$\text{K}_2\text{CrO}_4$ | До 1-2 крапель розчину солі меркурію(I) додають 2-3 краплі розчину $\text{K}_2\text{CrO}_4$ , нагрівають.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |  |  |

**3. Виконати аналіз розчину на суміш катіонів першої аналітичної групи, заповнити таблицю:**

| <i>Катіон</i> | <i>Реактив</i> | <i>Рівняння реакції в молекулярному, повному та скороченому йонному вигляді</i> | <i>Умови проведення</i> | <i>Аналітичний ефект реакції</i> |
|---------------|----------------|---------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|----------------------------------|
|               |                |                                                                                 |                         |                                  |
|               |                |                                                                                 |                         |                                  |
|               |                |                                                                                 |                         |                                  |

**4. Виконати аналіз розчину на суміш катіонів другої аналітичної групи, заповнити таблицю:**

| <i>Катіон</i> | <i>Реактив</i> | <i>Рівняння реакції в молекулярному, повному та скороченому йонному вигляді</i> | <i>Умови проведення</i> | <i>Аналітичний ефект реакції</i> |
|---------------|----------------|---------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|----------------------------------|
|               |                |                                                                                 |                         |                                  |
|               |                |                                                                                 |                         |                                  |
|               |                |                                                                                 |                         |                                  |

**5. Зробити висновок.**

Висновок:

---



---



---



---

### Тестові завдання

**1. Які катіони належать до першої аналітичної групи?**

- A.  $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $NH_4^+$
- B.  $H^+$ ,  $Na^+$ ,  $NH_4^+$
- C.  $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $H^+$
- D.  $Zn^{2+}$ ,  $Na^+$ ,  $NH_4^+$
- E.  $Ba^{2+}$ ,  $Na^+$ ,  $NH_4^+$

**2. Груповий реактив першої аналітичної групи катіонів:**

- A. NaOH
- B. H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>
- C. BaCl<sub>2</sub>
- D. KOH
- E. Відсутній

**3. Реакції, в результаті яких утворюються кристали певної форми, що розглядаються під мікроскопом, називаються**

- A. Мікрокристалоскопічними
- B. Вибірковими
- C. Індивідуальними
- D. Специфічними
- E. Груповими

**4. Осад якого кольору утворюється при дії натрій гексанітрокобальтату(III) на катіон калію?**

- A. Білий
- B. Чорний
- C. Жовтий
- D. Зелений
- E. Червоний

**5. Який катіон першої аналітичної групи визначають за допомогою калій гексагідроксистибіату(V)?**

- A. Na<sup>+</sup>
- B. Pb<sup>2+</sup>
- C. NH<sub>4</sub><sup>+</sup>
- D. K<sup>+</sup>
- E. Ag<sup>+</sup>

**6. Який реактив використовують для виявлення йона NH<sub>4</sub><sup>+</sup>?**

- A. Реактив Несслера
- B. Винна кислота
- C. Калій гексагідроксистибіат(V)
- D. Хлоридна кислота
- E. Цинк уранілацетат

**7. У який колір забарвлюють полум'я солі натрію?**

- A. Жовтий
- B. Червоний
- C. Жовто-зелений
- D. Блідо-фіолетовий
- E. Голубий

**8. У який колір забарвлюють полум'я солі Калію?**

- A. Жовтий
- B. Цегляно-червоний
- C. Жовто-зелений
- D. Блідо-фіолетовий
- E. Яскраво-зелений

**9. Чому аналіз суміші катіонів першої аналітичної групи починають з виявлення йона амонію?**

- A. Йон амонію створює кислотне середовище досліджуваного розчину
- B. Йон амонію має різкий запах
- C. Йон амонію створює лужне середовище досліджуваного розчину
- D. Йон амонію заважає виявленню йонів калію і натрію
- E. Всі солі амонію є розчинними

**10. Як відокремлюють солі амонію від інших солей?**

- A. Дією лугів
- B. Дією кислот-окисників
- C. Прожарюванням суміші
- D. Фільтруванням
- E. Дією мінеральних кислот

**11. Які катіони належить до другої аналітичної групи?**

- A.  $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $NH_4^+$
- B.  $Pb^{2+}$ ,  $Ag^+$ ,  $Hg_2^{2+}$
- C.  $H^+$ ,  $Na^+$ ,  $NH_4^+$
- D.  $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $H^+$
- E.  $Pb^{2+}$ ,  $Ag^{2+}$ ,  $Hg^{2+}$

**12. Груповий реактив другої аналітичної групи:**

- A. HCl
- B.  $H_2SO_4$
- C. HClO
- D. KOH
- E. Відсутній

**13. Чим характеризується друга аналітична група катіонів?**

- A. Утворенням осаду при взаємодії з сульфатною кислотою
- B. Утворенням осаду при взаємодії з розчином амоніаку
- C. Розчинністю хлоридів у гарячій воді
- D. Утворенням осаду при взаємодії з хлоридною кислотою
- E. Відсутністю групового реактиву

**14. Яку з перелічених сполук можна розчинити в гарячій воді?**

- A.  $PbCl_2$
- B. AgCl
- C.  $PbSO_4$
- D. AgI
- E.  $Hg_2Cl_2$

**15. Осад якого кольору утворюється при дії калій йодиду на катіон ртуті(I)?**

- A. Жовтого
- B. Цегляно-червоного
- C. Чорного
- D. Болотно-зеленого
- E. Білого

**16. У якому реактиві розчиняється осад AgCl?**

- A. У розчині хлоридної кислоти
- B. У воді
- C. У розчині амоніаку
- D. У розчині луку

Е. У розчині нітратної кислоти

**17. Який з гідроксидів катіонів першої та другої аналітичних груп має амфотерні властивості?**

А. Плюмбум(II) гідроксид

В. Аргентум(I) гідроксид

С. Меркурій(I) гідроксид

Д. Натрій гідроксид

Е. Калій гідроксид

**18. З яким реактивом катіон аргентуму(I) утворює цегляно-червоний осад?**

А. KI

В. HCl

В.  $K_2CrO_4$

С.  $NH_3$

Д. KCl

**19. Якщо до жовтого осаду катіонів II аналітичної групи долити води, нагріти до повного розчинення осаду і швидко охолодити, то знову випадає осад, тепер уже у вигляді блискучих золотистих кристалів. Про який осад іде мова?**

А.  $PbI_2$

В. AgCl

С.  $Hg_2Cl_2$

Д.  $Ag_2CrO_4$

Е.  $Pb(OH)_2$

**20. До аналізованого розчину додали розчин HCl, випав білий осад. При обробці осаду розчином амоніаку осад почорнів. Про присутність яких катіонів в аналізованому розчині це свідчить?**

А.  $K^+$

В.  $Pb^{2+}$

С.  $Na^+$

Д.  $Hg_2^{2+}$

Е.  $Ag^+$

### Питання для самоконтролю

1. Які сполуки катіонів першої аналітичної групи використовуються в медицині?
2. Які реактиви придатні для виявлення йона калію?
3. Який реактив використовують для виявлення йона натрію за допомогою мікрокристалоскопічної реакції? Напишіть рівняння цієї реакції.
4. Які йони першої аналітичної групи заважають виявленню йона  $K^+$ ?
5. Опишіть, як виявити йон амонію за допомогою лугу.
6. Який йон виявляють спочатку при аналізі суміші катіонів першої аналітичної групи?
7. Яким способом можна видалити солі амонію з досліджуваного розчину? Як перевіряють повноту видалення солей амонію з досліджуваного розчину?
8. Напишіть рівняння реакції взаємодії йона  $NH_4^+$  з реактивом Несслера.
9. Чи можна дробним методом виявити йон  $K^+$ ?
10. У який колір забарвлюють полум'я солі натрію і калію?
11. Складіть схему ходу аналізу суміші катіонів:
  - а)  $NH_4^+$ ,  $K^+$ ;
  - б)  $K^+$ ,  $Na^+$ ;

в)  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Na}^+$ .

12. Які катіони відносяться до другої аналітичної групи? Чи має ця група груповий реактив?
13. Чим відрізняються катіони другої аналітичної групи від першої?
14. Складіть рівняння реакцій катіонів другої аналітичної групи з:
  - а) груповим реагентом;
  - в) гідроксидом натрію (калію).
15. Як можна відокремити йон  $\text{Pb}^{2+}$  від йонів  $\text{Ag}^+$  і  $\text{Hg}_2^{2+}$ ?
16. Напишіть рівняння реакцій виявлення йона  $\text{Ag}^+$ .
17. Напишіть рівняння реакцій виявлення йона  $\text{Hg}_2^{2+}$ .
18. Напишіть рівняння реакції взаємодії  $\text{AgCl}$  з  $\text{NH}_4\text{OH}$ . Як у цьому розчині виявити йон аргентуму?
19. Яке забарвлення мають осад, що утворюються, якщо на кожен катіон другої групи подіяти  $\text{K}_2\text{CrO}_4$ ? Напишіть рівняння реакцій.
20. Який з хлоридів катіонів другої аналітичної групи добре розчинний у гарячій воді?
21. Як можна виявити йон  $\text{Hg}_2^{2+}$  за наявності йонів  $\text{Ag}^+$  і  $\text{Pb}^{2+}$ ?
22. Запропонуйте схему аналізу, коли присутні такі йони:
  - а)  $\text{Pb}^{2+}$ ,  $\text{Ag}^+$ ;
  - б)  $\text{Ag}^+$ ,  $\text{Hg}_2^{2+}$ ;
  - в)  $\text{Pb}^{2+}$ ,  $\text{Hg}_2^{2+}$ .

## ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ №2

### ТЕМА: ТРЕТЯ ТА ЧЕТВЕРТА АНАЛІТИЧНІ ГРУПИ КАТІОНІВ

**Мета:** Проробити і вивчити дію групового реактиву сульфатної кислоти на катіони барію і кальцію, їхні якісні реакції; виконати аналіз розчину на суміш катіонів третьої аналітичної групи.

Проробити і вивчити дію групового реактиву натрій гідроксиду на катіони хрому(III), алюмінію і цинку, їхні якісні реакції; виконати аналіз розчину на суміш катіонів четвертої аналітичної групи.

#### Обладнання робочого місця:

1. Розчини солей:  $\text{BaCl}_2$ ,  $\text{CaCl}_2$ ,  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ ,  $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$ ,  $\text{K}_2\text{CrO}_4$ ,  $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ ,  $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ ,  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ,  $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ ,  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ,  $\text{CH}_3\text{COONa}$ ,  $\text{CrCl}_3$ ,  $\text{ZnCl}_2$ ,  $\text{AlCl}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3(\text{нас.})$ .
2. Розчини:  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{NH}_4\text{OH}$ ,  $\text{NaOH}$ ,  $\text{CH}_3\text{COOH}$ ,  $\text{H}_2\text{O}_2$ .
3. Суха сіль  $\text{NH}_4\text{Cl}$ .
4. Алізарин.
5. Етиловий спирт.
6. Штатив з пробірками.
7. Водяна баня.
8. Центрифуга.
9. Досліджувані розчини на катіони третьої та четвертої аналітичних груп.

#### Конкретні цілі:

- знати характерні реакції катіонів  $\text{Ba}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ , особливості їхнього осадження груповим реактивом;
- знати хід аналізу суміші катіонів третьої аналітичної групи;
- виконувати якісні реакції катіонів третьої групи, аналізувати розчин на сумісну присутність цих йонів;
- знати характерні реакції катіонів  $\text{Cr}^{3+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$ , особливості дії надлишку лугу на розчин солей катіонів четвертої групи;
- знати хід аналізу суміші катіонів четвертої аналітичної групи;
- виконувати якісні реакції четвертої аналітичної групи, аналізувати розчин на сумісну присутність цих йонів.

### Третя аналітична група катіонів

#### Характеристика групи

До третьої аналітичної групи належать катіони  $\text{Ca}^{2+}$  та  $\text{Ba}^{2+}$ . Ці катіони є безбарвними. Галогеніди, нітрати й ацетати йонів  $\text{Ba}^{2+}$  і  $\text{Ca}^{2+}$  добре розчинні у воді. Сульфати цих металів малорозчинні у воді, тому сульфатну кислоту застосовують як груповий реактив для осадження йонів  $\text{Ba}^{2+}$  і  $\text{Ca}^{2+}$  у вигляді сульфатів. При додаванні сульфатної кислоти до суміші катіонів третьої групи осад  $\text{BaSO}_4$  виділяється відразу, а  $\text{CaSO}_4$  – тільки з концентрованих розчинів солей кальцію. Осадження  $\text{CaSO}_4$  завжди буває неповним.

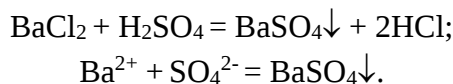
Гідроксиди цих металів є сильними основами (лугами).

Солі кальцію і барію часто зустрічаються в природі. Солі кальцію зумовлюють твердість (жорсткість) води. Кальцій входить до складу кісток людини і тварини. Він знижує збудження нервової системи і м'язової тканини, впливає на покращення згортання крові. Сполуки кальцію і барію входять до складу багатьох фармацевтичних препаратів. кальцій сульфат (гіпс) використовують в хірургічній практиці, а також для виготовлення зубних порошоків. Кальцій хлорид, кальцій лактат і кальцій глюконат застосовують як протизапальні, протиалергійні та кровоспинні препарати. Барій сульфат, який не пропускає рентгенівських променів, використовують у рентгеноскопічному дослідженні шлунка і кишечника.

## ЗМІСТ РОБОТИ

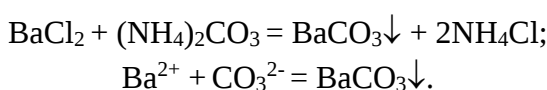
### *Реакції іонів Ba<sup>2+</sup>*

**1. Сульфатна кислота (розведена) та розчинні сульфати** осаджують з розчинів солей барію білий дрібнокристалічний осад BaSO<sub>4</sub>, який практично не розчиняється у воді:



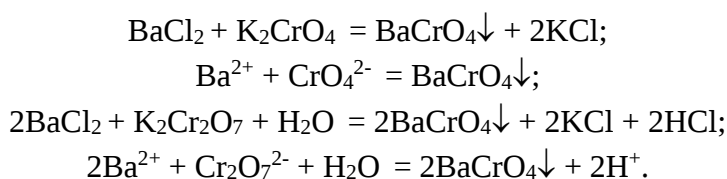
Осад BaSO<sub>4</sub> не розчиняється ні в кислотах, ні в лугах. Реакція є фармакопейною. Перебігу реакції заважають йони Ca<sup>2+</sup>.

**2. Амоній карбонат** осаджує з нейтральних або лужних розчинів солей барію білий аморфний осад BaCO<sub>3</sub>, який під час нагрівання переходить у кристалічний:



Карбонат барію розчиняється в ацетатній і мінеральних (окрім H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) кислотах.

**3. Калій хромат K<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub> або дихромат K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>** утворюють з іоном Ba<sup>2+</sup> жовтий кристалічний осад BaCrO<sub>4</sub>, нерозчинний в ацетатній (на відміну від хроматів кальцію), але розчинний у мінеральних кислотах:



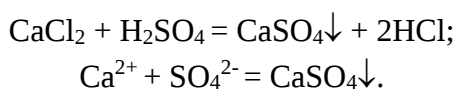
BaCrO<sub>4</sub> розчиняється в сильних кислотах, і тому реакція не йде до кінця, оскільки сильна кислота HCl, яка утворюється внаслідок реакції, частково розчиняє осад BaCrO<sub>4</sub>. Якщо до розчину додати натрій ацетат, то хлоридна кислота буде заміщена слабкою ацетатною кислотою і реакція перебігатиме до кінця.

Цю реакцію використовують для виявлення і відокремлення йона Ba<sup>2+</sup> від йона Ca<sup>2+</sup>.

**4. Реакція забарвлення полум'я.** Леткі солі барію забарвлюють полум'я газового пальника в жовто-зелений колір.

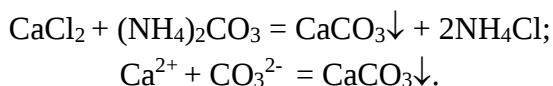
### *Реакції іонів Ca<sup>2+</sup>*

**1. Сульфатна кислота та розчинні сульфати** осаджують йон Ca<sup>2+</sup> лише з концентрованих розчинів солей Кальцію, утворюючи білий осад CaSO<sub>4</sub>.



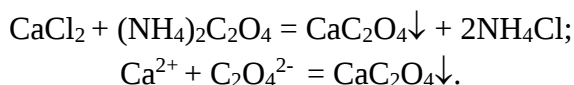
Для зменшення розчинності CaSO<sub>4</sub> у воді, слід додавати етиловий спирт або ацетон.

**2. Амоній карбонат** з іоном Ca<sup>2+</sup> утворює білий аморфний осад CaCO<sub>3</sub>. Осадження необхідно вести з амоніачного середовища:



Кальцій карбонат є розчинним в ацетатній кислоті та мінеральних кислотах.

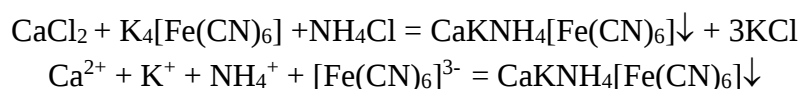
**3. Амоній оксалат** утворює з іоном  $\text{Ca}^{2+}$  білий дрібнокристалічний осад  $\text{CaC}_2\text{O}_4$ :



Осад  $\text{CaC}_2\text{O}_4$  розчиняється у мінеральних кислотах, але не розчиняється в ацетатній кислоті. Реакції заважають йони  $\text{Ba}^{2+}$ . Ця реакція має фармакопейне значення і є найбільш важливою на йон кальцію.

**4. Мікрокристалоскопічна реакція.** До краплі розчину солі кальцію, що знаходиться на предметному склі, додають краплю розчину сульфатної кислоти і злегка випаровують на водяній бані. Утворені кристали розглядають під мікроскопом. Для йона  $\text{Ca}^{2+}$  характерні голкоподібні кристали гіпсу  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ .

**5. Калій гексаціаноферат(II) (жовта кров'яна сіль)  $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$**  з солями кальцію утворює в слаболужному середовищі білий кристалічний осад, нерозчинний в ацетатній кислоті:



Реакцію проводять за відсутності солей барію.

**6. Реакція забарвлення полум'я.** Леткі солі кальцію забарвлюють полум'я газового пальника в цегляно-червоний колір.

### Аналіз суміші катіонів третьої аналітичної групи

Аналіз катіонів третьої аналітичної групи можна здійснити без їх осадження груповим реактивом – сульфатною кислотою.

*Попередні випробування.* Виявленню йона  $\text{Ca}^{2+}$  заважає йон  $\text{Ba}^{2+}$ , тому його необхідно осадити і відокремити за допомогою  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ .

*Відокремлення і виявлення йона  $\text{Ba}^{2+}$ .* До 5-7 крапель досліджуваного розчину додають 2-3 краплі натрій ацетату, 7-10 крапель  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  і нагрівають. Якщо випаде жовтий осад (1)  $\text{BaCrO}_4$ , то це свідчить, що в розчині є йон  $\text{Ba}^{2+}$ . Суміш відокремлюють на центрифугу і перевіряють повноту осадження барію, додаючи до цієї суміші ще кілька крапель розчину  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ . Якщо осад  $\text{BaCrO}_4$  у разі додавання  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  більше не утворюється, то досягнута повнота осадження. У розчині 1 знаходяться йони  $\text{Ca}^{2+}$  і  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ .

Осад 1  
 $\text{BaCrO}_4$

Розчин 1  
 $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$

*Відокремлення і виявлення йона  $\text{Ca}^{2+}$ .* Розчин 1 переносять у центрифужну пробірку, додають кілька кристалів сухого  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ . Якщо випадає білий осад, то його 2-3 рази промивають 5-6 краплями дистильованої води і відокремлюють за допомогою центрифуги. Розчин 2 не аналізують.

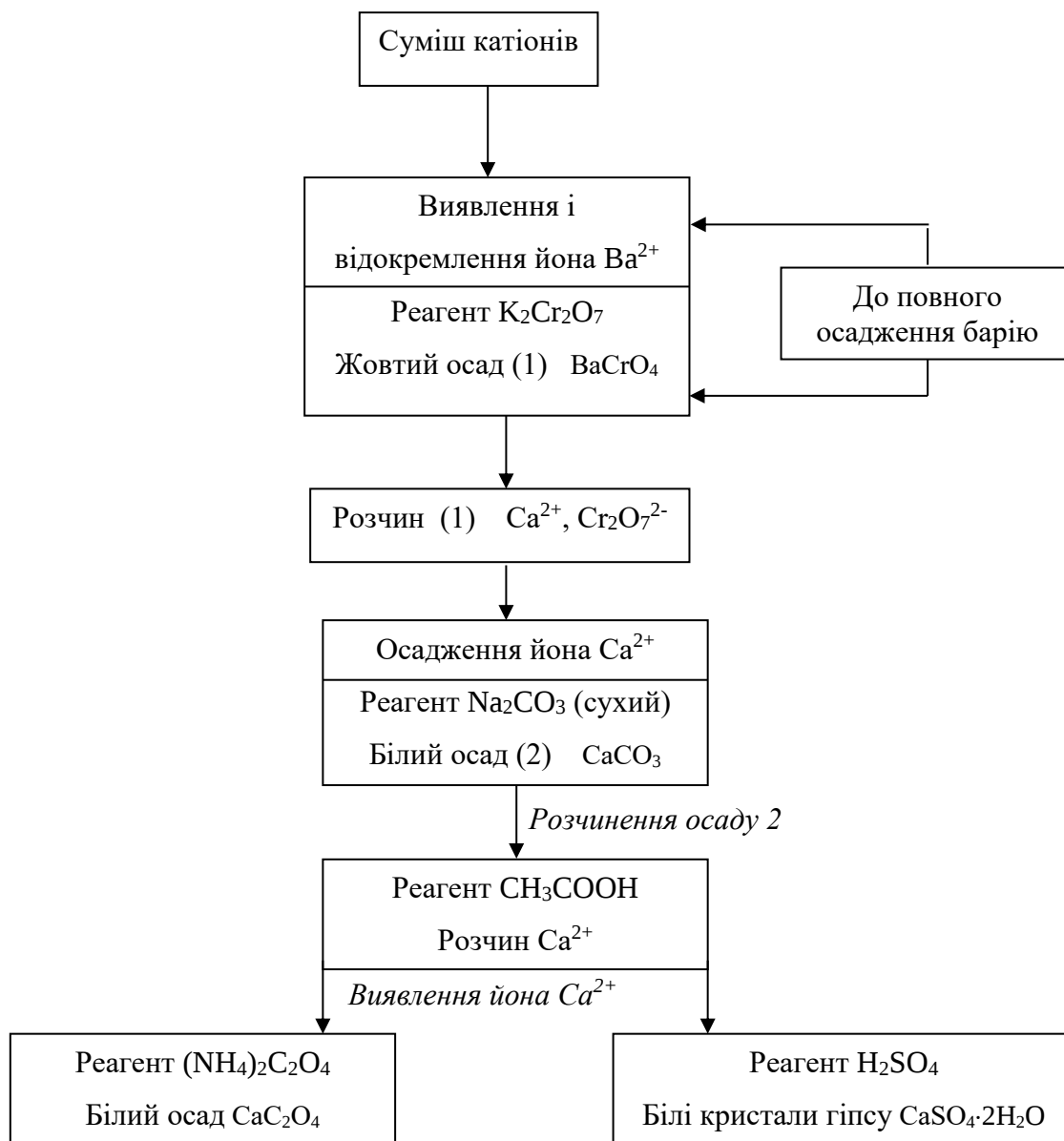
Осад 2  
 $\text{CaCO}_3$

Розчин 2  
Не аналізують

Осад 2 розчиняють у 3-4 краплях ацетатної кислоти і виявляють йон  $\text{Ca}^{2+}$  за допомогою  $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$  або мікрокристалоскопічною реакцією (утворення кристалів гіпсу  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ).

Осад 3  
 $\text{CaC}_2\text{O}_4$   
 $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

**Схема 3. Аналіз суміші катіонів третьої аналітичної групи**



### **Четверта аналітична група катіонів**

#### **Характеристика групи**

Сульфати, хлориди, нітрати, броміди й йодиди йонів  $\text{Cr}^{3+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$  добре розчинні у воді. Йони  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$  є безбарвними, а сполуки  $\text{Cr(III)}$  забарвлені в зелений колір.

Гідроксиди катіонів четвертої групи малорозчинні і характеризуються амфотерними властивостями, тобто розчиняються і в лугах, і в кислотах. Цю властивість гідроксидів використовують у систематичному ході аналізу для відокремлення катіонів четвертої групи від катіонів п'ятої і шостої аналітичних груп.

Груповим реагентом для йонів  $\text{Cr}^{3+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$  є натрій гідроксид, який використовується у

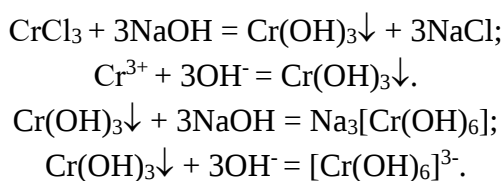
надлишку. Йони  $\text{Cr}^{3+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$  мають здатність до утворення комплексних сполук. Сполуки хрому мають змінну ступінь окиснення і тому реакції окиснення і відновлення часто використовують для виявлення і відокремлення йона хрому.

Сполуки катіонів цієї групи входять до складу багатьох лікарських препаратів. Гідроксид алюмінію  $\text{Al}(\text{OH})_3$  є добрим адсорбентом і його часто використовують для зовнішніх присипок і під час отруєння шлунково-кишкового тракту. Галун  $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$  застосовують як кровоспинний засіб. Із цинк сульфату виготовляють краплі для лікування очей; оксид цинку  $\text{ZnO}$  є складовою частиною різних мазей, які використовуються у дерматології.

## Зміст роботи

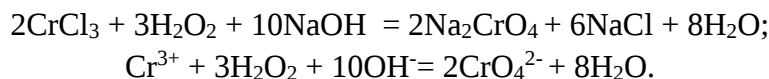
### Реакції йонів $\text{Cr}^{3+}$

**1. Сильні луги ( $\text{NaOH}$ ,  $\text{KOH}$ )** з йоном  $\text{Cr}^{3+}$  утворюють сіро-зелений осад хром(III) гідроксиду  $\text{Cr}(\text{OH})_3$ , який має амфотерні властивості:



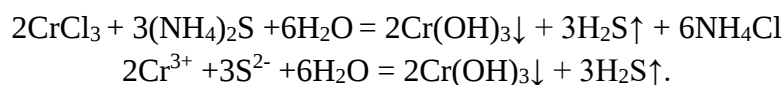
Спостерігається утворення осаду  $\text{Cr}(\text{OH})_3\downarrow$ , а потім розчиненням його у надлишку лугу.

**2. Гідроген пероксид  $\text{H}_2\text{O}_2$**  в лужному середовищі окиснює йон  $\text{Cr}^{3+}$  до хромат-іону  $\text{CrO}_4^{2-}$ . Реакція перебігає зі зміною забарвлення від зеленого до жовтого .



Спостерігається утворення жовтого забарвлення.

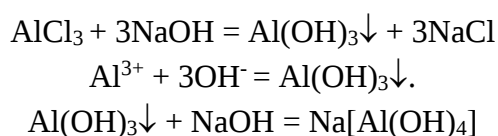
**3. Амоній сульфід  $(\text{NH}_4)_2\text{S}$**  утворює з солями Хрому(III) сіро-зелений осад хром(III)гідроксиду:



При цьому виділяється газ з різким запахом – сірководень.

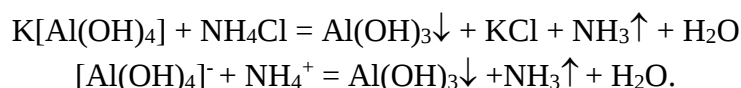
### Реакції йонів $\text{Al}^{3+}$

**1. Сильні луги ( $\text{NaOH}$ ,  $\text{KOH}$ )** утворюють білий аморфний осад алюміній гідроксиду. Цей осад добре розчиняється у надлишку лугу і мінеральних кислотах:



Спочатку утворюється осад, а потім розчиняється у надлишку лугу, тобто  $\text{Al}(\text{OH})_3$  також має амфотерні властивості.

**2. Сухий амоній хлорид  $\text{NH}_4\text{Cl}$**  осаджує гідроксид алюмінію із розчину гідроксосоли алюмінію:



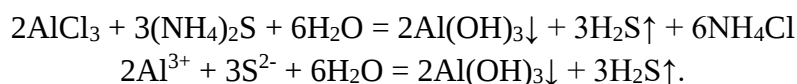
Спостерігається виділення осаду  $\text{Al}(\text{OH})_3$ .

**3. Алізарин** з йоном  $\text{Al}^{3+}$  утворює комплексну сполуку яскраво-червоного забарвлення  $\text{Al}(\text{OH})[\text{C}_{14}\text{H}_5\text{O}_2(\text{OH})_2\text{SO}_3]_2$ .

Це одна з найчутливіших реакцій на йон  $\text{Al}^{3+}$ .

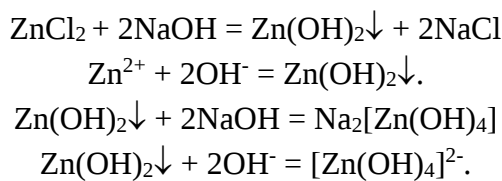
Випадає червоний осад («алюмінієвий лак») або розчин забарвлюється в червоний колір.

**4. Амоній сульфід  $(\text{NH}_4)_2\text{S}$**  утворює з солями алюмінію білий осад алюміній гідроксиду:



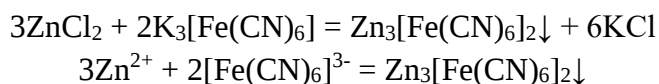
### *Реакції йонів $\text{Zn}^{2+}$*

**1. Сильні луги ( $\text{NaOH}$ ,  $\text{KOH}$ )** осаджують йон  $\text{Zn}^{2+}$  у вигляді гідроксиду  $\text{Zn}(\text{OH})_2$ , розчинного у надлишку лугу і кислотах, тобто  $\text{Zn}(\text{OH})_2$  має амфотерні властивості:



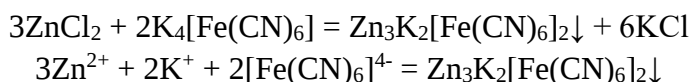
Спочатку утворюється білий осад, який розчиняється у надлишку лугу.

**2. Калій гексаціаноферат(III) (червона кров'яна сіль)  $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$**  з солями цинку дає жовто-коричневий осад цинк гексаціаноферату(III), розчинний в хлоридній кислоті і розчині амоніаку:



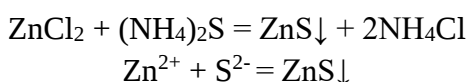
Реакція є специфічною. Випадає жовто-коричневий осад.

**3. Калій гексаціаноферат(II) (жовта кров'яна сіль)  $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$**  з солями цинку дає білий осад цинк-калій гексаціаноферату(II):



Реакція є специфічною, дає змогу відрізнити йони  $\text{Zn}^{2+}$  від йонів  $\text{Al}^{3+}$ , причому йони  $\text{Cr}^{3+}$  не впливають на перебіг реакції. Випадає білий осад.

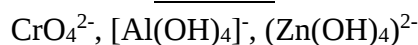
**4. Амоній сульфід  $(\text{NH}_4)_2\text{S}$**  у нейтральних розчинах утворює з солями цинку білий аморфний осад цинк сульфиду:



### Аналіз суміші катіонів четвертої аналітичної групи

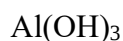
*Виявлення йона  $Cr^{3+}$ .* До 5-10 крапель досліджуваного розчину додають 3-5 крапель розчину NaOH, 5-10 крапель 3%-ного розчину  $H_2O_2$  і нагрівають на водяній бані до припинення виділення бульбашок газу. За цих умов хром (III) окиснюється до йона  $CrO_4^{2-}$ .

#### Розчин 1



*Відокремлення і виявлення йона  $Al^{3+}$ .* До розчину 1 додають сухий  $NH_4Cl$ , перемішують і нагрівають на водяній бані до появи запаху амоніаку. Якщо є йон  $Al^{3+}$ , випадає білий осад  $Al(OH)_3$  (осад 1). Суміш центрифугують.

#### Осад 1



#### Розчин 2



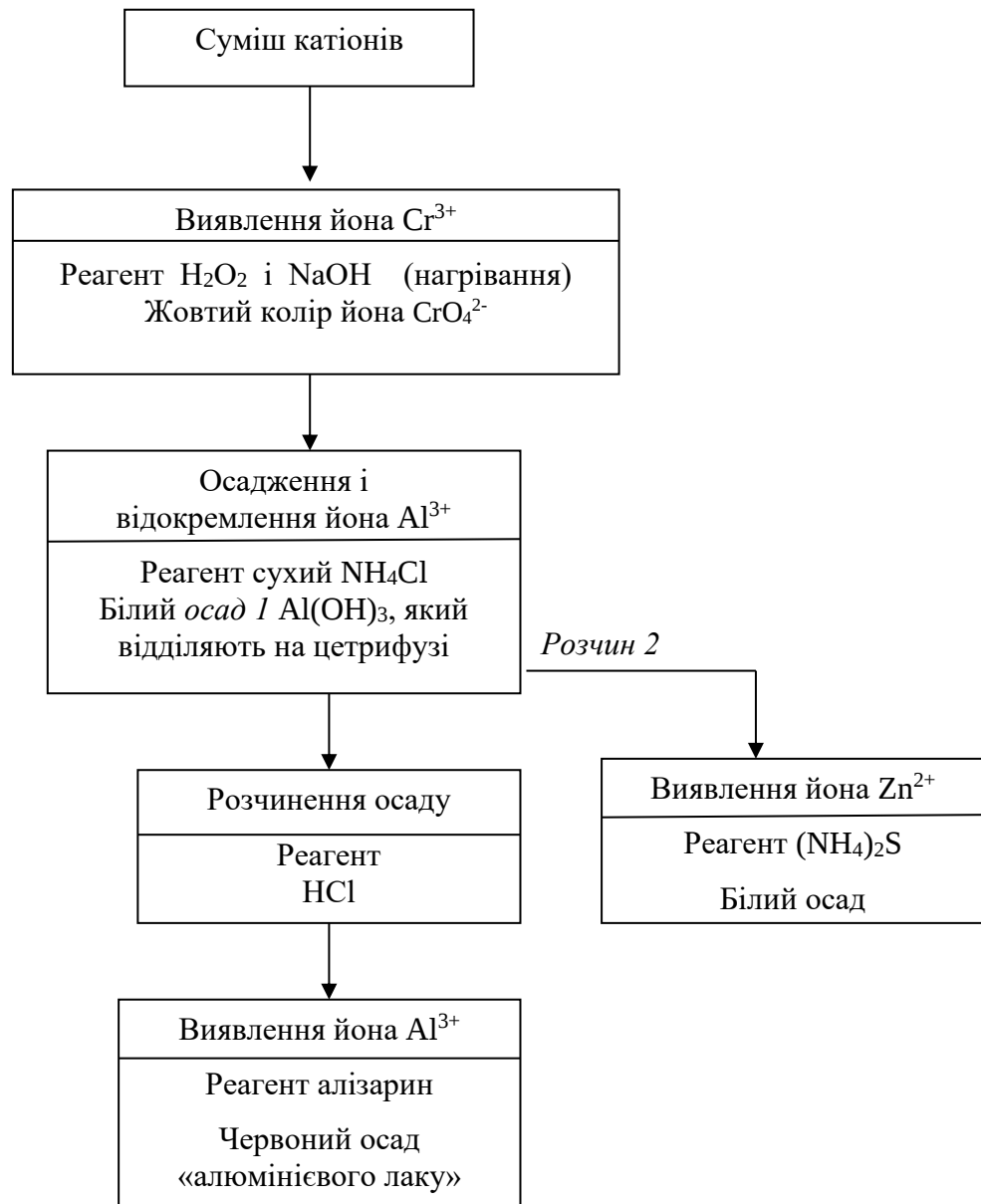
Розчин 2 зберігають для виявлення йона  $Zn^{2+}$ , а осад 1  $Al(OH)_3$  промивають розбавленим розчином амоніаку. До промитого осаду  $Al(OH)_3$  додають 3-5 крапель розчину HCl і отримують (розчин 3). До 2-3 крапель цього розчину додають краплями водний розчин амоніаку до слабколужної реакції, нагрівають і додають 3-5 крапель алізарину. Якщо є йон  $Al^{3+}$ , утворюється «алюмінієвий лак» червоного кольору.

#### Розчин 3



*Відокремлення і виявлення йона  $Zn^{2+}$ .* До розчину 2, що вміщує йони  $CrO_4^{2-}$ ,  $[Zn(NH_3)_4]^{2-}$  та інші додають краплями розчин  $(NH_4)_2S$ . Випадання білого осаду свідчить про наявність йонів Цинку.

**Схема 4. Аналіз суміші катіонів четвертої аналітичної групи**



#### **Хід роботи**

##### **1. Виконати реакції ідентифікації катіонів:**

1. якісні реакції на катіони третьої аналітичної групи  $\text{Ba}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ .
2. якісні реакції на катіони четвертої аналітичної групи  $\text{Cr}^{3+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ .

2. Спостереження та рівняння реакцій записати у таблицю:

| №                                      | Реагент                                 | Методика виконання реакції ідентифікації на йони                                                                                                                                                   | Характеристика і властивості одержаної речовини | Рівняння реакції |
|----------------------------------------|-----------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|------------------|
| <b>Третя аналітична група катіонів</b> |                                         |                                                                                                                                                                                                    |                                                 |                  |
| <b>катіон <math>Ba^{2+}</math></b>     |                                         |                                                                                                                                                                                                    |                                                 |                  |
| 1                                      | Сульфатна кислота<br>$H_2SO_4$          | До 1-2 крапель розчину солі барію додають 2-3 краплі розчину $H_2SO_4$ .                                                                                                                           |                                                 |                  |
| 2                                      | Амоній карбонат<br>$(NH_4)_2CO_3$       | До 1-2 крапель розчину солі барію додають 2-3 краплі розчину $(NH_4)_2CO_3$ .                                                                                                                      |                                                 |                  |
| 3                                      | Калій хромат або біхромат<br>$K_2CrO_4$ | До 1-2 крапель розчину солі барію додають 1-2 краплі розчину натрій ацетату і 2-3 краплі розчину $K_2CrO_4$ .                                                                                      |                                                 |                  |
| 4                                      | Реакція забарвлення полум'я             | Сіль барію змочують хлоридною кислотою і вносять в основу полум'я на тонкій платиновій дротинці, а потім переносять в зону з найвищою температурою.                                                |                                                 |                  |
| <b>катіон <math>Ca^{2+}</math></b>     |                                         |                                                                                                                                                                                                    |                                                 |                  |
| 1                                      | Сульфатна кислота<br>$H_2SO_4$          | До 1-2 крапель розчину солі кальцію додають 2-3 краплі розчину $H_2SO_4$ і 5-6 крапель етилового спирту.                                                                                           |                                                 |                  |
| 2                                      | Амоній карбонат<br>$(NH_4)_2CO_3$       | До 1-2 крапель розчину солі кальцію додають 2-3 краплі розчину амоній карбонату і 1 краплю розведеного розчину амоніаку.                                                                           |                                                 |                  |
| 3                                      | Амоній оксалат<br>$(NH_4)_2C_2O_4$      | До 1-2 крапель розчину солі кальцію додають 2-3 краплі розчину амоній оксалату і нагрівають                                                                                                        |                                                 |                  |
| 4                                      | Мікрокристало-скопічна реакція          | До краплі розчину солі кальцію, що знаходиться на предметному склі, додають краплю розчину сульфатної кислоти і злегка випаровують на водяній бані. Утворені кристали розглядають під мікроскопом. |                                                 |                  |

|                                           |                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                             |  |  |
|-------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|
| 5                                         | Калій<br>гексаціано-<br>ферат(II) (жовта<br>кров'яна сіль)<br>$K_4[Fe(CN)_6]$ | У пробірку поміщають 2 краплі розчину кальцій хлориду, 2 краплі розчину амоній хлориду і 2 краплі розчину амоніаку до лужної реакції; нагрівають на водяній бані. До гарячого розчину додають 5-6 крапель розчину жовтої кров'яної солі і знову нагрівають. |  |  |
| 6                                         | Реакція<br>забарвлення<br>полум'я.                                            | Сіль кальцію змочують хлоридною кислотою і вносять в основу полум'я на тонкій платиновій дротинці, а потім переносять в зону з найвищою температура.                                                                                                        |  |  |
| <b>Четверта аналітична група катіонів</b> |                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                             |  |  |
| <b>катіон <math>Cr^{3+}</math></b>        |                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                             |  |  |
| 1                                         | Сильні луги<br>(NaOH, KOH)                                                    | До 2 крапель розчину солі хрому(III) додають 1 краплю розчину лугу NaOH (KOH), а потім ще кілька крапель.                                                                                                                                                   |  |  |
| 2                                         | Гідроген<br>пероксид $H_2O_2$                                                 | До 2 крапель розчину хром(III) хлориду додають 3-4 краплі розчину NaOH, 3-4 краплі 3% розчину $H_2O_2$ і нагрівають.                                                                                                                                        |  |  |
| 3                                         | Амоній сульфід<br>$(NH_4)_2S$                                                 | До 2 крапель розчину хром(III) хлориду додають 2 краплі розчину амоній сульфід.                                                                                                                                                                             |  |  |
| <b>катіон <math>Al^{3+}</math></b>        |                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                             |  |  |
| 1                                         | Сильні луги<br>(NaOH, KOH)                                                    | До 2-3 крапель розчину солі алюмінію додають краплю розчину NaOH, а потім ще 2-3 краплі цього ж розчину.                                                                                                                                                    |  |  |
| 2                                         | Сухий амоній<br>хлорид $NH_4Cl$                                               | До 2-3 крапель розчину солі алюмінію додають надлишок розчину лугу до розчинення гідроксиду алюмінію. До одержаного розчину вносять кілька кристалів сухого амоній хлориду, перемішують, нагрівають на водяній бані                                         |  |  |

|                                           |                                                                                          |                                                                                                                                                |  |  |
|-------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|
| 3                                         | Алізарин                                                                                 | До 2-3 крапель розчину солі алюмінію додають водний розчин амоніаку до слабколужної реакції, суміш нагрівають і додають 3-5 крапель алізарину. |  |  |
| 4                                         | Амоній сульфід $(\text{NH}_4)_2\text{S}$                                                 | До 2 крапель розчину солі алюмінію додають 2 краплі розчину амоній сульфиду.                                                                   |  |  |
| <b>катион <math>\text{Zn}^{2+}</math></b> |                                                                                          |                                                                                                                                                |  |  |
| 1                                         | Сильні луги $(\text{NaOH}, \text{KOH})$                                                  | До 2-3 крапель розчину цинк хлориду додають краплю розчину $\text{NaOH}$ , а потім ще 2-3 краплі цього розчину.                                |  |  |
| 2                                         | Калій гексаціано-ферат(III) (червона кров'яна сіль) $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ | До двох крапель досліджуваного розчину солі цинку додають дві краплі реактиву.                                                                 |  |  |
| 3                                         | Калій гексаціано-ферат(II) (жовта кров'яна сіль) $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$    | До 2 крапель розчину солі цинку додають 2 краплі реактиву і нагрівають.                                                                        |  |  |
| 4                                         | Амоній сульфід $(\text{NH}_4)_2\text{S}$                                                 | До 2 крапель розчину солі цинку додають 2 краплі реактиву.                                                                                     |  |  |

**3. Виконати аналіз розчину на суміш катіонів третьої аналітичної групи, заповнити таблицю:**

| <i>Катіон</i> | <i>Реактив</i> | <i>Рівняння реакції в молекулярному, повному та скороченому йонному вигляді</i> | <i>Умови проведення</i> | <i>Аналітичний ефект реакції</i> |
|---------------|----------------|---------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|----------------------------------|
|               |                |                                                                                 |                         |                                  |
|               |                |                                                                                 |                         |                                  |
|               |                |                                                                                 |                         |                                  |
|               |                |                                                                                 |                         |                                  |

**4. Виконати аналіз розчину на суміш катіонів четвертої аналітичної групи, заповнити таблицю:**

| <i>Катіон</i> | <i>Реактив</i> | <i>Рівняння реакції в молекулярному, повному та скороченому йонному вигляді</i> | <i>Умови проведення</i> | <i>Аналітичний ефект реакції</i> |
|---------------|----------------|---------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|----------------------------------|
|               |                |                                                                                 |                         |                                  |
|               |                |                                                                                 |                         |                                  |
|               |                |                                                                                 |                         |                                  |
|               |                |                                                                                 |                         |                                  |

**5. Зробити висновок.**

Висновок:

---



---



---



---



---

**Тестові завдання**

**1. До третьої аналітичної групи належать катіони:**

- A.  $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $NH_4^+$
- B.  $Pb^{2+}$ ,  $Ag^+$ ,  $Hg_2^{2+}$
- C.  $H^+$ ,  $Na^+$ ,  $NH_4^+$
- D.  $Ba^{2+}$  і  $Ca^{2+}$
- E.  $Pb^{2+}$ ,  $Ba^{2+}$  і  $Ca^{2+}$

**2. Груповий реактив третьої аналітичної групи:**

- A. HCl
- B.  $H_2SO_4$
- C.  $NH_4OH$
- D. KOH
- E. Відсутній

**3. Яку речовину додають до осаду кальцій сульфату, щоб зменшити його розчинність?**

- A. Дистильовану воду
- B. Етиловий спирт
- C. Хлоридну кислоту
- D. Бензен
- E. Розчин амоніаку

**4. За допомогою якого реактиву можна виявити йон барію в присутності йона кальцію?**

- A.  $K_2CrO_4$
- B.  $H_2SO_4$
- C.  $(NH_4)_2CO_3$
- D.  $(NH_4)_2C_2O_4$
- E.  $K[Sb(OH)_6]$

**5. Укажіть ознаку мікрокристалоскопічної реакції йонів кальцію з сульфатною кислотою:**

- A. Жовті октаедри
- B. Білі голчасті кристали
- C. Білі зірочки
- D. Чорні кристали кубічної форми
- E. Жовті кристали кубічної форми

**6. Вкажіть колір осаду, який утворюється при взаємодії кальцій нітрату з амоній оксалатом:**

- A. Жовтий
- B. Блідо-зелений
- C. Білий
- D. Цегляно-червоний
- E. Болотно-зелений

**7. У який колір забарвлюють полум'я солі барію?**

- A. Жовтий
- B. Червоний
- C. Жовто-зелений
- D. Блідо-фіолетовий
- E. Яскраво-зелений

**8. Полум'я пальника в присутності солей невідомого катіона забарвлюється в цегляно-червоний колір. Який це катіон?**

- A. Калію
- B. Кальцію
- C. Натрію
- D. Алюмінію
- E. Цинку

**9. Який реактив можна використати для відокремлення йона  $Ba^{2+}$  від йона  $Ca^{2+}$ ?**

- A.  $K_2Cr_2O_7$
- B.  $H_2SO_4$
- C.  $K_4[Fe(CN)_6]$
- D.  $NaOH$
- E.  $HCl$

**10. Укажіть речовину, у якій розчиняється осад  $CaCO_3$ :**

- A. Натрій гідроксид
- B. Гаряча вода
- C. Ацетатна кислота
- D. Калій хромат
- E. Калій гідроксид

**11. До четвертої аналітичної групи належать катіони:**

- A.  $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $NH_4^+$
- B.  $Pb^{2+}$ ,  $Ag^+$ ,  $Hg_2^{2+}$
- C.  $H^+$ ,  $Na^+$ ,  $NH_4^+$

- D.  $\text{Ba}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$   
E.  $\text{Cr}^{3+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$

**12. Груповий реактив четвертої аналітичної групи:**

- A.  $\text{HCl}$   
B.  $\text{NaOH}$  (надлишок)  
C.  $\text{BaCl}_2$   
D.  $\text{H}_2\text{SO}_4$   
E.  $\text{AgNO}_3$

**13. За допомогою якого реактиву можна виявити катіон  $\text{Cr(III)}$ , не відокремлюючи його від інших катіонів?**

- A.  $\text{H}_2\text{O}_2$   
B.  $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$   
C. Алізарин  
D.  $\text{K}_2\text{CrO}_4$   
E.  $(\text{NH}_4)_2\text{S}$

**14. Які катіони четвертої групи знаходяться у розчині, якщо під дією розчину натрій гідроксиду утворюється сіро-зелений осад, розчинний у надлишку реагенту?**

- A.  $\text{Zn}^{2+}$   
B.  $\text{Ba}^{2+}$   
C.  $\text{Ca}^{2+}$   
D.  $\text{Al}^{3+}$   
E.  $\text{Cr}^{3+}$

**15. Яка спільна властивість сполук катіонів четвертої групи об'єднує їх в одну аналітичну групу?**

- A. Розчинність гідроксидів у кислотах  
B. Нерозчинність солей у воді  
C. Добра розчинність деяких солей  
D. Амфотерність гідроксидів  
E. Розчинність гідроксидів у надлишку розчину амоніаку

**16. Які з катіонів четвертої аналітичної групи є безбарвними?**

- A.  $\text{Cr}^{3+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$   
B.  $\text{Cr}^{3+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$   
C.  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$   
D. лише  $\text{Zn}^{2+}$   
E.  $\text{Cr}^{3+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$

**17. Який реагент використовують для виявлення йона  $\text{Al}^{3+}$  крапельним методом?**

- A.  $\text{H}_2\text{SO}_4$   
B. Гаряча вода  
C.  $\text{BaCl}_2$   
D.  $\text{H}_2\text{O}_2$   
E. Алізарин

**18. У результаті проведення якісної реакції на катіон  $\text{Zn}^{2+}$  випав жовто-коричневий осад. Який реагент для цього використали?**

- A. Натрій гідроксид в надлишку  
B. Калій гексаціаноферат(III)  
C. Калій гексаціаноферат(II)  
D. Амоній сульфід  
E. Натрій сульфід

**19. Осад якого кольору утворюється при дії групового реактиву на катіон алюмінію?**

- A. Червоний
- B. Сіро-зелений
- C. Жовтий
- D. Білий
- E. Чорний

**20. Укажіть правильне твердження щодо осаду, який утворився в результаті дії групового реактиву на розчин солі цинку:**

- A. Осад розчинний у надлишку лугу
- B. Осад нерозчинний у надлишку лугу
- C. Осад нерозчинний у хлоридній кислоті
- D. Осад має зелене забарвлення
- E. Осад розчиняється при нагріванні

#### **Питання для самоконтролю**

1. Назвіть катіони, які відносяться до третьої аналітичної групи і напишіть рівняння реакцій взаємодії цих катіонів з груповим реактивом.
2. Якою найхарактернішою реакцією можна виявити йон  $\text{Ba}^{2+}$ ?
3. Якими характерними реакціями можна виявити йон  $\text{Ca}^{2+}$ ?
4. Які йони заважають виявленню йона Кальцію розчином  $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$ ?
5. Як можна відокремити йон  $\text{Ba}^{2+}$  від йона  $\text{Ca}^{2+}$ ?
6. Яку речовину використовують для зменшення розчинності сульфатів катіонів третьої аналітичної групи?
7. Як можна виявити йон  $\text{Ca}^{2+}$  дробним методом?
8. Де в медицині застосовують солі барію та кальцію?
9. Назвіть катіони, які відносяться до четвертої аналітичної групи і напишіть рівняння реакцій взаємодії цих катіонів з груповим реактивом.
10. Які властивості мають гідроксиди катіонів четвертої аналітичної групи?
11. Як можна виявити йон  $\text{Cr}^{3+}$  з досліджуваного розчину, не відокремлюючи його від інших катіонів?
12. Напишіть характерні реакції для виявлення йона  $\text{Zn}^{2+}$ .
13. Напишіть найважливіші реагенти, за допомогою яких можна виявити йон  $\text{Al}^{3+}$ .
14. Яка реакція є найбільш чутливою для виявлення йонів  $\text{Al}^{3+}$ ?
15. Які сполуки катіонів четвертої аналітичної групи використовуються в медицині?

## ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ №3

### ТЕМА: П'ЯТА ТА ШОСТА АНАЛІТИЧНІ ГРУПИ КАТІОНІВ

**Мета:** Проробити і вивчити дію групового реактиву розчину натрій гідроксиду та характерні реакції катіонів феруму(II), феруму(III), мангану(II), магнію, дослідити розчин на присутність цих йонів.

Проробити і вивчити дію групового реактиву розчину амоніаку та якісні реакції катіонів меркурію(II), купруму(II), дослідити розчин на присутність цих йонів.

#### Обладнання робочого місця

1. Розчини солей:  $\text{CuSO}_4$ ,  $\text{FeSO}_4$ ,  $\text{FeCl}_3$ ,  $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ ,  $\text{MgSO}_4$ ,  $\text{MnSO}_4$ ,  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ,  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ ,  $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ ,  $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{SnCl}_2$ ,  $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ ,  $\text{KI}$ .
2. Розчини:  $\text{NaOH}$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{H}_2\text{O}_2$ ,  $\text{NH}_4\text{OH}$ .
3. Концентрований розчин  $\text{HNO}_3$ .
4. Сухий  $\text{PbO}_2$ .
5. Штатив з пробірками.
6. Водяна баня.
7. Центрифуга.
8. Досліджувані розчини на катіони п'ятої та шостої аналітичних груп.

#### Конкретні цілі:

- знати характерні реакції катіонів  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ;
- знати хід аналізу суміші катіонів п'ятої аналітичної групи та аналізувати розчини на сумісну присутність цих йонів.
- знати характерні реакції катіонів  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Hg}^{2+}$  та особливості осадження їх груповим реактивом;
- виконувати якісні реакції катіонів п'ятої та шостої аналітичних груп;
- знати хід аналізу суміші катіонів шостої аналітичної групи, аналізувати розчини на сумісну присутність цих йонів.

### П'ята аналітична група катіонів

#### Характеристика групи

До п'ятої аналітичної групи катіонів входять  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ . Йони  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  є безбарвними, йон  $\text{Fe}^{2+}$  забарвлений у блідо-зелений колір, а  $\text{Fe}^{3+}$  – у коричневий. Нітрати, сульфати і хлориди цих катіонів добре розчинні у воді. Гідроксиди катіонів п'ятої аналітичної групи – це малорозчинні сполуки, які не розчиняються у надлишку сильних лугів  $\text{NaOH}$  ( $\text{KOH}$ ), оскільки не є амфотерними. Цією властивістю вони відрізняються від катіонів четвертої аналітичної групи. Окрім того, ці гідроксиди також не розчиняються у надлишку водного розчину амоніаку. Цим вони відрізняються від катіонів шостої аналітичної групи.

Груповим реагентом для катіонів  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  є сильні луги.

Йони  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$  мають здатність утворювати комплексні сполуки. Цю властивість застосовують в аналізі для виявлення даних йонів. Елементи п'ятої аналітичної групи ферум та манган мають змінну ступінь окиснення, тому таку властивість також використовують в ході аналізу для виявлення і відокремлення цих йонів.

Сполуки феруму, мангану, магнію відіграють важливу роль у життєдіяльності людського організму. Загальний вміст феруму в організмі становить 4-5 г. Ферум входить до складу гемоглобіну, міоглобіну, еритроцитів, нервових клітин і деяких ферментів, а також знаходиться у печінці.

Йони мангану беруть участь в обміні вуглеводів, вони необхідні для росту та утворення кісток, збереження репродуктивної функції організму, активують деякі ферменти, сприяють синтезу вітаміну С та обміну вітамінів групи В і Е.

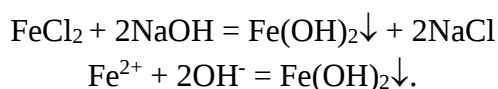
Кількість магнію в природній воді визначає її жорсткість. Солі магнію входять до складу хлорофілу. магній в організмі людини підтримує ритм роботи серця, міститься в основному в кістковій тканині, внутрішньоклітинних рідинах, емалі зубів. Залежно від концентрації в організмі магній може прискорювати або гальмувати процес передавання імпульсів по нервових волокнах.

Сполуки магнію застосовують при захворюванні шлунково-кишкового тракту, а магній сульфат – як проносний засіб. Розчин калій перманганату  $\text{KMnO}_4$  широко використовують у медичній практиці як антисептичний засіб. Препарати, до складу яких входить ферум, застосовують при зниженні кількості гемоглобіну в крові (анемії).

## ЗМІСТ РОБОТИ

### *Реакції йонів $\text{Fe}^{2+}$*

**1. Сильні луги ( $\text{KOH}$ ,  $\text{NaOH}$ )** осаджують йон  $\text{Fe}^{2+}$  у вигляді гідроксиду феруму(II) блідо-зеленого кольору:

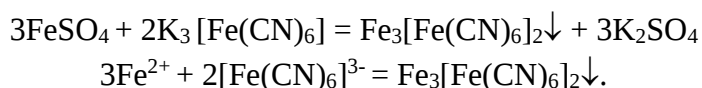


Осад на повітрі поступово змінює забарвлення на буре, бо за цих умов він окиснюється до ферум(III) гідроксиду:



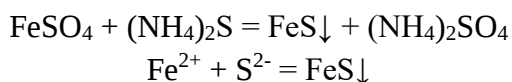
Осад  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  розчиняється в кислотах і не розчиняється в надлишку лугу.

**2. Калій гексацианоферат(III) (червона кров'яна сіль)  $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$**  утворює з йоном  $\text{Fe}^{2+}$  темно-синій осад  $\text{Fe}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]_2$ , так звану «турнбулеву синь»:



Реакція має фармакопейне значення.

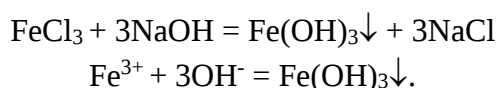
**3. Амоній сульфід  $(\text{NH}_4)_2\text{S}$**  осаджує йони феруму(II) у вигляді чорного осаду:



Осад розчиняється в розбавлених мінеральних кислотах.

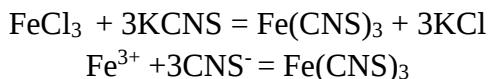
### *Реакції йонів $\text{Fe}^{3+}$*

**1. Сильні луги ( $\text{KOH}$ ,  $\text{NaOH}$ )** осаджують  $\text{Fe}^{3+}$  у вигляді ферум(III) гідроксиду  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ , який є бурим драглистим осадом:



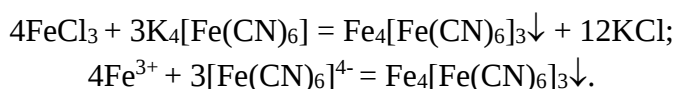
Осад добре розчиняється в мінеральних кислотах, однак за звичайних умов не розчиняється в надлишку реактиву.

**2. Калій або амоній тіоціанат (KSCN або NH<sub>4</sub>SCN)** при взаємодії з йоном Fe<sup>3+</sup> в кислотному середовищі утворює ферум(III) тіоціанат криваво-червоного забарвлення:



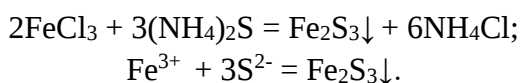
Реакція специфічна і дуже чутлива.

**3. Калій гексаціаноферат(II) (жовта кров'яна сіль) K<sub>4</sub>[Fe(CN)<sub>6</sub>]** з йоном Fe<sup>3+</sup> утворює темно-синій осад, так звану «берлінську блакить»:



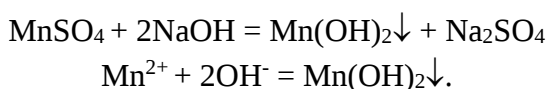
Осад Fe<sub>4</sub>[Fe(CN)<sub>6</sub>]<sub>3</sub> не розчиняється в розведених мінеральних кислотах. Луги розкладають Fe<sub>4</sub>[Fe(CN)<sub>6</sub>]<sub>3</sub>, утворюючи Fe(OH)<sub>3</sub>. Виконанню цієї реакції перешкоджають окисники, які також взаємодіють з цим реактивом.

**4. Амоній сульфід (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>S** утворює з солями феруму(III) чорний осад ферум(III) сульфід, розчинний в розбавлених мінеральних кислотах:

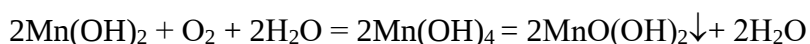


### ***Реакції йонів Mn<sup>2+</sup>***

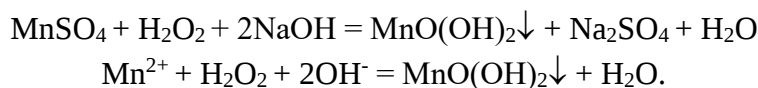
**1. Сильні луги (KOH, NaOH)** з йоном Mn<sup>2+</sup> утворюють білий осад манган(II) гідроксиду.



Осад Mn(OH)<sub>2</sub> нестійкий і при окисненні на повітрі швидко буріє з утворенням MnO(OH)<sub>2</sub>:

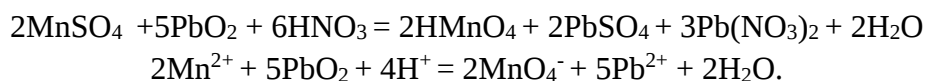


**2. Гідроген пероксид (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>)** окиснює йон Mn<sup>2+</sup> в лужному середовищі до MnO(OH)<sub>2</sub>.



Випадає бурий осад MnO(OH)<sub>2</sub>.

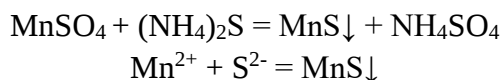
**3. Плюмбум(IV) оксид (PbO<sub>2</sub>)** окиснює йон Mn<sup>2+</sup> у кислому середовищі до йона MnO<sub>4</sub><sup>-</sup>, що має характерне малинове забарвлення:



Реакцію проводять при нагріванні за наявності концентрованої нітратної кислоти. Після відстоювання розчин забарвлюється в малиновий колір, характерний для йона MnO<sub>4</sub><sup>-</sup>. Реакція є

специфічною і дає можливість виявити йони  $Mn^{2+}$  за наявності інших катіонів.

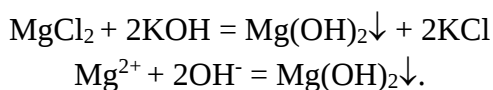
**4. Амоній сульфід  $(NH_4)_2S$**  утворює з солями мангану(II) осад тілесного кольору, розчинний в мінеральних кислотах:



Осад розчиняється в мінеральних кислотах і темніє на повітрі внаслідок окиснення.

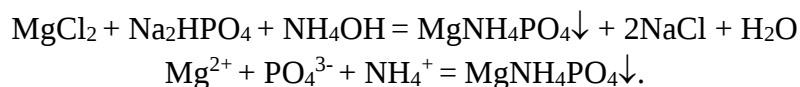
### ***Реакції йонів $Mg^{2+}$***

**1. Сильні луги (KOH, NaOH)** осаджують йон  $Mg^{2+}$  у вигляді білого аморфного осаду магній гідроксиду:



Гідроксид магнію розчиняється не лише в мінеральних кислотах, а й у солях амонію. Реакцію можна використати для відокремлення йонів  $Mg^{2+}$  від йонів  $Na^+$  і  $K^+$ .

**2. Натрій або амоній гідрогенфосфат  $(Na_2HPO_4)$**  за наявності водного розчину  $NH_3$  і амоній хлориду осаджує йон  $Mg^{2+}$  у вигляді білого кристалічного осаду магній-амоній фосфату  $MgNH_4PO_4$ .



Сіль  $NH_4Cl$  добавляють для того, щоб при дії  $NH_4OH$  запобігти утворенню малорозчинного осаду  $Mg(OH)_2$ .

Реакції заважають всі інші катіони п'ятої аналітичної групи. Ця реакція є фармакопейною, досить чутливою і використовується для визначення йонів  $Mg^{2+}$  у крові.

### ***Аналіз суміші катіонів п'ятої аналітичної групи***

*Попередні випробовування.* Оскільки виявленню йонів  $Fe^{2+}$ ,  $Fe^{3+}$  і  $Mn^{2+}$  не заважають катіони інших груп, їх можна виявити дробним методом, відбираючи окремо порцію розчину для кожного йона.

*Виявлення йона  $Fe^{2+}$*  за допомогою червоної кров'яної солі  $K_3[Fe(CN)_6]$ . Для цього відбирають 2-3 краплі досліджуваного розчину і додають 3-4 краплі розчину  $K_3[Fe(CN)_6]$ . Якщо є йон  $Fe^{2+}$ , утворюється осад «турнбулевої сині»  $Fe_3[Fe(CN)_6]_2$ .

*Виявлення йона  $Fe^{3+}$*  за допомогою жовтої кров'яної солі  $K_4[Fe(CN)_6]$ . Відбирають 2-3 краплі досліджуваного розчину і додають 3-4 краплі реагенту  $K_4[Fe(CN)_6]$ . Якщо є йон  $Fe^{3+}$ , утворюється осад «берлінської блакиті»  $Fe_4[Fe(CN)_6]_3$ . Цей йон можна також виявити за допомогою розчину  $NH_4CNS$ . За наявності йона  $Fe^{3+}$  утворюється червоне забарвлення.

*Виявлення йона  $Mn^{2+}$ .* Проводять реакцію окиснення його в кислому середовищі за допомогою  $PbO_2$ . Для цього відбирають піпеткою 1-2 краплі досліджуваного розчину, додають 2-3 краплі концентрованої нітратної кислоти, трошки  $PbO_2$  і нагрівають на водяній бані. Якщо є йон  $Mn^{2+}$ , розчин над осадом забарвлюється у малиново-фіолетовий колір, характерний для йона  $MnO_4^-$ .

*Осадження катіонів п'ятої групи.* Виявленню йона  $Mg^{2+}$  заважатимуть йони  $Fe^{2+}$ ,  $Fe^{3+}$  і  $Mn^{2+}$ , їх необхідно осадити груповим реактивом (NaOH або KOH). До 10-15 крапель досліджуваного розчину, що знаходиться у центрифужній пробірці додають краплями розчину NaOH до лужної реакції і ще 5-

6 крапель 3% розчину гідроген пероксиду, перемішують і нагрівають на водяній бані до припинення виділення газу. Суміш центрифугують. Центрифугат (розчин 1) не аналізують.

Осад 1, що складається з  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ,  $\text{MnO}(\text{OH})_2$ ,  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  промивають гарячою водою, до якої попередньо додали декілька крапель розчину  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ .

Осад 1  
 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ,  $\text{MnO}(\text{OH})_2$ ,  $\text{Mg}(\text{OH})_2$

Розчин 1  
Не аналізують

*Відокремлення йона  $\text{Mg}^{2+}$ .* До осаду 1 додають 5-6 крапель розчину амоній хлориду і акуратно перемішують скляною паличкою. За цих умов магній гідроксид розчиняється і йон  $\text{Mg}^{2+}$  переходить в розчин 2. Суміш центрифугують і в прозорому розчині 2 визначають йон  $\text{Mg}^{2+}$  за допомогою  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ .

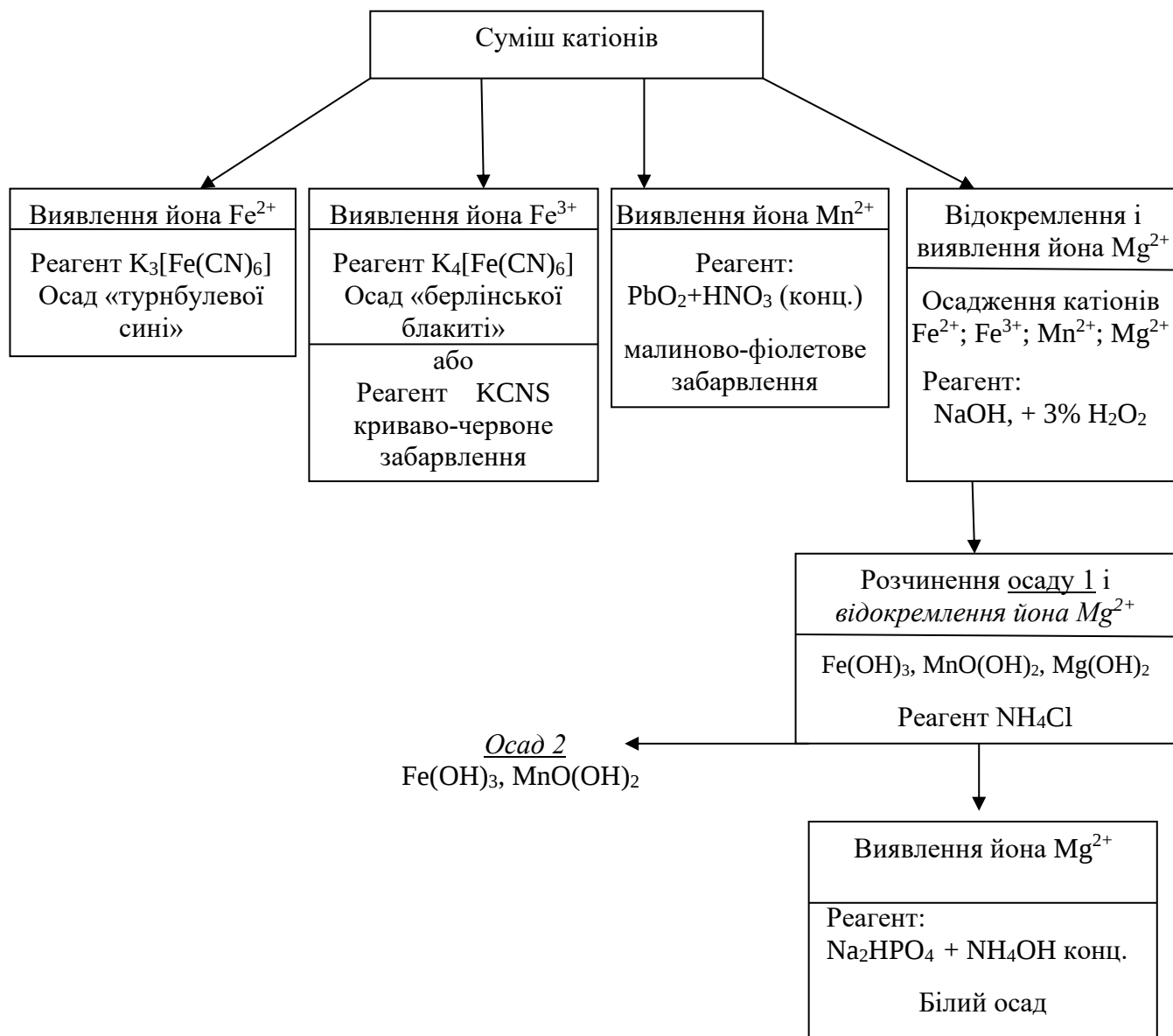
Осад 2  
 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ,  $\text{MnO}(\text{OH})_2$

Розчин 2  
йон  $\text{Mg}^{2+}$

*Виявлення йона  $\text{Mg}^{2+}$ .* Розчин 2 переносять у пробірку, додають 3 краплі натрій гідрогенфосфату і 2 краплі концентрованого розчину амоніаку, збовтують розчин і потирають стінки пробірки скляною паличкою. Випадання білого осаду свідчить про присутність йонів  $\text{Mg}^{2+}$ .

В осаді 2 залишається  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  і  $\text{MnO}(\text{OH})_2$ . З цього осаду можна ще раз перевірити наявність йона мангану. Розчинити осад в  $\text{HNO}_3$  і виявити йон  $\text{Mn}^{2+}$  за згаданою вище реакцією.

#### Схема 5. Аналіз суміші катіонів п'ятої аналітичної групи



## Шоста аналітична група катіонів

### Характеристика групи

До шостої аналітичної групи входять катіони  $\text{Cu}^{2+}$  і  $\text{Hg}^{2+}$ . Хлориди, сульфати і нітрати купруму(II) і меркурію(II) добре розчинні у воді. Розчини солей купруму(II) забарвлені в голубий колір. Гідроксиди  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  і  $\text{Hg}(\text{OH})_2$  є нестійкими і розкладаються на оксид і воду:  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  – при нагріванні, а  $\text{Hg}(\text{OH})_2$  – при звичайній температурі.

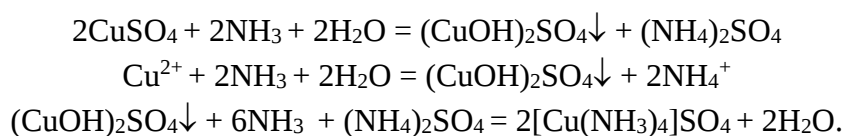
Груповим реактивом на катіони шостої аналітичної групи є водний розчин амоніаку. Спочатку утворюється купрум(II) гідроксид і амідосполука меркурію(II), які потім розчиняються у надлишку реагенту з утворенням відповідних аміакатів  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$  і  $[\text{Hg}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ . Для катіонів шостої аналітичної групи характерні реакції окиснення і відновлення, які використовують для виявлення йонів  $\text{Cu}^{2+}$  і  $\text{Hg}^{2+}$ .

Купрум відноситься до числа мікроелементів, тобто малі кількості цього елементу необхідні для нормальної життєдіяльності живих організмів. Йони  $\text{Cu}^{2+}$  входять до складу ферментів, беруть участь в процесах тканинного дихання, росту та кровотворення, впливають на синтез в організмі гемоглобіну, впливають на обмін цукрів та жирів. Вони також посилюють опір організму до дії деяких факторів навколишнього середовища.

Йони  $\text{Hg}^{2+}$  характеризуються високою токсичністю. меркурій(II) хлорид (сулема) використовується в медицині для дезінфекції білизни і приміщень.

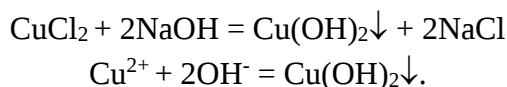
### Реакції йонів $\text{Cu}^{2+}$

**1. Водний розчин амоніаку** осаджує йон  $\text{Cu}^{2+}$  у вигляді голубого осаду основних солей, який добре розчиняється у надлишку реагенту з утворенням комплексних сполук (аміакатів) волошкового кольору:



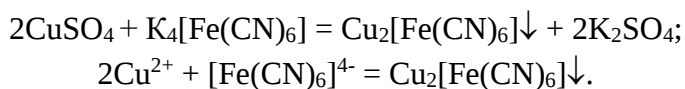
Осад  $(\text{CuOH})_2\text{SO}_4$ , розчиняється у надлишку реагенту й утворюється аміакат купруму(II), забарвлений у волошковий колір.

**2. Сильні луги (NaOH, KOH)** осаджують йон  $\text{Cu}^{2+}$  у вигляді нерозчинного у воді осаду купруму(II) гідроксиду  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  блакитного кольору:



Осад  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  частково розчиняється у надлишку лугу з утворенням гідроксокомплексів.

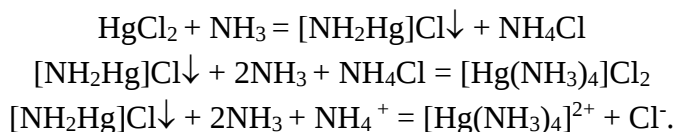
**3. Калій гексаціаноферат(II)  $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  (жовта кров'яна сіль)** у нейтральному і слабколужному середовищі з йоном  $\text{Cu}^{2+}$  утворює червоно-бурий осад купрум(II) гексаціаноферату(II)  $\text{Cu}_2[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ :



Осад не розчиняється в розбавлених мінеральних кислотах, але може розчинитися під дією концентрованого розчину амоній гідроксиду.

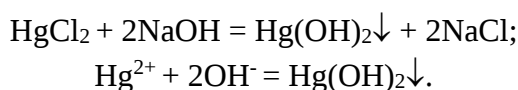
## Реакції йонів $\text{Hg}^{2+}$

**1. Водний розчин амоніаку** з йоном  $\text{Hg}^{2+}$  утворює амідосполуку  $\text{HgNH}_2\text{Cl}$  білого кольору, нерозчинну у воді, але добре розчинну у надлишку реагенту:

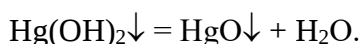


Білий осад  $\text{HgNH}_2\text{Cl}$  повільно розчиняється в надлишку реагенту з утворенням безбарвної комплексної сполуки тетраамінмеркурій(II) хлориду  $[\text{Hg}(\text{NH}_3)_4]\text{Cl}_2$ .

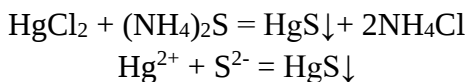
**2. Сильні луги (NaOH, KOH)** осаджують йон  $\text{Hg}^{2+}$  у вигляді нерозчинного у воді осаду меркурій(II) гідроксиду  $\text{Hg}(\text{OH})_2$ :



Спочатку утворюється білий осад  $\text{Hg}(\text{OH})_2$ , який є дуже нестійким і зразу розпадається на меркурій(II) оксид  $\text{HgO}$  (жовтого кольору) і воду:

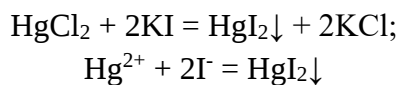


**3. Амоній сульфід  $(\text{NH}_4)_2\text{S}$**  осаджує з розчинів солей  $\text{Hg}^{2+}$  коричнево-чорний осад меркурій(II) сульфїду, нерозчинний у кислотах:

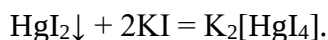


Утворений осад можна розчинити тільки в суміші хлоридної та нітратної кислот («царській воді»).

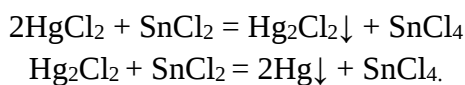
**4. Калій йодид KI** утворює з солями меркурію(II) червоний осад меркурій(II) йодиду:



Осад розчинний у надлишку реактиву з утворенням безбарвної комплексної солі калій тетраїодомеркурату(II):



**5. Станум (II) хлорид  $\text{SnCl}_2$**  відновлює йони  $\text{Hg}^{2+}$  до  $\text{Hg}_2^{2+}$ , з яких далі утворюється металічна ртуть:



При додаванні реактиву одержуємо білий осад  $\text{Hg}_2\text{Cl}_2$ . Якщо до осаду додати надлишок станум(II) хлориду, то спостерігають потемніння осаду.

### Аналіз суміші катіонів шостої аналітичної групи

*Попередні випробування.* До 3-4 крапель досліджуваного розчину краплями додають концентрованого водного розчину амоніаку до лужної реакції ( $\text{pH} \approx 9$ ), 4-5 крапель розчину  $\text{NH}_4\text{Cl}$  і акуратно перемішують. Якщо є йон  $\text{Cu}^{2+}$ , розчин забарвлюється в синій колір.

*Осадження йонів  $\text{Cu}^{2+}$  і  $\text{Hg}^{2+}$ .* У центрифужну пробірку відбирають 10-15 крапель досліджуваного розчину, додають 4-5 крапель розчину  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ . Суміш нагрівають на водяній бані до кипіння і центрифугують.

Осад 1  
 $\text{Cu}_2\text{S}, \text{HgS}, \text{S}$

Розчин 1  
Не аналізують

Осад 1 промивають 2-3 рази гарячою дистильованою водою.

*Відокремлення і виявлення йона  $\text{Cu}^{2+}$ .* До осаду 1 додають 5-6 крапель розчину  $\text{HNO}_3$  і нагрівають. Суміш центрифугують. В осаді 2 залишаються  $\text{HgS}$  і  $\text{S}$ , а в розчин переходить купрум (II) (розчин 2).

Осад 2  
 $\text{HgS}, \text{S}$

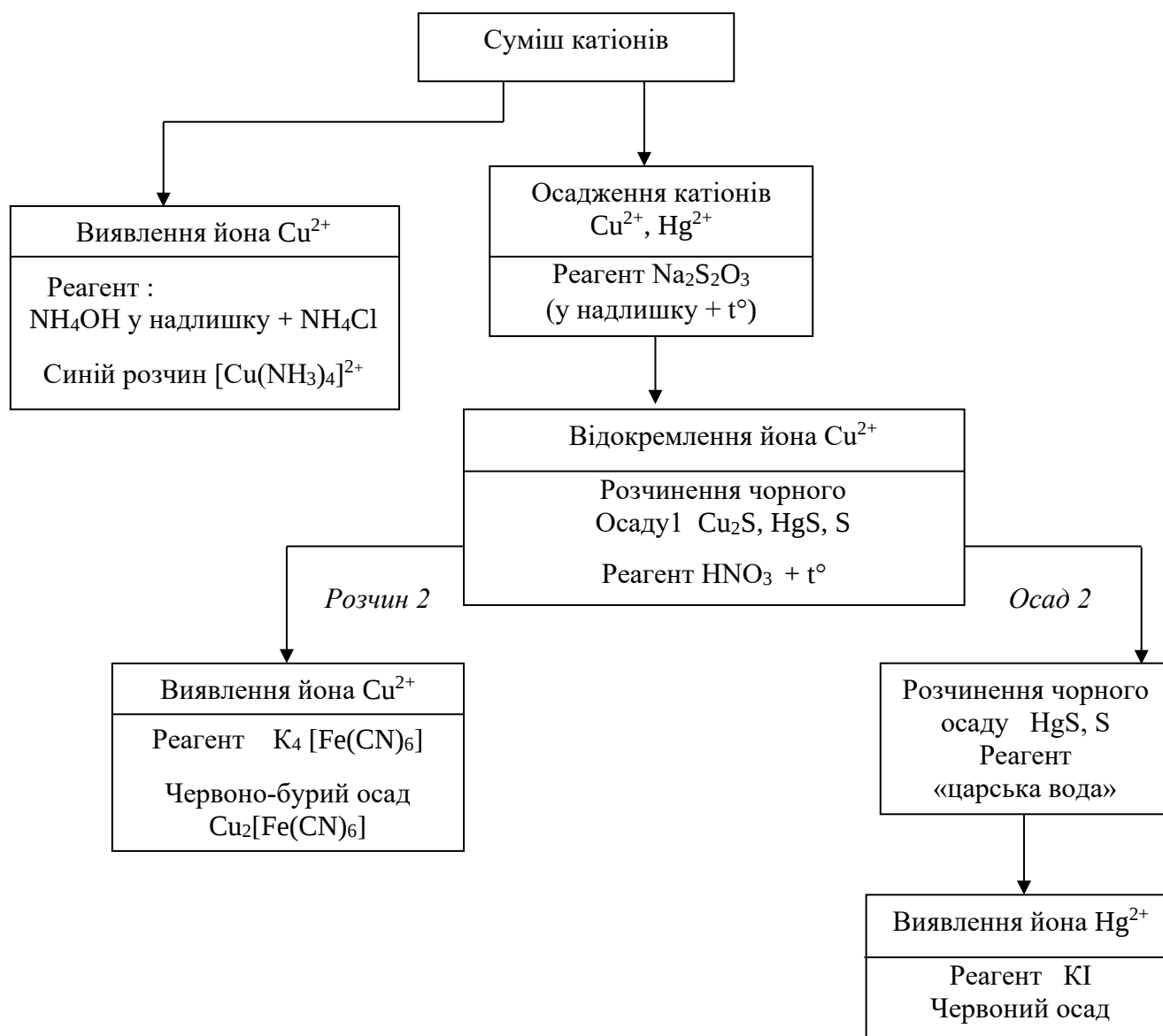
Розчин 2  
 $\text{Cu}^{2+}, \text{H}^+, \text{NO}_3^-$

У розчині виявляють йон  $\text{Cu}^{2+}$  за допомогою калій гексаціаноферату(II). Якщо є йон  $\text{Cu}^{2+}$ , то випадає червоно-бурий осад  $\text{Cu}_2[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ .

*Виявлення йона  $\text{Hg}^{2+}$ .* Осад 2 переносять у чашку, додають 5-6 крапель «царської води» (тяга!) і випаровують надлишок кислот, але не до сухого залишку. Потім охолоджують і додають кілька крапель дистильованої води. Йони  $\text{Hg}^{2+}$  виявляють за допомогою калій йодиду.

Якщо йон  $\text{Cu}^{2+}$  не виявлено, то йон  $\text{Hg}^{2+}$  не осаджують у вигляді  $\text{HgS}$ , а зразу виявляють з початкового розчину вже відомими реакціями.

**Схема 6. Аналіз суміші катіонів шостої аналітичної групи**



### Хід роботи

#### 1. Виконати реакції ідентифікації катіонів:

- якісні реакції на катіони п'ятої аналітичної групи  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ;
- якісні реакції на катіони шостої аналітичної групи  $\text{Cu}^{2+}$  і  $\text{Hg}^{2+}$

## 2. Спостереження та рівняння реакцій записати у таблицю:

| №                                         | Реагент                                                                                 | Методика виконання реакції ідентифікації на йони                                                                                          | Характеристика і властивості одержаної речовини | Рівняння реакції |
|-------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|------------------|
| <b>П'ята аналітична група катіонів</b>    |                                                                                         |                                                                                                                                           |                                                 |                  |
| <b>катіон <math>\text{Fe}^{2+}</math></b> |                                                                                         |                                                                                                                                           |                                                 |                  |
| 1                                         | Сильні луги ( $\text{NaOH}$ , $\text{KOH}$ )                                            | До 1-2 крапель розчину солі феруму(II) додають 2 краплі розчину $\text{NaOH}$ .                                                           |                                                 |                  |
| 2                                         | Калій гексаціаноферат(III) (червона кров'яна сіль) $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ | До 1-2 крапель розчину солі феруму(II) додають 2-3 краплі калій гексаціаноферату(III).                                                    |                                                 |                  |
| 3                                         | Амоній сульфід $(\text{NH}_4)_2\text{S}$                                                | До 2 крапель розчину солі феруму(II) додають 2 краплі розчину амоній сульфиду.                                                            |                                                 |                  |
| <b>катіон <math>\text{Fe}^{3+}</math></b> |                                                                                         |                                                                                                                                           |                                                 |                  |
| 1                                         | Сильні луги ( $\text{NaOH}$ , $\text{KOH}$ )                                            | До 1-2 крапель розчину солі феруму(III) додають 2 краплі розчину $\text{NaOH}$ .                                                          |                                                 |                  |
| 2                                         | Калій або амоній тіоціанат ( $\text{KSCN}$ або $\text{NH}_4\text{SCN}$ )                | До 1-2 крапель розчину солі феруму(III) додають 2-3 краплі калій тіоціанату.                                                              |                                                 |                  |
| 3                                         | Калій гексаціаноферат(II) $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$                          | До 1-2 крапель розчину ферум(III) хлориду додають 2-3 краплі розчину калій гексаціаноферату(II).                                          |                                                 |                  |
| 4                                         | Амоній сульфід $(\text{NH}_4)_2\text{S}$                                                | До 2 крапель розчину ферум(III) хлориду додають 2 краплі реактиву.                                                                        |                                                 |                  |
| <b>катіон <math>\text{Mn}^{2+}</math></b> |                                                                                         |                                                                                                                                           |                                                 |                  |
| 1                                         | Сильні луги ( $\text{NaOH}$ , $\text{KOH}$ )                                            | До 1-2 крапель розчину солі мангану(II) додають 2-3 краплі розчину $\text{NaOH}$ .                                                        |                                                 |                  |
| 2                                         | Гідроген пероксид ( $\text{H}_2\text{O}_2$ )                                            | До 1-2 крапель розчину солі мангану(II) додають 2-3 краплі розчину лугу ( $\text{NaOH}$ або $\text{KOH}$ ) і 2 краплі гідроген пероксиду. |                                                 |                  |

|                                           |                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                               |  |  |
|-------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|
| 3                                         | Плюмбум(IV) оксид ( $\text{PbO}_2$ )                                                  | В пробірку вносять шпателем трохи $\text{PbO}_2$ , додають 1 мл концентрованої $\text{HNO}_3$ , 1 краплю розчину солі мангану(II) і нагрівають суміш 2-3 хв на киплячій водяній бані.                                         |  |  |
| 4                                         | Амоній сульфід $(\text{NH}_4)_2\text{S}$                                              | До 2 крапель розчину солі мангану(II) додають 2 краплі розчину амоній сульфіду.                                                                                                                                               |  |  |
| <b>катион <math>\text{Mg}^{2+}</math></b> |                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                               |  |  |
| 1                                         | Сильні луги ( $\text{NaOH}$ , $\text{KOH}$ )                                          | До 1-2 крапель розчину магній хлориду додають 2-3 краплі розчину $\text{KOH}$ і спостерігають за утворенням білого осаду $\text{Mg}(\text{OH})_2$ .                                                                           |  |  |
| 2                                         | Натрій або амоній гідроген-фосфат $(\text{Na}_2\text{HPO}_4)$                         | До 2-3 крапель розчину солі магнію додають 2 краплі розчину амоніаку і розчин амоній хлориду до повного розчинення осаду $\text{Mg}(\text{OH})_2$ . Потім до цього розчину дають 3 краплі розчину $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ . |  |  |
| <b>Шоста аналітична група катіонів</b>    |                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                               |  |  |
| <b>катион <math>\text{Cu}^{2+}</math></b> |                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                               |  |  |
| 1                                         | Водний розчин амоніаку $(\text{NH}_4\text{OH})$                                       | До 1-2 крапель розчину солі купруму(II) краплями додають водний розчин амоніаку до утворення осаду $(\text{CuOH})_2\text{SO}_4$ , а потім ще 2-3 краплі надлишку реагенту до повного розчинення осаду.                        |  |  |
| 2                                         | Сильні луги ( $\text{NaOH}$ , $\text{KOH}$ )                                          | До 1-2 крапель розчину солі купруму(II) додають 1-2 краплі розчину $\text{NaOH}$ , спостерігають за утворенням голубого осаду $\text{Cu}(\text{OH})_2$ .                                                                      |  |  |
|                                           | Калій гексаціано-ферат(II) $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ (жовта кров'яна сіль) | До 1-2 крапель розчину солі купруму(II) додають 2-3 краплі розчину $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ .                                                                                                                     |  |  |

| катіон $\text{Hg}^{2+}$ |                                                   |                                                                                                                                                                                  |  |  |
|-------------------------|---------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|
| 1                       | Водний розчин амоніаку ( $\text{NH}_4\text{OH}$ ) | До 1-2 крапель розчину солі ртуті(II) додають краплями водний розчин амоніаку до утворення осаду $\text{HgNH}_2\text{Cl}$ і ще 2-3 краплі надлишку реагенту до розчинення осаду. |  |  |
| 2                       | Сильні луги ( $\text{NaOH}$ , $\text{KOH}$ )      | До 1-2 крапель розчину солі ртуті(II) додають 2-3 краплі розчину $\text{NaOH}$ .                                                                                                 |  |  |
| 3                       | Амоній сульфід ( $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ )      | До 1-2 крапель розчину солі ртуті(II) додають 1-2 краплі розчину амоній сульфиду.                                                                                                |  |  |
| 4                       | Калій йодид $\text{KI}$                           | До 1-2 крапель розчину солі ртуті(II) додають 1-2 краплі розчину калій йодиду. Утворений осад, розчиняють у надлишку реактиву.                                                   |  |  |
| 5                       | Станум(II) хлорид $\text{SnCl}_2$                 | До 1-2 крапель розчину солі ртуті(II) додають 1-2 краплі реактиву. До осаду додають надлишок станум(II) хлориду                                                                  |  |  |

**3. Виконати аналіз розчину на суміш катіонів п'ятої аналітичної групи, заповнити таблицю:**

| Катіон | Реактив | Рівняння реакції в молекулярному, повному та скороченому йонному вигляді | Умови проведення | Аналітичний ефект реакції |
|--------|---------|--------------------------------------------------------------------------|------------------|---------------------------|
|        |         |                                                                          |                  |                           |
|        |         |                                                                          |                  |                           |
|        |         |                                                                          |                  |                           |
|        |         |                                                                          |                  |                           |

**4. Виконати аналіз розчину на суміш катіонів шостої аналітичної групи, заповнити таблицю:**

| <i>Катіон</i> | <i>Реактив</i> | <i>Рівняння реакції в молекулярному, повному та скороченому йонному вигляді</i> | <i>Умови проведення</i> | <i>Аналітичний ефект реакції</i> |
|---------------|----------------|---------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|----------------------------------|
|               |                |                                                                                 |                         |                                  |
|               |                |                                                                                 |                         |                                  |
|               |                |                                                                                 |                         |                                  |
|               |                |                                                                                 |                         |                                  |

**5. Зробити висновки.**

Висновок:

---



---



---



---



---

### Тестові завдання

**1. До п'ятої аналітичної групи належать катіони:**

- A.  $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $NH_4^+$
- B.  $Fe^{3+}$ ,  $Mn^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$
- C.  $Cu^{2+}$ ,  $Hg^{2+}$ ,  $Mn^{2+}$
- D.  $Ba^{2+}$ ,  $Fe^{2+}$ ,  $Fe^{3+}$ ,  $Mn^{2+}$
- E.  $Fe^{2+}$ ,  $Fe^{3+}$ ,  $Mn^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$

**2. До шостої аналітичної групи належать катіони:**

- A.  $Mg^{2+}$ ,  $Cu^+$ ,  $Hg_2^{2+}$
- B.  $Fe^{3+}$ ,  $Mn^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$
- C.  $H^+$ ,  $Na^+$ ,  $NH_4^+$
- D.  $Ba^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$ ,  $Hg^{2+}$
- E.  $Cu^{2+}$ ,  $Hg^{2+}$

**3. Груповий реактив п'ятої аналітичної групи:**

- A. HCl
- B. NaOH
- C.  $H_2SO_4$
- D.  $AgNO_3$
- E.  $NH_4OH$

**4. Груповий реактив шостої аналітичної групи:**

- A.  $H_2SO_4$
- B. KOH
- C.  $NH_4OH$

D. HCl

E. Відсутній

**5. При дії групового реактиву на катіон п'ятої аналітичної групи випадає блідо-зелений осад, який на повітрі швидко буріє. Який це катіон?**

A.  $Mn^{2+}$

B.  $Mg^{2+}$

C.  $Fe^{2+}$

D.  $Fe^{3+}$

E.  $Cu^{2+}$

**6. Реакція з яким реактивом на йони  $Fe(III)$  характеризується найбільшою чутливістю і специфічністю?**

A. NaOH

B. KSCN

C.  $K_2S$

D. KOH

E.  $(NH_4)_2S$

**7. Чим характеризується п'ята аналітична група катіонів?**

A. Утворенням амфотерних гідроксидів, розчинних у надлишку лугу

B. Утворенням гідроксидів, нерозчинних у надлишку лугу

C. Утворенням нерозчинних хлоридів

D. Утворенням нерозчинних сульфатів

E. Утворенням нерозчинних бромідів

**8. З яким реактивом катіон  $Mn^{2+}$  утворює осад тілесного кольору?**

A. Натрій гідроксид

B. Амоній сульфід

C. Гідроген пероксид

D. Хлоридна кислота

E. Плюмбум(II) оксид

**9. Яка з наведених нижче якісних реакцій на йони  $Mg^{2+}$  характеризується найбільшою чутливістю і використовується для визначення йонів  $Mg^{2+}$  в крові?**

A.  $Mg^{2+} + NH_4OH + HPO_4^{2-} \rightarrow MgNH_4PO_4 \downarrow + H_2O$

B.  $Mg^{2+} + 2OH^- \rightarrow Mg(OH)_2$

C.  $Mg^{2+} + 2NH_4OH \rightarrow Mg(OH)_2 + 2NH_4^+$

D.  $Mg(OH)_2 + 2NH_4Cl \rightarrow MgCl_2 + 2NH_4OH$

E.  $2HC_9H_6NO + MgCl_2 \rightarrow Mg(C_9H_6NO)_2 \downarrow + 2HCl$

**10. Вкажіть ознаку реакції взаємодії калій гексаціаноферату(III) з катіоном  $Fe^{2+}$**

A. Бурий осад

B. Синій осад

C. Розчин криваво-червоного кольору

D. Білий кристалічний осад

E. Сіро-зелений осад

**11. Виявленню яких катіонів п'ятої аналітичної групи не заважають інші катіони?**

A. Феруму(II) і Феруму(III)

B. Феруму(II) і Магнію

C. Феруму(III) і Магнію

D. Магнію і Мангану(II)

E. Феруму(III), Мангану(II) і Магнію

**12. Який йон входить до складу гемоглобіну?**

- A.  $\text{Mn}^{2+}$
- B.  $\text{Cu}^{2+}$
- C.  $\text{Fe}^{2+}$
- D.  $\text{Fe}^{3+}$
- E.  $\text{Mg}^{2+}$

**13. У який колір забарвлюють розчин солі Купруму(II)?**

- A. Світло-зелений
- B. Рожевий
- C. Оранжевий
- D. Голубий
- E. Жовтий

**14. У результаті реакції катіонів Меркурію(II) з калій йодидом спостерігають утворення**

- A. Червоного осаду
- B. Чорного осаду
- C. Яскраво-синього розчину
- D. Прозорого розчину
- E. Бурого газу

**15. Який катіон виявляють за допомогою реакції зі станум(II) хлоридом?**

- A. Меркурій(I)
- B. Меркурій(II)
- C. Купрум(I)
- D. Купрум(II)
- E. Мангану(II)

**16. Укажіть назву комплексної сполуки  $\text{K}_2[\text{HgI}_4]$**

- A. калій меркурій йодид
- B. дикалій тетраїодид меркурію(II)
- C. калій трийодомеркурат(II)
- D. калій тетраїодомеркурат(II)
- E. калій тетраїодомеркурат(IV)

**17. Який реактив треба використати, щоб при його дії на розчин солі меркурію(II) утворився коричнево-чорний осад?**

- A. Амоніак
- B. Амоній сульфід
- C. Калій йодид
- D. Натрій гідроксид
- E. Барій хлорид

**18. Осад якого кольору випадає при дії розчину натрій гідроксиду на розчин солі купруму(II)?**

- A. Голубий
- B. Червоно-бурий
- C. Жовтий
- D. Чорний
- E. Коричневий

**19. Укажіть правильне твердження щодо катіонів шостої аналітичної групи:**

- A. Утворюють амфотерні гідроксиди, розчинні у надлишку лугу
- B. Утворюють гідроксиди, нерозчинні у надлишку амоніаку
- C. Утворюють розчинні аміакати

D. Утворюють розчинні у воді основи

E. Утворюють нерозчинні у воді хлориди

**20. Червоно-бурий осад утворюється при дії на катіон  $\text{Cu}^{2+}$  реактиву**

A.  $\text{NH}_4\text{OH}$

B.  $\text{NaOH}$

C.  $\text{KI}$

D.  $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$

E.  $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$

### Питання для самоконтролю

1. Які катіони відносяться до п'ятої аналітичної групи? Напишіть рівняння реакції цих катіонів з груповим реактивом.
2. Охарактеризуйте властивості гідроксидів катіонів п'ятої аналітичної групи.
3. В яких розчинниках розчиняється осад  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ ? Напишіть рівняння реакцій.
4. Напишіть рівняння реакції виявлення йона  $\text{Fe}^{2+}$ .
5. Напишіть рівняння реакції виявлення йона  $\text{Fe}^{3+}$ .
6. Яким способом можна відокремити йон  $\text{Mg}^{2+}$  від йонів  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ? Напишіть рівняння реакції.
7. Назвіть характерні реакції для виявлення йона  $\text{Mg}^{2+}$  в розчині.
8. Якими характерними реакціями можна виявити йон  $\text{Mn}^{2+}$  в розчині?
9. Наведіть приклади застосування окисно-відновних реакцій у ході аналізу катіонів п'ятої аналітичної групи.
10. Чому сіро-зелений осад  $\text{Fe}(\text{OH})_2$  і білий  $\text{Mn}(\text{OH})_2$  на повітрі буріють? Напишіть рівняння відповідних реакцій.
11. Яку роль відіграє ферум в організмі людини?
12. Назвіть катіони, що відносяться до шостої аналітичної групи. Напишіть рівняння реакцій взаємодії цих катіонів з груповим реагентом.
13. Як реагують йони  $\text{Cu}^{2+}$  і  $\text{Hg}^{2+}$  з лугами?
14. Наведіть приклади реакцій комплексоутворення, які використовуються для виявлення катіонів шостої аналітичної груп.
15. Яким реагентом можна осадити йони  $\text{Cu}^{2+}$  і  $\text{Hg}^{2+}$  у вигляді сульфідів? Напишіть рівняння реакцій.
16. Як можна виявити в розчині йон  $\text{Hg}^{2+}$  у присутності йона  $\text{Cu}^{2+}$ ?
17. Який з катіонів шостої аналітичної групи характеризується токсичністю?
18. Яку роль відіграють солі купруму(II) у життєдіяльності живих організмів?

## ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ №4

### ТЕМА: ПЕРША АНАЛІТИЧНА ГРУПА АНІОНІВ

**Мета:** Проробити і вивчити дію групового реактиву барій хлориду на аніони першої аналітичної групи, їхні якісні реакції.

#### Обладнання робочого місця

1. Розчини солей:  $\text{BaCl}_2$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_3$ ,  $\text{AgNO}_3$ ,  $\text{Na}_3\text{PO}_4$ ,  $\text{MgCl}_2$ ,  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ,  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ .
2. Розчини кислот:  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{HCl}$ .
3. Розчини  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ,  $\text{NH}_3$ .
4. Штатив з пробірками.
5. Корок з трубкою.

#### Конкретні цілі:

- знати склад аніонів першої аналітичної групи;
- знати характерні реакції аніонів  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{SO}_3^{2-}$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ;
- виконувати індивідуальні реакції аніонів першої аналітичної групи;
- аналізувати розчин на вміст аніонів цієї групи.

#### Перша аналітична група аніонів

##### Характеристика групи

До першої групи аніонів належать: сульфат-іони  $\text{SO}_4^{2-}$ , сульфит-іони  $\text{SO}_3^{2-}$ , карбонат-іони  $\text{CO}_3^{2-}$ , фосфат-іони  $\text{PO}_4^{3-}$ . Груповим реактивом аніонів першої аналітичної групи є  $\text{BaCl}_2$ , який у нейтральному або слабколужному середовищі з цими аніонами утворює важкорозчинні у воді осад. Ці осад (за винятком  $\text{BaSO}_4$ ) добре розчиняються у мінеральних кислотах. Малорозчинні у воді солі аргентуму з аніонами першої аналітичної групи добре розчиняються у розведених  $\text{HNO}_3$ .

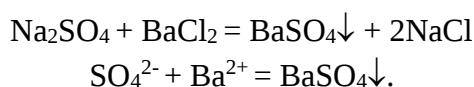
Для організму людини велике значення мають фосфати і карбонати. Фосфатні і гідрокарбонатні буферні суміші підтримують певну величину рН всередині живого організму. Найважливішими аніонами сечі є  $\text{SO}_4^{2-}$  і  $\text{PO}_4^{3-}$ .

Наявність карбонатів і сульфатів у питній воді впливає на її побутові та смакові якості. Як лікарські речовин використовують магній сульфат (послаблюючий і гіпотензивний засіб), натрій гідрокарбонат та кальцій карбонат (при шлункових захворюваннях), натрій сульфат (послаблюючий і жовчогінний засіб).

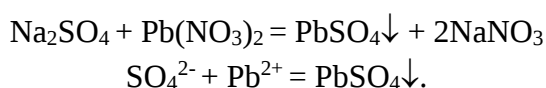
#### ЗМІСТ РОБОТИ

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

**1. Барій хлорид** з йоном  $\text{SO}_4^{2-}$  утворює білий кристалічний осад  $\text{BaSO}_4$ , який не розчиняється у кислотах. Реакція фармакопейна:



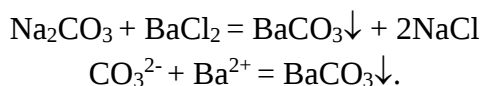
**2. Плюмбум(II) ацетат або нітрат** взаємодіє з йоном  $\text{SO}_4^{2-}$  і утворює білий осад  $\text{PbSO}_4$ :



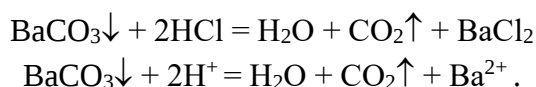
Осад  $\text{PbSO}_4$  не розчиняється в кислотах, але розчиняється під час нагрівання в розчинах лугів і концентрованому (30%) розчині амоній ацетату.

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

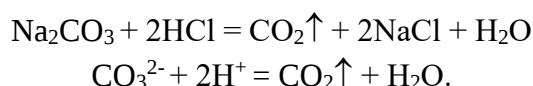
**1. Барій хлорид** осаджує йон  $\text{CO}_3^{2-}$  у вигляді білого об'ємистого осаду барій карбонату:



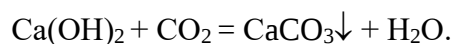
Осад  $\text{BaCO}_3$  розчиняється у розведених хлоридній та нітратній кислотах, а також в ацетатній кислоті. При цьому виділяється газ ( $\text{CO}_2$ ), що є також характерною ознакою наявності йона  $\text{CO}_3^{2-}$ :



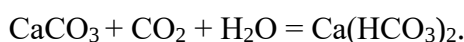
**2. Мінеральні кислоти** (розведені – повільно, концентровані – енергійніше), а також ацетатна кислота розкладають карбонати з виділенням  $\text{CO}_2$ :



Реакція фармакопейна. Виділення  $\text{CO}_2$  можна виявити за допомогою вапняної води (насичений розчин  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ). Якщо вуглекислий газ пропустити крізь вапняну воду, утворюється білий осад кальцій карбонату:

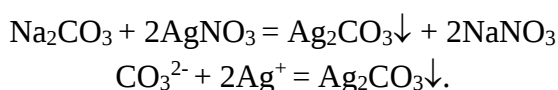


Під час подальшого пропускання  $\text{CO}_2$  осад, який утворився, розчиняється, тому що утворюється розчинний кальцій гідрокарбонат:



Реакції заважає йон  $\text{SO}_3^{2-}$ , тому що при дії кислот виділяється  $\text{SO}_2\uparrow$ , який поглинається розчином  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  чи  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  і утворює білі осад  $\text{BaSO}_3$  ( $\text{CaSO}_3$ ). Для виявлення  $\text{CO}_3^{2-}$  у присутності  $\text{SO}_3^{2-}$ , в досліджуваній розчин перед дією хлоридної кислоти додають надлишок (4-6 крапель) 3%-ного розчину  $\text{H}_2\text{O}_2$ , щоб окиснити йон  $\text{SO}_3^{2-}$  до  $\text{SO}_4^{2-}$ , а далі проводять дослід як описано вище.

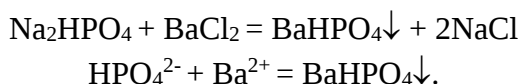
**3. Аргентум(I) нітрат** під час взаємодії з йоном  $\text{CO}_3^{2-}$  утворює білий осад  $\text{Ag}_2\text{CO}_3$ :



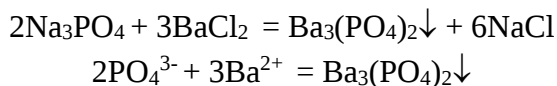
Аргентум(I) карбонат добре розчиняється у розведеній нітратній кислоті та водному розчині амоніаку.

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

**1. Барій хлорид** з нейтральних розчинів осаджує білий осад барій гідрогенфосфату:

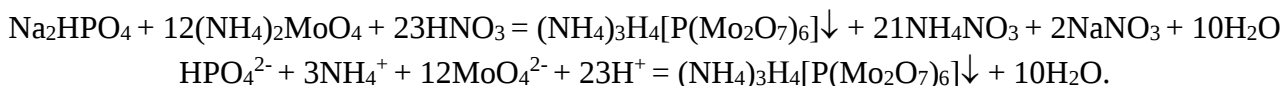


З лужних розчинів виділяється білий осад середньої солі барій фосфату:



Осад розчиняється в мінеральних (окрім сульфатної) і ацетатній кислотах без виділення газу – це свідчить, що у вихідному розчині є йон  $\text{PO}_4^{3-}$ .

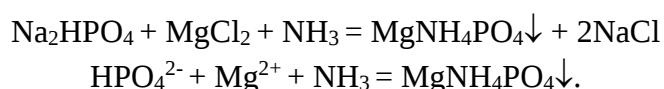
**2. Молібденова рідина** (молібдат амонію у присутності нітрату амонію і нітратної кислоти) утворює з йоном  $\text{PO}_4^{3-}$  жовтий кристалічний осад амоній фосформолібдату. Осадження відбувається повільно і прискорюється за слабого нагрівання.



Осад амоній фосформолібдату розчиняється у надлишку фосфату, тому реагент треба додавати у великому надлишку. Реакція дуже чутлива, застосовується для виявлення фосфатів у сечі і є фармакопейною.

Йон  $\text{SO}_3^{2-}$  заважає реакції, бо відновлює  $\text{Mo(VI)}$  до нижчих ступенів окиснення, і розчин забарвлюється у синій колір.

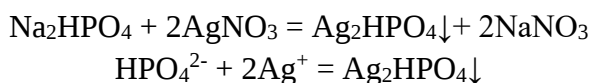
**3. Магnezіальна суміш** (водний розчин амоніаку, амоній хлориду і магній хлориду) осаджує йон  $\text{PO}_4^{3-}$  у вигляді білого кристалічного осаду подвійної солі – магній-амоній фосфату, розчинного у мінеральних і ацетатній кислотах.



Реакція є фармакопейною і застосовується для виявлення фосфатів у сечі.

Випадає білий кристалічний осад  $\text{MgNH}_4\text{PO}_4$ . З розведених розчинів осад може утворюватися не зразу, а випадати з часом. Щоб прискорити процес утворення осаду, слід потерти скляною поличкою по стінці пробірки. У відсутності осаду, пробірку з досліджуваною сумішшю залишають на деякий час; тільки після цього можна робити висновок, що у досліджуваному розчині немає йона  $\text{PO}_4^{3-}$ .

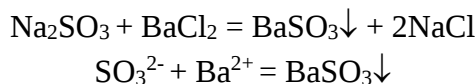
**4. Аргентум(I) нітрат** під час взаємодії з йоном  $\text{PO}_4^{3-}$  утворює жовтий осад аргентум(I) фосфату  $\text{Ag}_3\text{PO}_4$ , розчинний у нітратній кислоті і розчині амоніаку:



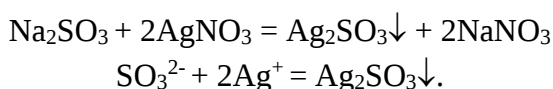
Осад легко розчиняється в нітратній кислоті і в розчині амоніаку. Повне осадження можливе тільки в нейтральному або слабколужному середовищі.

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

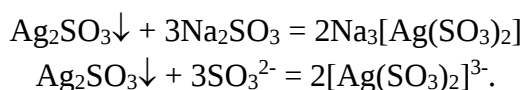
**1. Барій хлорид** з нейтральних розчинів, що містять сульфіти, осаджує білий осад  $\text{BaSO}_3$ , розчинний у розведених хлоридній та нітратній кислотах. Якщо осад неповністю розчиняється у кислотах, то це означає, що сульфіт частково містить домішки сульфату, а барій сульфат практично не розчиняється у кислотах.



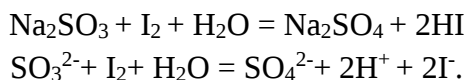
**2. Аргентум(I) нітрат** осаджує з нейтральних розчинів сульфитів білий кристалічний осад  $\text{Ag}_2\text{SO}_3$ :



Осад розчиняється у розведеній нітратній кислоті, водному розчині амоніаку та надлишку сульфитів лужних металів. Під час розчинення у надлишку сульфиту натрію утворюється комплексна сіль:



**3. Розчин йоду  $\text{I}_2$**  у кислому середовищі відновлюється сульфітом, окиснюючи його до сульфату. Розчин йоду при цьому знебарвлюється. Реакцію необхідно проводити в слабкокислотному розчині, тому що в лужному середовищі йод знебарвлюється і у відсутності сульфитів.



Виявленню йона  $\text{SO}_3^{2-}$  цим реактивом заважають відновники.

### **Хід роботи**

#### **1. Виконати реакції ідентифікації аніонів:**

- якісні реакції на аніони  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{SO}_3^{2-}$

## 2. Спостереження та рівняння реакцій записати у таблицю:

| №                                          | Реагент                                                     | Методика виконання реакції ідентифікації на йони                                                                                                                                                                                                                                                     | Характеристика і властивості одержаної речовини | Рівняння реакції |
|--------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|------------------|
| <b>аніон <math>\text{SO}_4^{2-}</math></b> |                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                 |                  |
| 1                                          | Барій хлорид<br>$\text{BaCl}_2$                             | До 2-3 крапель розчину натрій сульфату додають 3-4 краплі розчину $\text{BaCl}_2$ . Випадає білий осад.                                                                                                                                                                                              |                                                 |                  |
| 2                                          | Плюмбум(II) ацетат або нітрат<br>$\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ | До 1-2 крапель розчину натрій сульфату додають 2-3 краплі розчину плюмбуму(II) нітрату (ацетату).                                                                                                                                                                                                    |                                                 |                  |
| <b>аніон <math>\text{CO}_3^{2-}</math></b> |                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                 |                  |
| 1                                          | Барій хлорид<br>$\text{BaCl}_2$                             | До 1-2 крапель розчину натрій карбонату додають 2-3 краплі розчину $\text{BaCl}_2$ . До осаду $\text{BaCO}_3$ додають кілька крапель $\text{HCl}$ .                                                                                                                                                  |                                                 |                  |
| 2                                          | Мінеральні кислоти<br>$\text{HCl}$                          | До 10-15 крапель розчину натрій карбонату $\text{Na}_2\text{CO}_3$ додають 10 крапель 2М $\text{HCl}$ до кислої реакції ( $\text{pH} \leq 2$ ). Пробірку закривають корком з газовивідною трубкою, яку занурюють у другу пробірку з вапняною водою, (або баритовою водою $\text{Ba}(\text{OH})_2$ ). |                                                 |                  |
| 3                                          | Аргентум(I) нітрат $\text{AgNO}_3$ .                        | До 3-4 крапель розчину натрій карбонату додають 4-5 крапель розчину $\text{AgNO}_3$ . Одержаний розчин з осадом розділяють на дві порції і спостерігають характер розчинення осаду у водному розчині амоніаку і розведений $\text{HNO}_3$                                                            |                                                 |                  |
| <b>аніон <math>\text{PO}_4^{3-}</math></b> |                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                 |                  |
| 1                                          | Барій хлорид<br>$\text{BaCl}_2$                             | До 1-2 крапель розчину натрій фосфату додають 2-3 краплі розчину $\text{BaCl}_2$ . Відібравши рідину піпеткою до осаду додають 3-5 крапель 2М $\text{HCl}$                                                                                                                                           |                                                 |                  |

|                                     |                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |  |  |
|-------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|
| 2                                   | Молібденова рідина (молібдат амонію, нітрат амонію і нітратна кислота)       | До 1-2 крапель розчину фосфату додають 8-10 крапель молібденової рідини і суміш легко підігрівають (до 40-50°C).                                                                                                                                                                                          |  |  |
| 3                                   | Магnezіальна суміш (водний розчин амоніаку, амоній хлориду і магній хлориду) | До 3 крапель розчину $MgCl_2$ додають 2-3 краплі 2М розчину амоніаку, 4 краплі розчину амоній хлориду і 2 краплі розчину фосфату. Щоб прискорити процес утворення осаду, слід потерти скляною поличкою по стінці пробірки. У відсутності осаду, пробірку з досліджуваною сумішшю залишають на деякий час. |  |  |
| 4                                   | Аргентум(I) нітрат $AgNO_3$                                                  | До 4 крапель розчину натрій гідрогенфосфату додають 4 краплі розчину аргентум(I) нітрату.                                                                                                                                                                                                                 |  |  |
| <b>аніон <math>SO_3^{2-}</math></b> |                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |  |  |
| 1                                   | Барій хлорид $BaCl_2$                                                        | До 1-2 крапель розчину натрій сульфїту додають 2-3 краплі розчину $BaCl_2$ . Випадає осад $BaSO_3$ . Розчин з осадом розділяють на дві порції і спостерігають за розчиненням його у розведених нітратній та хлоридній кислотах.                                                                           |  |  |
| 2                                   | Аргентум(I) нітрат $AgNO_3$                                                  | До 2-3 крапель розчину натрій сульфїту додають 2-3 краплі розчину $AgNO_3$ . Випадає осад $Ag_2SO_3$ . Розчин з осадом розділяють на три порції і спостерігають за розчиненням його в нітратній кислоті $HNO_3$ , водному розчині амоніаку $NH_4OH$ та надлишку сульфїтів лужних металів $Na_2SO_3$ .     |  |  |
| 3                                   | Розчин йоду $I_2$                                                            | До 5-6 крапель розчину натрій сульфїту додають 5-8 крапель 1 М розчину $H_2SO_4$ і краплями розчин йоду.                                                                                                                                                                                                  |  |  |

### 3. Зробити висновок.

Висновок:

---

---

---

---

#### Тестові завдання

**1. До першої аналітичної групи аніонів належать аніони:**

- A.  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{SO}_3^{2-}$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$
- B.  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$
- C.  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{SO}_3^{2-}$
- D.  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{SO}_3^{2-}$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$
- E.  $\text{S}^{2-}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{SO}_3^{2-}$

**2. Груповий реактив першої аналітичної групи аніонів.**

- A. NaOH
- B.  $\text{H}_2\text{SO}_4$
- C.  $\text{BaCl}_2$
- D. KOH
- E. Відсутній

**3. Який аніон першої групи при взаємодії з груповим реактивом утворює осад, нерозчинний в мінеральних кислотах?**

- A.  $\text{PO}_4^{3-}$
- B.  $\text{SO}_3^{2-}$
- C.  $\text{CO}_3^{2-}$
- D.  $\text{SO}_4^{2-}$
- E.  $\text{S}^{2-}$

**4. До розчину, що містить аніони першої аналітичної групи, додали розчин магnezіальної суміші. Утворився білий кристалічний осад. Наявність яких аніонів обумовлює такий аналітичний ефект?**

- A.  $\text{S}^{2-}$
- B.  $\text{SO}_4^{2-}$
- C.  $\text{CO}_3^{2-}$
- D.  $\text{SO}_3^{2-}$
- E.  $\text{PO}_4^{3-}$

**5. Осад якого кольору випадає при дії групового реактиву на сульфід-аніон?**

- A. Білий
- B. Жовтий
- C. Голубий
- D. Чорний
- E. Червоний

**6. При дії хлоридної кислоти на розчин, що містить аніон першої групи, відбувається виділення газу. На присутність якого аніону це вказує?**

- A. Сульфат-іон
- B. Карбонат-іон
- C. Ортофосфат-іон
- D. Нітрат-іон
- E. Хлорид-іон

**7. Який аналітичний ефект спостерігається при дії розчину йоду на сульфід-іон?**

- A. Випадання жовтого осаду
- B. Випадання білого осаду
- C. Виділення газу бурого газу
- D. Виділення газу безбарвного газу
- E. Знебарвлення розчину йоду

**8. Який аніон першої аналітичної групи при взаємодії з  $\text{AgNO}_3$  утворює жовтий осад?**

- A.  $\text{PO}_4^{3-}$
- B.  $\text{SO}_4^{2-}$
- C.  $\text{CO}_3^{2-}$
- D.  $\text{SO}_3^{2-}$
- E.  $\text{S}^{2-}$

**9. Який з перелічених реактивів можна використати для виявлення сульфат-іону?**

- A. Плюмбум(II) нітрат
- B. Натрій гідроксид
- C. Хлоридна кислота
- D. Розчин йоду
- E. Натрій хлорид

**10. За допомогою якого реактиву можна осадити і карбонат-іон, і ортофосфат-іон?**

- A.  $\text{HCl}$
- B.  $\text{AgNO}_3$
- C.  $\text{NaOH}$
- D.  $\text{H}_2\text{SO}_4$
- E.  $\text{KI}$

### Питання для самоконтролю

1. Що покладено в основу поділу аніонів на групи?
2. Які аніони входять до складу першої аналітичної групи аніонів?
3. Які аніони першої аналітичної групи утворюють з  $\text{AgNO}_3$  малорозчинні у воді, та добре розчинні у нітратній кислоті осад?
4. Якою реакцією можна виявити йон  $\text{SO}_4^{2-}$ ?
5. Якою реакцією можна виявити йон  $\text{CO}_3^{2-}$ ?
6. Як проаналізувати суміш аніонів  $\text{CO}_3^{2-}$  та  $\text{SO}_3^{2-}$ ?
7. Як проаналізувати суміш аніонів  $\text{SO}_4^{2-}$  та  $\text{SO}_3^{2-}$ ?
8. Якою реакцією можна виявити йон  $\text{SO}_3^{2-}$ ?
9. Які реакції є найхарактернішими для виявлення йона  $\text{PO}_4^{3-}$ ?
10. Чому сульфід-іони перешкоджають виявленню карбонат-іонів кислотами? Як позбутися у такому разі сульфід-іонів?
11. Під час дії  $\text{BaCl}_2$  на досліджуваний розчин утворюється білий осад, який розчиняється у хлоридній кислоті з бурхливим виділенням газу. Який аніон знаходиться у розчині?
12. Яку реакцію використовують для виявлення фосфатів у сечі?
13. Чому знебарвлюється розчин йоду під час взаємодії з сульфід-іонами?
14. Які лікарські препарати, що містять аніони першої аналітичної групи застосовують в медицині?

## ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ №5

### ТЕМА: ДРУГА ТА ТРЕТЯ АНАЛІТИЧНІ ГРУПИ АНІОНІВ

**Мета:** Проробити і вивчити дію групового реактиву аргентум(I) нітрату в присутності нітратної кислоти на аніони другої аналітичної групи, їхні якісні реакції.

Проробити і вивчити характерні реакції аніонів третьої аналітичної групи.

#### Обладнання робочого місця

1. Розчини солей:  $\text{AgNO}_3$ ,  $\text{NaCl}$ ,  $\text{KCl}$ ,  $\text{KMnO}_4$ ,  $\text{NaBr}$ ,  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ,  $\text{KI}$ ,  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{Na}_2\text{S}$ ,  $\text{Cd}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{NaNO}_3$ ,  $\text{NaNO}_2$ ,  $\text{FeSO}_4$ .
2. Розчини кислот:  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{CH}_3\text{COOH}$ ,  $\text{HCl}$ .
3. Концентровані розчини:  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{NH}_3$ .
4. Хлорна вода.
5. Органічний розчинник.
6. Дифеніламін.
7. Реактив Грісса.
8. Водяна баня.
9. Штатив з пробірками.
10. Центрифуга.

#### Конкретні цілі:

- знати склад аніонів другої та третьої аналітичних груп;
- знати характерні реакції аніонів цих груп;
- виконувати індивідуальні реакції аніонів другої та третьої аналітичних груп;
- аналізувати розчин на вміст аніонів цих груп.

#### Друга аналітична група аніонів

##### Характеристика групи

До другої аналітичної групи аніонів належать: хлорид-іони  $\text{Cl}^-$ , бромід-іони  $\text{Br}^-$ , йодид-іони  $\text{I}^-$ , сульфід-іони  $\text{S}^{2-}$ . Груповим реактивом аніонів другої аналітичної групи є  $\text{AgNO}_3$  у середовищі  $\text{HNO}_3$ . При взаємодії з  $\text{AgNO}_3$  аніони цієї групи утворюють нерозчинні в  $\text{HNO}_3$  осаді. Розчин  $\text{BaCl}_2$ , який є груповим реактивом на аніони першої аналітичної групи, не дає осадів з аніонами другої аналітичної групи.

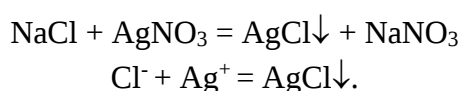
Хлориди відіграють істотну роль у життєдіяльності організму. Наявність їх у воді впливає на її смакові якості. Хлорид-іони підтримують осмотичний тиск, водно-сольовий обмін, беруть участь у побудові клітин, входять до складу шлункового соку. Натрій, калій і кальцій хлориди використовують як розчини для ін'єкції. Бром посилює процеси гальмування кори головного мозку, тому натрій і калій броміди застосовують при неврозах, безсонні. Йод бере участь у синтезі гормонів щитоподібної залози, тому його розчин використовують для лікування захворювань щитоподібної залози, а також атеросклерозу і як антисептик.

Побутові стічні води можуть містити сульфід-іони.

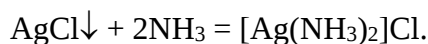
#### ЗМІСТ РОБОТИ

##### *Реакції хлорид-іонів $\text{Cl}^-$*

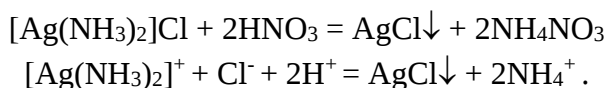
**1. Аргентум(I) нітрат** під час взаємодії з іоном  $\text{Cl}^-$  утворює білий осад  $\text{AgCl}$ , який на світлі сіріє, а потім чорніє внаслідок відновлення йона  $\text{Ag}^+$  до металічного срібла:



Осад AgCl нерозчинний у HNO<sub>3</sub>, проте добре розчиняється у водному розчині амоніаку, утворюючи комплексну сполуку:



Якщо до одержаного аміачного розчину аргентум(I) хлориду додати концентровану нітратну кислоту, знову випадає осад аргентум(I) хлориду внаслідок руйнування комплексного аміакату [Ag(NH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>]<sup>+</sup>:

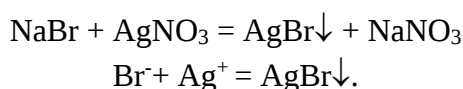


Осад AgCl розчиняється в Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> і у (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>. Розчинність у (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> відрізняє AgCl від солей аргентуму з іншими аніонами другої групи (AgBr, AgI), які частково розчинні в амоніаку, та не розчиняються в амоній карбонаті.

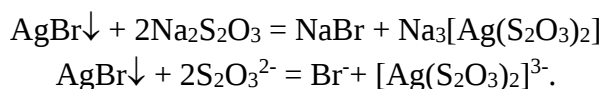
Реакція фармакопейна.

### *Реакції бромід-іонів Br*

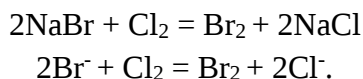
**1. Аргентум(I) нітрат** під час взаємодії з іоном Br<sup>-</sup> утворює жовтувато-білий осад AgBr



Осад AgBr не розчиняється у HNO<sub>3</sub>, малорозчинний у водному розчині NH<sub>3</sub> і добре розчиняється у розчині натрій тіосульфату. Реакція фармакопейна.



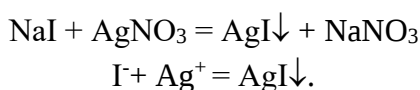
**2. Хлорна вода** у кислому середовищі окиснює іон Br<sup>-</sup> до Br<sub>2</sub>.



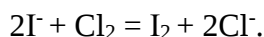
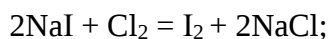
Вільний бром розчиняється в органічних розчинниках (у бензені, хлороформі та ін.), забарвлюючи їх в оранжевий колір. При дії надлишку хлорної води розчин жовтіє внаслідок утворення BrCl. Реакція фармакопейна.

### *Реакції йодид-іонів I*

**1. Аргентум(I) нітрат** утворює з іоном I<sup>-</sup> світло-жовтий осад AgI, нерозчинний у HNO<sub>3</sub>, водному розчині NH<sub>3</sub> (на відміну від AgCl і AgBr) і погано розчинний у розчині Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Реакція фармакопейна.

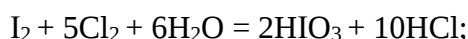


## 2. Хлорна (бромна) вода в кислому середовищі окиснює йон $I^-$ до $I_2$ .



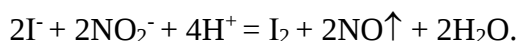
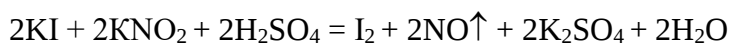
Йод розчиняється в органічних розчинниках (бензен, хлороформі та ін.), забарвлюючи їх у фіолетово-червоний колір. Крохмаль забарвлюється йодом у синій колір.

Під час додавання надлишку хлорної (бромної) води фіолетово-червоне забарвлення зникає внаслідок окиснення йоду до  $HIO_3$ :



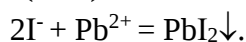
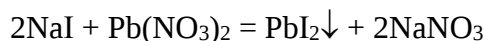
Якщо у розчині крім йона  $I^-$  є йон  $Br^-$ , то відразу після зникнення фіолетово-червоного забарвлення, бензен забарвлюється в оранжевий колір, а далі змінюється на блідо-жовтий колір  $BrCl$ .

**3. Калій або натрій нітрит** у присутності сульфатної, хлоридної і навіть ацетатної кислоти окиснює йон  $I^-$  до вільного йоду (на відміну від йонів  $Cl^-$  і  $Br^-$ ):



Вільний йод можна виявити за допомогою крохмалю – розчин забарвлюється в синій колір.

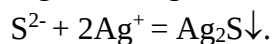
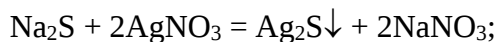
## 4. Плюмбум (II) нітрат або ацетат утворює з йоном $I^-$ яскраво-жовтий осад $PbI_2$ .



Осад  $PbI_2$  розчиняється в гарячій воді, а під час охолодження розчину знову випадають блискучі золотисті кристали плюмбум(II) йодиду. Це одна з найкрасивіших аналітичних реакцій. Її називають реакцією «золотого дощу».

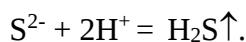
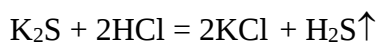
### *Реакції сульфід-іонів $S^{2-}$*

#### 1. Аргентум(I) нітрат утворює з йоном $S^{2-}$ чорний осад аргентум(I) сульфід:

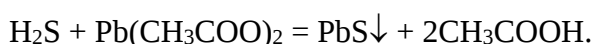


Аргентум(I) сульфід не розчиняється у водному розчині амоніаку, добре розчиняється в концентрованій нітратній кислоті, а у розведених – лише за нагрівання.

**2. Хлоридна та сульфатна розведені кислоти** розкладають сульфід з утворенням газоподібного  $H_2S$ :

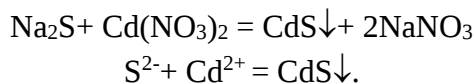


Виділення сірководню можна виявити за запахом тухлих яєць або за почорнінням фільтрувального папірця, змоченого розчином  $Pb(CH_3COO)_2$ , внаслідок утворення чорного  $PbS$ :

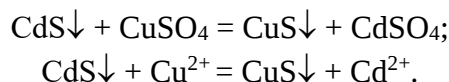


PbS – осад чорного кольору.

**3. Розчинні солі Кадмію** під час взаємодії з йоном  $S^{2-}$  утворюють яскраво-жовтий осад кадмій сульфід  $CdS\downarrow$ :



Якщо до осаду (після відокремлення його від розчину) додати 1-2 краплі розчину  $CuSO_4$ , то осад чорніє внаслідок утворення  $CuS$ :



Реакція дуже характерна для сульфід-іонів. Утворення  $CdS$  використовується також для відокремлення йона  $S^{2-}$  від інших аніонів, що містять сульфур.

### Третя аналітична група аніонів

#### Характеристика групи

До третьої аналітичної групи аніонів належать: нітрат-іони  $NO_3^-$  і нітрит-іони  $NO_2^-$ . Характерною особливістю аніонів третьої аналітичної групи є розчинність відповідних солей барію і аргентуму, внаслідок чого ні  $AgNO_3$ , ні  $BaCl_2$  не осаджують аніони цієї групи. Аніони третьої групи не мають групового реактиву.

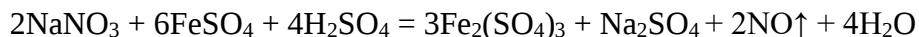
Визначення нітритів і нітратів відіграє важливу роль в аналізі питної води. Наявність значної їх кількості свідчить про забруднення і непридатність даної води для споживання.

Органічні похідні нітратної кислоти (наприклад, нітрогліцерин) використовують для лікування серцевих недуг. Натрій нітрит і деякі похідні нітритної кислоти застосовують при стенокардії.

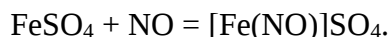
#### Реакції нітрат-іонів $NO_3^-$

**1. Дифеніламін  $(C_6H_5)_2NH$**  у сильноокислотному середовищі взаємодіє з йоном  $NO_3^-$  (та іншими окисниками), утворюючи сполуку інтенсивно синього кольору, яка при подальшому окисненні переходить у безбарвну сполуку. Реакція фармакопейна.

**2. Ферум(II) сульфат** окиснюється нітратною кислотою і її солями до  $NO$ . Реакція проходить в середовищі концентрованої сульфатної кислоти:



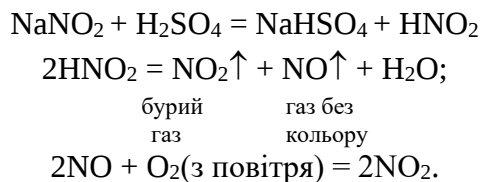
Нітроген(II) оксид утворює з  $FeSO_4$  комплексну сполуку бурого кольору:



На межі дотику рідин утворюється буре кільце.

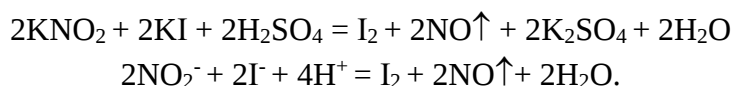
#### Реакції нітрит-іонів $NO_2^-$

**1. Розведена сульфатна кислота** розкладає всі нітрити на холоді з виділенням бурого газу нітроген(IV) оксиду  $NO_2$  (цим нітрити відрізняються від нітратів):

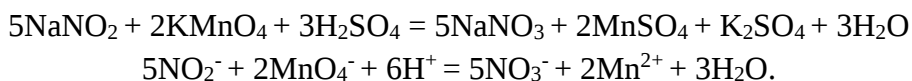


Концентрована сульфатна кислота реагує з нітратами енергійніше. Реакція фармакопейна. Виділяється бурий газ, який зручно спостерігати на білому фоні.

**2. Калій йодид** у присутності розведеної мінеральної кислоти або  $\text{CH}_3\text{COOH}$  окиснюється нітритами до вільного йоду. Йод, який виділився, забарвлює крохмаль у синій колір. Йон  $\text{NO}_3^-$  реакції не заважає. Йон  $\text{NO}_2^-$  у цій реакції є окисником.

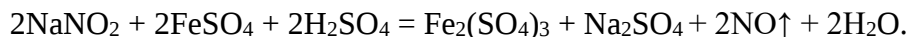


**3. Калій перманганат** у присутності  $\text{H}_2\text{SO}_4$  окиснює йон  $\text{NO}_2^-$  до  $\text{NO}_3^-$ . Реакція проходить при нагріванні до  $50-60^\circ\text{C}$  і супроводжується знебарвленням розчину  $\text{KMnO}_4$ . Йон  $\text{NO}_3^-$  реакції не заважає. Заважають реакції аніони-відновники ( $\text{I}^-$ ,  $\text{Br}^-$ ,  $\text{SO}_3^{2-}$ ,  $\text{S}^{2-}$  та ін.). У цій реакції  $\text{NO}_2^-$  – відновник.

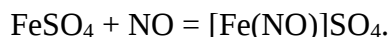


**4. Реактив Грісса** за наявності невеликої кількості (слідів) йона  $\text{NO}_2^-$  забарвлює розчин у вишнево-червоний колір. Реакція дуже чутлива і може бути використана для виявлення йона  $\text{NO}_2^-$  у питній воді.

**5. Ферум(II) сульфат** відновлює нітрити в кислому середовищі до нітроген(II) оксиду  $\text{NO}$ .



Утворений нітроген(II) оксид утворює з  $\text{FeSO}_4$  комплексну сполуку бурого кольору:



Для виявлення нітрит-іонів розчином  $\text{FeSO}_4$  додають розведену  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , а для виявлення нітрат-іонів – концентровану. Якщо невідомо, який йон міститься в розчині, необхідно спочатку виконати реакцію з розведеною  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Утворена бура сполука вказує на присутність  $\text{NO}_2^-$ . Якщо ж бура сполука не утворюється, то потрібно повторити реакцію, але вже з концентрованою  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Утворення бурого кільця вказує на присутність  $\text{NO}_3^-$ .

### Хід роботи

#### 1. Виконати реакції ідентифікації аніонів:

- якісні реакції на аніони другої аналітичної групи  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Br}^-$ ,  $\text{I}^-$ ,  $\text{S}^{2-}$ .
- якісні реакції на аніони третьої аналітичної групи  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$

## 2. Спостереження та рівняння реакції записати у таблицю:

| №                                     | Реагент                            | Методика виконання реакції ідентифікації на йони                                                                                                                                                                                                                                                   | Характеристика і властивості одержаної речовини | Рівняння реакції |
|---------------------------------------|------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|------------------|
| <b>Друга аналітична група аніонів</b> |                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                 |                  |
| <b>аніон <math>\text{Cl}^-</math></b> |                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                 |                  |
| 1                                     | Аргентум(I) нітрат $\text{AgNO}_3$ | До 1-2 крапель розчину хлориду додають 2-3 краплі розчину $\text{AgNO}_3$ . Осад перевіряють на розчинність у водному розчині $\text{NH}_3$ або у розчині $(\text{NH}_3)_2\text{CO}_3$ . Для підтвердження цього на одержаний аміачний комплекс аргентуму діють концентрованою нітратною кислотою. |                                                 |                  |
| <b>аніон <math>\text{Br}^-</math></b> |                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                 |                  |
| 1                                     | Аргентум(I) нітрат $\text{AgNO}_3$ | До 1-2 крапель розчину натрій броміду додають 2-3 краплі розчину $\text{AgNO}_3$ . Розчин з осадом розділяють на дві порції і роблять проби на розчинність осаду у $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ і $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ .                                                              |                                                 |                  |
| 2                                     | Хлорна вода                        | До 3-4 крапель розчину натрій броміду додають 2-3 краплі 1М розчину $\text{H}_2\text{SO}_4$ , кілька крапель бензену або хлороформу і краплями додають хлорну воду, енергійно струшуючи пробірку з сумішшю.                                                                                        |                                                 |                  |
| <b>аніон <math>\text{I}^-</math></b>  |                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                 |                  |
| 1                                     | Аргентум(I) нітрат $\text{AgNO}_3$ | До 1-2 крапель розчину натрій йодиду додають 2-3 краплі розчину $\text{AgNO}_3$ . Осад перевіряють на розчинність у водному розчині $\text{NH}_3$ .                                                                                                                                                |                                                 |                  |
| 2                                     | Хлорна (бромна) вода               | До 1-2 крапель розчину натрій йодиду додають 2-3 краплі 1 М розчину $\text{H}_2\text{SO}_4$ , кілька крапель бензену (хлороформу) і краплями додають хлорну (бромну) воду, весь час помішуючи вміст пробірки паличкою.                                                                             |                                                 |                  |

|                                         |                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |  |  |
|-----------------------------------------|----------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|
| 3                                       | Калій або натрій нітрит<br>$\text{KNO}_2$          | До 2-3 крапель розчину калій йодиду додають 1-2 краплі 1 М розчину $\text{H}_2\text{SO}_4$ , 2-3 краплі 1%-ного розчину крохмалю і 2-3 краплі розчину $\text{KNO}_2$ або $\text{NaNO}_2$ .                                                                                                                                                                                                                                           |  |  |
| 4                                       | Плюмбум(II) нітрат<br>$\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$   | До 1-2 крапель розчину натрій йодиду додають 2-3 краплі розчину $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ . До осаду $\text{PbI}_2$ додають кілька крапель 2М розчину $\text{CH}_3\text{COOH}$ , 10-20 крапель води і нагрівають на водяній бані до повного розчинення осаду. Потім пробірку швидко охолоджують під краном.                                                                                                                         |  |  |
| <b>аніон <math>\text{S}^{2-}</math></b> |                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |  |  |
| 1                                       | Аргентум(I) нітрат<br>$\text{AgNO}_3$              | До 1-2 крапель розчину натрій сульфіді додають 2-3 краплі розчину $\text{AgNO}_3$ .                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |  |  |
| 2                                       | Хлоридна та сульфатна розведені кислоти            | До 2-3 крапель розчину $\text{Na}_2\text{S}$ , або $\text{K}_2\text{S}$ , додають 2М розчину $\text{HCl}$ до кислої реакції ( $\text{pH} \leq 2$ ). Пробірку накривають смужкою фільтрувального папірця, змоченого розчином $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2$ , легко підігрівають і спостерігають за утворенням чорної плями на папірці. $\text{H}_2\text{S}$ – отруйний газ, тому реакцію треба проводити лише у витяжній шафі. |  |  |
| 3                                       | Розчинні солі кадмію<br>$\text{Cd}(\text{NO}_3)_2$ | До 1-2 крапель розчину натрій сульфіді додають 2-3 краплі розчину солі Кадмію, центрифугують і центрифугат зливають. До осаду додають 2-3 краплі розчину $\text{CuSO}_4$ .                                                                                                                                                                                                                                                           |  |  |
| <b>Третя аналітична група аніонів</b>   |                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |  |  |
| <b>аніон <math>\text{NO}_3^-</math></b> |                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |  |  |
| 1                                       | Дифеніламін<br>$(\text{C}_6\text{H}_5)_2\text{NH}$ | До 2-3 крапель розчину натрій нітрату додають 4-5 крапель розчину дифеніламіну в концентрованій $\text{H}_2\text{SO}_4$ .                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |  |  |

|                                         |                                      |                                                                                                                                                                                                                                         |  |  |
|-----------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|
| 2                                       | Ферум(II) сульфат<br>$\text{FeSO}_4$ | До 2-3 крапель свіже-виготовленого розчину $\text{FeSO}_4$ додають 2 краплі розчину натрій нітрату і охолоджують пробірку під струменем води. Обережно по стінці пробірки додають 2-3 краплини концентрованої $\text{H}_2\text{SO}_4$ . |  |  |
| <b>аніон <math>\text{NO}_2^-</math></b> |                                      |                                                                                                                                                                                                                                         |  |  |
| 1                                       | Розведена сульфатна кислота          | До 2 крапель розчину натрій нітриту додають 2-3 краплі розведеної сульфатної кислоти.                                                                                                                                                   |  |  |
| 2                                       | Калій йодид<br>$\text{KI}$           | До 2-3 крапель розчину нітриту додають 1-2 краплі розчину розведеної сульфатної кислоти, 2-3 краплі 1%- ного розчину крохмалю і 1-2 краплі розчину $\text{KI}$ .                                                                        |  |  |
| 3                                       | Калій перманганат<br>$\text{KMnO}_4$ | До 2-3 крапель розчину натрій нітриту додають 1-2 краплі 1 М розчину сульфатної кислоти, 1-2 краплі 0,01 М розчину $\text{KMnO}_4$ і нагрівають на водяній бані.                                                                        |  |  |
| 4                                       | Реактив Грісса                       | До 1 краплі нейтрального або ацетатнокислого розчину нітриту додають 1-2 мл води і 2-3 краплі реактиву Грісса.                                                                                                                          |  |  |
| 5                                       | Ферум(II) сульфат<br>$\text{FeSO}_4$ | До 2-3 крапель свіжовиготовленого розчину $\text{FeSO}_4$ додають 1 краплю розведеної $\text{H}_2\text{SO}_4$ , а потім обережно, по стінках пробірки приливають розчин натрій нітриту так, щоб рідини не змішувались.                  |  |  |

### 3. Зробити висновок.

Висновок:

---



---



---



---

## Тестові завдання

**1. До другої аналітичної групи аніонів належать аніони:**

A.  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{SO}_3^{2-}$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$

B.  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Br}^-$ ,  $\text{I}^-$ ,  $\text{S}^{2-}$

C.  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{SO}_3^{2-}$

D.  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$

E.  $\text{S}^{2-}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{SO}_3^{2-}$

**2. До третьої аналітичної групи аніонів належать аніони:**

A.  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{SO}_3^{2-}$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$

B.  $\text{I}^-$ ,  $\text{NO}_2^-$

C.  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{SO}_3^{2-}$

D.  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$

E.  $\text{S}^{2-}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{SO}_3^{2-}$

**3. Груповий реактив другої аналітичної групи аніонів:**

A.  $\text{NaOH}$

B.  $\text{AgNO}_3$

C.  $\text{BaCl}_2$

D.  $\text{KOH}$

E. Відсутній

**4. Груповий реактив третьої аналітичної групи аніонів:**

A.  $\text{NaOH}$

B.  $\text{AgNO}_3$

C.  $\text{BaCl}_2$

D.  $\text{KI}$

E. Відсутній

**5. Який аніон другої групи при взаємодії з груповим реактивом утворює осад, розчинний в  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ ?**

A.  $\text{PO}_4^{3-}$

B.  $\text{Cl}^-$

C.  $\text{Br}^-$

D.  $\text{S}^{2-}$

E.  $\text{I}^-$

**6. До якої групи аніонів належать невідомий аніон, якщо при додаванні розчинів  $\text{BaCl}_2$  і  $\text{AgNO}_3$  в присутності нітратної кислоти не випав осад?**

A. До третьої групи

B. До третьої або другої групи

C. До першої групи

D. До першої або другої групи

E. До другої групи

**7. Які аніони виявляють за допомогою хлорної води?**

A.  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$

B.  $\text{I}^-$ ,  $\text{Br}^-$

C.  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$

D.  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{SO}_3^{2-}$

E.  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$

**8. У результаті взаємодії аніону другої аналітичної групи з хлоридною кислотою виділився газ із запахом тухлих яєць. Про який аніон йде мова?**

- A.  $\text{PO}_4^{3-}$
- B.  $\text{SO}_4^{2-}$
- C.  $\text{CO}_3^{2-}$
- D.  $\text{SO}_4^{2-}$
- E.  $\text{S}^{2-}$

**9. У якому реактиві розчиняється осад  $\text{AgCl}$ ?**

- A. Аргентум(I) нітрат
- B. Нітратна кислота
- C. Гаряча вода
- D. Розчин амоніаку
- E. Сульфатна кислота

**10. Укажіть найчутливішу реакцію для виявлення нітрит-іонів у питній воді:**

- A. З реактивом Грісса
- B. З реактивом Несслера
- C. З мінеральними кислотами
- D. З калій перманганатом
- E. З калій йодидом

**11. У який колір забарвлюється шар хлороформу при додаванні хлорної води до розчину, що містить аніони  $\text{I}^-$ ?**

- A. Червоно-бурий
- B. Оранжевий
- C. Фіолетово-червоний
- D. Біло-жовтий
- E. Голубий

**12. При додаванні групового реактиву до розчину, що містить аніон другої групи, випав осад чорного кольору. Який аніон міститься в розчині?**

- A. Бромід-іон
- B. Йодид-іон
- C. Сульфід-іон
- D. Хлорид-іон
- E. Сульфід-іон

**13. Який реактив використовують для виявлення йодид-іону за допомогою реакції, що має назву «золотий дощ»?**

- A. Аргентум(I) хлорид
- B. Натрій сульфат
- C. Амоніак
- D. Плюмбум(II) нітрат
- E. Нітратна кислота

**14. При взаємодії аніонів другої аналітичної групи з груповим реактивом утворюється білий осад. Про який аніон йде мова?**

- A.  $\text{PO}_4^{3-}$
- B.  $\text{Cl}^-$
- C.  $\text{Br}^-$
- D.  $\text{S}^{2-}$
- E.  $\text{I}^-$

**15. Виберіть правильне твердження щодо осаду, який утворюється при дії групового реактиву другої аналітичної групи аніонів на бромід-іон:**

- A. Білий осад, розчинний у нітратній кислоті з виділенням газу
- B. Жовтувато-білий осад, розчинний у розчині натрій тіосульфаті
- C. Білий сирнистий осад, розчинний у розчині амоніаку
- D. Чорний осад, нерозчинний у розчині амоніаку
- E. Жовтий осад, розчинний у нітратній кислоті.

**16. За допомогою дифеніламіну в сильноокислотному середовищі можна виявити**

- A. Нітрит-іони
- B. Нітрат-іони
- C. Сульфід-іони
- D. Хлорид-іони
- E. Йодид-іони

**17. Які аніони з солями феруму(II) у присутності концентрованої сульфатної кислоти утворюють буре кільце?**

- A.  $\text{PO}_4^{3-}$
- B.  $\text{NO}_3^-$
- C.  $\text{S}^{2-}$
- D.  $\text{Br}^-$
- E.  $\text{Cl}^-$

**18. У результаті взаємодії кадмій нітрату з аніоном другої аналітичної групи випав осад яскраво-жовтого кольору. На присутність якого аніона це вказує?**

- A. Йодид-іон
- B. Нітрат-іон
- C. Сульфід-іон
- D. Сульфат-іон
- E. Нітрит-іон

**19. Чому аніони третьої аналітичної групи не мають групового реагенту?**

- A. З більшістю катіонів утворюють розчинні у воді солі
- B. Мають великі іонні радіуси
- C. Містять Нітороген
- D. Мають здатність утворювати розчинні кислоти
- E. Належать до токсичних йонів

**20. Укажіть реагент, що дозволяє відрізнити йони  $\text{NO}_2^-$  від йонів  $\text{NO}_3^-$ :**

- A.  $\text{HCl}$
- B.  $\text{BaCl}_2$
- C.  $\text{KMnO}_4$
- D.  $\text{FeSO}_4$
- E.  $\text{AgNO}_3$

### **Питання для самоконтролю**

1. Які аніони входять до складу другої аналітичної групи аніонів?
2. Який груповий реагент для аніонів другої аналітичної групи?
3. Якими реакціями можна виявити йон  $\text{Cl}^-$  за відсутності йонів  $\text{Br}^-$  і  $\text{I}^-$ ?
4. Якими реакціями можна виявити аніони  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Br}^-$  і  $\text{I}^-$  за їх одночасної наявності?
5. При дії аргентум(I) нітрату на досліджуваний розчин утворився чорний осад. Який аніон присутній у розчині?
6. Назвіть характерну реакцію на виявлення йона  $\text{S}^{2-}$ .

7. Якими реакціями можна виявити у досліджуваному розчині йон  $I^-$ ?
8. Назвіть найхарактернішу реакцію на виявлення йона  $Br^-$ .
9. Чому для виявлення йодид-іонів можна використати як хлорну, так і бромну воду?
10. Після дії на досліджуваний розчин хлорної води крохмаль забарвився у синій колір. Який аніон присутній у розчині?
11. Як довести, що білий осад, одержаний після додавання розчину  $AgNO_3$ , є осадом  $AgCl$ ?
12. Яку роль відіграють хлориди калію, натрію і кальцію в життєдіяльності організму ?
13. Чим третя аналітична група аніонів відрізняється від першої та другої груп?
14. Які аніони входять до складу третьої аналітичної групи?
15. Які ви знаєте характерні реакції на виявлення йона  $NO_2^-$ ?
16. Назвіть характерні реакції на виявлення йона  $NO_3^-$ .
17. Як можна виявити йон  $NO_3^-$  у присутності йона  $NO_2^-$ ?
18. Якою реакцією можна виявити мікрокількості нітрит-іонів?

## ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ №6

### ТЕМА: АНАЛІЗ НЕВІДОМОЇ РЕЧОВИНИ

**Мета:** Виконати аналіз розчину невідомої речовини, встановити її хімічний склад. Систематизувати теоретичні знання з розділу «Якісний аналіз».

#### Обладнання робочого місця:

1. Досліджуваний розчин невідомої речовини
2. Набір реактивів
3. Штатив з пробірками
4. Лакмусовий папірець.
5. Скляні палички
6. Фарфорові чашки.
7. Водяна баня.
8. Центрифуга.

#### Конкретні цілі:

- знати систематичний хід аналізу для визначення складу невідомої речовини;
- вміти встановити групу катіона і аніона індивідуальної речовини;
- виконати характерні реакції катіонів і аніонів;
- встановити хімічну формулу речовини.

### ЗМІСТ РОБОТИ

Для проведення аналізу дається сіль, розчинна у воді, яка складається з одного катіона і одного аніона. Приблизно 0,5 г цієї солі розчиняють в 10 мл дистильованої води.

#### *Попередні випробування*

Із сухим зразком проби можна виконати реакції забарвлення полум'я. Для цього очищену платинову дротинку занурюють у концентровану хлоридну кислоту і прожарюють у полум'ї газового пальника. Нагріту дротину вносять в порошок проби, а потім у верхню частину полум'я. Жовте забарвлення свідчить про присутність у пробі натрію, фіолетове – калію, цегляно-червоне кальцію, жовто-зелене – барію, зелене – купруму. Але полум'я забарвлюється лише при нагріванні летких хлоридів металів, і за результатами попередніх досліджень не можна робити остаточних висновків.

Крім цього, необхідно звернути увагу на забарвлення досліджуваного розчину. Зелений колір розчину свідчить про наявність йонів  $\text{Cr}^{3+}$ , блідо-зелений – йонів  $\text{Fe}^{2+}$ , жовто-коричневий –  $\text{Fe}^{3+}$ , блакитний –  $\text{Cu}^{2+}$ .

Далі визначають рН досліджуваного розчину за допомогою лакмусового або універсального індикаторного папірця. Кисла реакція свідчить про наявність вільних кислот або солей слабких основ і сильних кислот, які легко гідролізують (наприклад  $\text{AlCl}_3$ ,  $\text{CuSO}_4$ ). Якщо реакція лужна, то можна зробити висновок, що в зразку містяться вільний луг ( $\text{NaOH}$ ,  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  тощо), середні та кислі солі слабких кислот і сильних основ ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{Na}_3\text{PO}_4$ ,  $\text{NaHCO}_3$  тощо).

#### *Встановлення аналітичної групи катіона*

На окрему порцію досліджуваного розчину діють розчином натрій карбонату. Якщо осад не утворився, то в розчині є лише катіони першої аналітичної групи ( $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ). Якщо осад утворився, то в розчині присутні катіони інших аналітичних груп.

Катіони другої аналітичної групи ( $\text{Pb}^{2+}$ ,  $\text{Ag}^+$ ,  $\text{Hg}_2^{2+}$ ) виявляють розчином  $\text{HCl}$ . Утворення білого осаду свідчить, що катіон невідомої речовини належить до другої аналітичної групи.

Для виявлення катіонів третьої аналітичної групи ( $\text{Ba}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ) використовують розчин сульфатної кислоти і етиловий спирт.

Катіони четвертої аналітичної групи ( $\text{Cr}^{3+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$ ) виявляють за допомогою їдких лугів ( $\text{NaOH}$ ,  $\text{KOH}$ ), які утворюють осаді відповідних гідроксидів, розчинних у надлишку реактиву. Якщо осад не розчиняється у надлишку реактиву, то це вказує на присутність катіонів п'ятої аналітичної групи ( $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ).

Далі випробують осад, отриманий з надлишком лугу, на розчинність у розчині амоній гідроксиду. Якщо осад при цьому розчиняється, то катіон належить до шостої аналітичної групи ( $\text{Hg}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ).

### ***Виявлення катіона***

Встановивши групу катіона, визначають, який саме катіон входить до складу солі. Якщо катіон входить до першої аналітичної групи, то спочатку проводять реакцію з реактивом Несслера, оскільки йон амонію заважає виявленню йонів  $\text{Na}^+$  і  $\text{K}^+$ . Якщо йону  $\text{NH}_4^+$  немає, то в розчині є йони  $\text{Na}^+$  або  $\text{K}^+$ , які виявляють індивідуальними реакціями.

Для виявлення катіонів другої аналітичної групи отриманий осад відокремлюють центрифугуванням, промивають і виявляють у ньому катіони  $\text{Pb}^{2+}$ ,  $\text{Ag}^+$ ,  $\text{Hg}_2^{2+}$  за схемою.

Виявлення катіона третьої аналітичної групи розпочинають з йонів  $\text{Ba}^{2+}$ . Якщо при взаємодії з калій дихроматом жовтий осад не випав, то в розчині присутні йони  $\text{Ca}^{2+}$ .

Індивідуальними реакціями виявляють йони  $\text{Cr}^{3+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$ .

Катіони п'ятої аналітичної групи також виявляють індивідуальними реакціями, але йон  $\text{Mg}^{2+}$  – лише після того, як відсутні інші катіони цієї групи.

При виявленні катіонів шостої аналітичної групи звертають увагу на колір розчину. Якщо розчин голубий, то є йон  $\text{Cu}^{2+}$ . Відповідними індивідуальними реакціями виявляють катіони шостої аналітичної групи.

### ***Виявлення аніона***

Наявність або відсутність деяких аніонів можна визначити, знаючи які катіони є в досліджуваній речовині. Наприклад, якщо попередньо виявлені катіони, які утворюють з йонами  $\text{S}^{2-}$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$  малорозчинні осаді, а досліджувана речовина розчинна у воді, то ці аніони відсутні. Якщо у зразку є йони  $\text{Ba}^{2+}$  або  $\text{Pb}^{2+}$ , а речовина розчинна у воді або в розведених кислотах, то в ньому немає йона  $\text{SO}_4^{2-}$ , а наявність йона  $\text{Ag}^+$  у зразку свідчить про відсутність аніонів другої аналітичної групи. Якщо досліджуваний розчин немає кислої реакції і присутній йон  $\text{Ag}^+$ , то аніони першої аналітичної групи відсутні за винятком йона  $\text{SO}_4^{2-}$ , оскільки сіль  $\text{Ag}_2\text{SO}_4$  є малорозчинна у воді. Після попередніх висновків про відсутність у досліджуваному розчині окремих аніонів приступають до виявлення інших.

Якщо катіон належить до групи важких металів, то його необхідно видалити за допомогою натрій карбонату. Для цього до 2 мл розчину додають розчин натрій карбонату до повного виділення осаду. Суміш нагрівають на водяній бані 5-7хв, перевіряють на повноту осадження і центрифугують. Отриманий центрифугат ділять на дві нерівні частини, а осад відкидають. До меншої частини додають ацетатної кислоти до  $\text{pH} = 7$  (перевіряють індикаторним папірцем). У цьому розчині виявляють аніони  $\text{NO}_2^-$  і  $\text{NO}_3^-$ . До більшої частини центрифугату додають розведеної нітратної кислоти, до слабокислотної реакції середовища. В окремій пробі такого центрифугату виявляють групу аніона, за допомогою групових реактивів розчинів  $\text{BaCl}_2$  і  $\text{AgNO}_3$  за наявності нітратної кислоти.

Якщо випав осад з барій хлоридом, то присутній аніон першої аналітичної групи. Випадання осаду з аргентум(I) нітратом в присутності нітратної кислоти свідчить про присутність аніона другої аналітичної групи. Якщо ж осад із жодним з реактивів не випав, то аніон належить до третьої аналітичної групи.

Для виявлення аніона першої аналітичної групи випробовують розчинність солі Барію цього аніона в мінеральних кислотах. Якщо осад не розчиняється, то є йон  $\text{SO}_4^{2-}$ . Якщо осад розчиняється з виділенням бульбашок газу, то є карбонат-іон. Аніони  $\text{SO}_3^{2-}$  і  $\text{PO}_4^{3-}$  виявляють індивідуальними реакціями.

При виявленні аніона другої аналітичної групи звертають увагу на колір осаду з  $\text{AgNO}_3$  і випробовують розчинність цього осаду в розчині амоніаку, натрій тіосульфату і амоній карбонату. Індивідуальними реакціями підтверджують наявність передбачуваного аніона.

Аніони третьої аналітичної групи виявляють індивідуальними реакціями.

### Хід роботи

#### 1. Визначити склад досліджуваної речовини провівши попередні випробування

---

---

---

---

---

#### 2. Визначити склад досліджуваної речовини встановивши групу катіонів.

---

---

---

---

---

---

---

#### 3. Виявлення катіона та аніона:

| Катіон | Реактив | Рівняння реакції в молекулярному, повному та скороченому йонному вигляді | Умови проведення | Аналітичний ефект реакції |
|--------|---------|--------------------------------------------------------------------------|------------------|---------------------------|
|        |         |                                                                          |                  |                           |
|        |         |                                                                          |                  |                           |
|        |         |                                                                          |                  |                           |
|        |         |                                                                          |                  |                           |
|        |         |                                                                          |                  |                           |

| Аніон | Реактив | Рівняння реакції в молекулярному, повному та скороченому йонному вигляді | Умови проведення | Аналітичний ефект реакції |
|-------|---------|--------------------------------------------------------------------------|------------------|---------------------------|
|       |         |                                                                          |                  |                           |
|       |         |                                                                          |                  |                           |
|       |         |                                                                          |                  |                           |
|       |         |                                                                          |                  |                           |
|       |         |                                                                          |                  |                           |

#### 4. Зробити висновок

Висновок:

---



---



---



---

## ПЕРЕЛІК ТЕОРЕТИЧНИХ ПИТАНЬ ДО РОЗДІЛУ «ЯКІСНИЙ АНАЛІЗ»

1. Як називаються реакції, що супроводжуються певним зовнішнім ефектом?
2. Як називаються реакції, що супроводжуються однаковим аналітичним ефектом для цілої групи йонів?
3. Якими методами можна проводити якісні реакції?
4. У чому суть систематичного ходу аналізу?
5. Чим характеризується чутливість якісної реакції?
6. За якою класифікацією ви вивчали розподіл катіонів на групи?
7. Які реакції називають мікрокристалоскопічними?
8. Як проводять «сухі реакції»?
9. У чому суть дробного методу аналізу?
10. Які катіони відносяться до I аналітичної групи ?
11. Чим відрізняється I аналітична група катіонів від решти груп?
12. У якій з аналітичних груп катіонів груповий реактив відсутній?
13. Який катіон дає з реактивом Несслера червоно-бурий осад?
14. Як виявити йон амонію за допомогою лугу?
15. У який колір забарвлюють полум'я солі калію та натрію?
16. Який реактив використовують для виявлення йона  $K^+$  за допомогою мікрокристалоскопічної реакції? Напишіть рівняння реакції.
17. Як відокремити катіони амонію з розчину?
18. Напишіть рівняння реакції виявлення йона калію за допомогою винної кислоти.
19. Який катіон I аналітичної групи визначають за допомогою калій гексагідроксостибіату(V). Напишіть рівняння реакцій, вкажіть колір осаду.
20. Опишіть хід аналізу суміші катіонів I аналітичної групи.
21. Що таке реактив Несслера? Для виявлення якого катіону його застосовують? Напишіть рівняння реакції.
22. Яка речовина є груповим реактивом на катіони II аналітичної групи?
23. Якого кольору осад, який утворюється при дії групового реактиву на катіони II аналітичної групи?
24. Які найбільш характерні реакції для катіону  $Pb^{2+}$ ?
25. Який колір осаду, що утворився під час проходження реакції катіону  $Ag^+$  з калій хроматом?
26. Що відбувається при дії розчину амоніаку на осад  $Hg_2Cl_2$ ?
27. Напишіть рівняння реакції та вкажіть колір осаду, який утворюється при дії калій йодиду на йони  $Pb^{2+}$ .
28. При додаванні калій йодиду до катіону II аналітичної групи випав осад болотно-зеленого кольору. Який це катіон? Напишіть рівняння реакції.
29. Опишіть хід аналізу суміші катіонів II аналітичної групи.
30. Які катіони відносяться до III аналітичної групи ?
31. Який колір осаду, що випадає під час проходження реакції катіону  $Ba^{2+}$  з груповим реактивом?
32. Напишіть рівняння найбільш характерної реакції для катіона  $Ca^{2+}$ .
33. Напишіть рівняння реакцій катіонів III аналітичної групи з груповим реактивом.
34. Який найхарактерніший реактив на катіон  $Ba^{2+}$  ?
35. Як виконується мікрокристалоскопічна реакція на йон  $Ca^{2+}$ ?
36. З яким реактивом катіон  $Zn^{2+}$  утворює осад жовто-коричневого кольору?
37. Напишіть рівняння реакції, яка підтверджує амфотерні властивості хром(III) гідроксиду.
38. З яким реактивом проводять контролюючу реакцію на катіон  $Al^{3+}$ ?
39. Які катіони виявляють за допомогою окисно-відновної реакції з  $H_2O_2$ ? Напишіть рівняння реакцій.
40. Катіони якої групи при взаємодії з груповим реактивом проявляють амфотерні властивості ?

41. Яка сполука є груповим реактивом на катіони IV аналітичної групи?
42. Напишіть рівняння реакцій, які підтверджують амфотерні властивості алюміній гідроксиду.
43. Якого кольору осади утворюються при дії групового реактиву на розчин катіонів IV групи ? Напишіть відповідні рівняння реакцій.
44. Опишіть хід аналізу суміші катіонів IV аналітичної групи.
45. Які катіони відносяться до V аналітичної групи?
46. З яким реактивом катіон  $Mn^{2+}$  дає осад тілесного кольору?
47. Реакція з яким реактивом на йони  $Fe^{3+}$  характеризується найбільшою чутливістю і специфічністю?
48. Напишіть рівняння реакції катіонів  $Fe^{3+}$  з калій гексаціанофератом(II). Вкажіть колір осаду.
49. Напишіть рівняння реакції найбільш характерної для катіона  $Mg^{2+}$ ?
50. Який реактив окислює йони  $Mn^{2+}$  до  $MnO_4^-$  в присутності концентрованої  $HNO_3$ . Напишіть рівняння реакції. Вкажіть, як змінюється забарвлення розчину.
51. Напишіть рівняння реакцій йонів  $Fe^{3+}$  з груповим реактивом. Осад якого кольору при цьому утворюється?
52. Назвіть такі комплексні сполуки:  $K_3[Fe(CN)_6]$ ,  $[Cu(NH_3)_4]SO_4$ .
53. Напишіть рівняння реакцій дії групового реактиву на катіони V аналітичної групи.
54. З яким реактивом йон  $Cu^{2+}$  утворює осад червоно-бурого кольору? Напишіть рівняння відповідної реакції.
55. Напишіть рівняння реакції взаємодії солей Купруму(II) з лугами. Вкажіть колір осаду.
56. Який катіон виявляють за допомогою реакції з станум(II) хлоридом?
57. Як за допомогою одного і того ж реактиву можна розпізнати катіони  $Zn^{2+}$ ,  $Fe^{3+}$ ,  $Cu^{2+}$ ? Напишіть відповідні рівняння реакцій.
58. Які реактиви використовують для встановлення аналітичних груп аніонів?
59. Напишіть рівняння реакції аніонів I аналітичної групи з груповим реактивом. Вкажіть кольори осадів.
60. Якими реакціями можна виявити карбонат-іон?
61. Яку реакцію використовують для виявлення фосфатів у сечі?
62. Як виявити присутність сульфід-іонів в розчині? Напишіть відповідні рівняння реакцій.
63. Який з аніонів можна виявити за ознакою виділення бульбашок газу?
64. У якого аніона I аналітичної групи сіль барію не розчиняється у кислотах?
65. Напишіть рівняння реакцій аніонів II аналітичної групи з груповим реактивом. Вкажіть кольори осадів.
66. Якого кольору осад випадає при дії на аніон  $S^{2-}$  групового реактиву?
67. Якого кольору осад випадає при дії на аніон  $Cl^-$  групового реактиву?
68. Які аніони виявляють за допомогою хлорної води?
69. Як довести, що білий осад, отриманий після додавання  $AgNO_3$ , є осадом  $AgCl$ ?
70. Напишіть рівняння реакції взаємодії сульфідів з солями кадмію. Вкажіть колір осаду.
71. При дії  $AgNO_3$  випадає світло-жовтий осад, нерозчинний в розведеній  $HNO_3$ . Як перевірити, який аніон присутній в розчині?
72. При дії на розчин хлорної води шар хлороформу забарвився у оранжевий колір. На присутність якого йону це вказує? Напишіть рівняння реакції.
73. Чим третя аналітична група аніонів відрізняється від першої і другої?
74. Напишіть характерні реакції для аніона  $NO_2^-$ .
75. Напишіть характерні реакції для аніона  $NO_3^-$ .

## ТЕСТОВІ ЗАВДАННЯ ДО РОЗДІЛУ «ЯКІСНИЙ АНАЛІЗ»

**1. Яку класифікацію ми використовували для розподілу катіонів на аналітичні групи?**

- A. Нітратну
- B. Амоніачно-фосфатну
- C. Карбонатно-фосфатну
- D. Кисотно-основну
- E. Сульфідну

**2. Які властивості покладено в основу кислотно-основної класифікації катіонів?**

- A. Різну розчинність карбонатів і сульфідів металів у воді
- B. Різну розчинність у воді хлоридів, сульфатів металів, а також відмінності у властивостях їхніх гідроксидів
- C. Неоднакову розчинність карбонатів і сульфідів металів у кислотах
- D. Відмінності у розчинності фосфатів металів у воді
- E. Відмінності у розчинності фосфатів металів у кислотах та розчині амоніаку

**3. В якій з наведених аналітичних груп катіонів груповий реактив відсутній?**

- A. Першій аналітичній групі
- B. Другій аналітичній групі
- C. Третій аналітичній групі
- D. Четвертій аналітичній групі
- E. Шостій аналітичній групі

**4. Як називаються реакції, що супроводжуються певним зовнішнім ефектом?**

- A. Вибірковими реакціями
- B. Аналітичними або якісними реакціями
- C. Чутливими реакціями
- D. Специфічними реакціями
- E. Груповими реакціями

**5. Посиніння крохмалю внаслідок взаємодії зразка з розчином йоду є прикладом**

- A. Індивідуальної реакції
- B. Специфічної реакції
- C. Селективної реакції
- D. Групової реакції
- E. Сухої реакції

**6. Чим характеризується чутливість якісної реакції?**

- A. Виділенням теплоти
- B. Виділенням газу
- C. Утворенням осаду
- D. Відкриванням мінімумом і граничним розбавленням
- E. Виявленні йонів за допомогою характерних реакцій

**7. Катіони якої групи при взаємодії з груповим реактивом проявляють амфотерні властивості?**

- A. Першої аналітичної групи
- B. Другої аналітичної групи
- C. Третьої аналітичної групи
- D. Четвертої аналітичної групи
- E. П'ятої аналітичної групи

**7. Який реактив використовують для виявлення йонів амонію  $\text{NH}_4^+$ ?**

- A. Барій хлорид
- B. Червону кров'яну сіль
- B. Реактив Грісса
- D. Реактив Несслера
- E. Жовту кров'яну сіль

**8. Які катіони змінюють забарвлення полум'я?**

- A.  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$
- B.  $\text{K}^+$ ,  $\text{Al}^{3+}$
- C.  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$
- D.  $\text{Ba}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$
- E.  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$

**9. Для визначення якісного складу препарату на зразок досліджуваного розчину поділяли розчином  $\text{HCl}$ . Випав білий осад, розчинний в водному розчині амоніаку. На наявність яких катіонів вказує цей аналітичний ефект?**

- A. Аргентуму(I)
- B. Меркурію(I)
- C. Меркурію(II)
- D. Барію
- E. Плюмбуму(II)

**10. У розчині, що аналізується, міститься кальцій хлорид і натрій бромід. Для ідентифікації йонів  $\text{Ca}^{2+}$  до розчину, треба додати розчин:**

- A.  $\text{BaCl}_2$
- B.  $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$
- C.  $\text{NaCl}$
- D.  $\text{KI}$
- E.  $\text{CH}_3\text{COONH}_4$

**11. Назва комплексної сполуки  $\text{K}_2\text{Zn}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]_2$ , що утворюється при взаємодії йону  $\text{Zn}^{2+}$  з жовтою кров'яною сіллю**

- A. Калій гексаціаноферат
- B. Калій-цинк гексаціаноферат
- C. Калій гексагідроксоалюмінат
- D. Калій гексаціаноферат(III)
- E. Калій-цинк гексаціаноферат(II)

**12. Який катіон знаходяться у розчині, якщо під дією розчину натрій гідроксиду утворюється сіро-зелений осад, розчинний у надлишку реагенту?**

- A.  $\text{Ca}^{2+}$
- B.  $\text{Fe}^{2+}$
- C.  $\text{Al}^{3+}$
- D.  $\text{Cr}^{3+}$
- E.  $\text{Zn}^{2+}$

**13. Реакція з яким реактивом на йони  $\text{Fe}(\text{III})$  характеризується найбільшою чутливістю і специфічністю?**

- A.  $\text{NaOH}$
- B.  $(\text{NH}_4)_2\text{S}$
- C.  $\text{KSCN}$
- D.  $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$
- E.  $\text{KOH}$

**14. У результаті дії плюмбум(IV) оксиду на розчин, який містить катіони V аналітичної групи в присутності концентрованої нітратної кислоти з'являється фіолетове забарвлення. Які катіони присутні в аналізованому розчині?**

- A.  $\text{Fe}^{2+}$
- B.  $\text{Fe}^{3+}$
- C.  $\text{Mg}^{2+}$
- D.  $\text{Al}^{3+}$
- E.  $\text{Mn}^{2+}$

**15. Характерною реакцією ідентифікації катіонів меркурію(II) є реакція з калій йодидом. При проведенні реакції спостерігають:**

- A. Утворення брудно-зеленого осаду
- B. Утворення оранжево-червоного осаду
- C. Виділення бурого газу
- D. Утворення білого сирнистого осаду
- E. Забарвлення розчину у синій колір

**16. Аніони поділяють на аналітичні групи, беручи до уваги:**

- A. Різну розчинність у воді солей барію з аніонами
- B. Різну розчинність у воді солей аргентуму з аніонами
- C. Різну розчинність у воді та кислотах солей барію й аргентуму з аніонами
- D. Різну розчинність у воді солей барію й аргентуму з аніонами
- E. Різну розчинність у кислотах солей барію й аргентуму з аніонами

**18. Хімік-аналітик проводить якісний аналіз фосфат-іонів за допомогою фармакопейної реакції, в результаті якої утворився жовтий осад. Який реактив використав фахівець?**

- A. Барій хлорид
- B. Аргентум(I) нітрат
- C. Натрій нітрат
- D. Хлоридну кислоту
- E. Калій йодид

**18. У розчині присутні йодид- та хлорид-іони. Виберіть реагент для виявлення йодид-іонів:**

- A. Вапняна вода
- B. Сірководнева вода
- C. Хлорна вода
- D. Гіпсова вода
- E. Баритова вода

**19. Досліджуваний розчин має блакитне забарвлення. Який йон присутній в розчині?**

- A.  $\text{Fe}^{3+}$
- B.  $\text{Cu}^{2+}$
- C.  $\text{Cr}^{3+}$
- D.  $\text{Ba}^{2+}$
- E.  $\text{K}^{+}$

**20. Катіони важкого металу, які входять до складу невідомої речовини, видаляють за допомогою:**

- A. Сульфатної кислоти
- B. Натрій карбонату
- C. Розчину амоніаку
- D. Аргентум(I) нітрату
- E. Натрій гідроксиду

## ЛІТЕРАТУРА

1. Д. Д. Луцевич, А. С. Мороз, О. В. Грибальська, В. В. Огурцов. Аналітична хімія.- К.: Здоров'я, 2009. 296 с.
2. Аналітична хімія: Навчальний посібник / О.Ю. Кичкирук, А.В. Шляніна, Н.В. Кусяк. Житомир: ЖДУ імені Івана Франка, ПП «Євро-Волинь», 2022. 240 с.
3. Сегеда А.С. Лабораторний практикум з аналітичної хімії. – К.: ЦУЛ, Фітосоціоцентр, 2004. 280с.
4. Шляпіна А.В. Практикум з аналітичної хімії: навч. посібник. – К.: ВСВ «Медицина», 2010. 144 с.

ЕЛЕКТРОННЕ НАВЧАЛЬНЕ ВИДАННЯ

**Сташків Ольга Дмитрівна**

**Цюник Наталія Юріївна**

**АНАЛІТИЧНА ХІМІЯ**

**ЯКІСНИЙ АНАЛІЗ**

**Електронний навчальний посібник (робочий зошит)**

Оформлення, художнє редагування, комп'ютерний набір та верстка

*Сташків Ольга Дмитрівна, Цюник Наталія Юріївна*

**Ум. друк. арк. 3,6**

КЗВО ЛОР «Львівська медична академія імені Андрея Крупинського»

79000, м.Львів, вул. П. Дорошенка, 70

Тел.: (032) 261-50-48, тел. /факс: (032) 261-55-42

E-mail: [ldmk@ukr.net](mailto:ldmk@ukr.net)