

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
МИКОЛАЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ**

**Факультет агротехнологій**

*Кафедра  
грунтознавства та агрохімії*

**АНАЛІТИЧНА ХІМІЯ. Модуль II:**

методичні рекомендації для виконання лабораторних робіт  
здобувачами першого (бакалаврського) рівня вищої освіти ООП  
спеціальності 162 «Біотехнології та біоінженерія» денної форми  
здобуття вищої освіти

**Миколаїв  
2025**

УДК 543  
А64

Друкується за рішенням науково-методичної комісії факультету агротехнологій, Миколаївського національного аграрного університету від 15.05.2025 р., протокол № 10

Укладач:

Л. М. Гирля — канд. хім. наук, доцент, доцент кафедри ґрунтознавства та агрохімії, Миколаївський національний аграрний університет

Рецензенти:

О. А. Цвях — завідувачка кафедрою фізичної культури та спорту, канд. біол. наук, доцент, Миколаївський національний університет ім. В. О. Сухомлинського;

В. Г. Миколайчук — канд. біол. наук, доцент, доцент кафедри рослинництва та садово-паркового господарства, Миколаївський національний аграрний університет.

©Миколаївський національний  
аграрний університет, 2025

## ЗМІСТ

|                                                                                      | стор. |
|--------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Передмова .....                                                                      | 4     |
| Схема модулю та рейтингова оцінка знань з модулю                                     |       |
| “Якісний аналіз” .....                                                               | 6     |
| Правила роботи в хімічній лабораторії.....                                           | 7     |
| Сульфідна класифікація катіонів .....                                                | 9     |
| Лабораторна робота 1                                                                 |       |
| Катіони I аналітичної групи ( $K^+$ , $NH_4^+$ ) .....                               | 10    |
| Лабораторна робота 2                                                                 |       |
| Катіони II аналітичної групи ( $Ca^{2+}$ , $Ba^{2+}$ ).....                          | 13    |
| Лабораторна робота 3                                                                 |       |
| Катіони III аналітичної групи ( $Fe^{2+}$ , $Fe^{3+}$ , $Mn^{2+}$ , $Zn^{2+}$ )..... | 17    |
| Лабораторна робота 4                                                                 |       |
| Катіони IV аналітичної групи ( $Pb^{2+}$ , $Cu^{2+}$ ).....                          | 24    |
| Лабораторна робота 5                                                                 |       |
| Аніони .....                                                                         | 31    |
| Заключна контрольна задача                                                           |       |
| “Встановлення формули солі” .....                                                    | 39    |
| Схема аналізу невідомої речовини .....                                               | 44    |
| Питання до колоквиуму з якісного аналізу .....                                       | 47    |
| Рекомендована література .....                                                       | 48    |
| Додатки.....                                                                         | 49    |

## ПЕРЕДМОВА

Згідно з освітньо – професійною програмою підготовки бакалаврів за спеціальністю “Біотехнології та біоінженерія” аналітична хімія є базовою дисципліною, необхідною як для вивчення загальних, так і спеціальних дисциплін. Предметом аналітичної хімії як науки є теорія і практика хімічного аналізу. Аналітична хімія теоретично обґрунтовує методи якісного і кількісного аналізу, за допомогою яких можна визначити якісний склад речовини і встановити кількісні співвідношення елементів в хімічних сполуках. Якісний хімічний аналіз є фундаментом підготовки кваліфікованого фахівця. Даний метод вимагає від здобувача вищої освіти вміння зосередитися на детальному вивченні властивостей хімічних елементів та їх сполук, стану речовин у розчинах, теоретичних основах найважливіших типів хімічних перетворень (реакції кислотно-основні, осаджувальні, комплексоутворюючі, окисно-відновні). При виконанні лабораторних робіт з якісного хімічного аналізу здобувачі вищої освіти набувають навиків виконання основних хімічних операцій, у здобувачів вищої освіти розвивається хімічно-логічне мислення, здатність зробити правильні висновки при встановленні складу речовини.

Запропоновані методичні рекомендації видані з метою надати допомогу при виконанні лабораторних робіт з якісного аналізу.

Готуючись до лабораторних занять необхідно:

а) засвоїти теоретичний матеріал за конспектами лекцій, підручниками, довідковою літературою.

б) оформити протокол проведення роботи в лабораторному журналі за наведеним зразком в методичних рекомендаціях.

Порядок виконання практикуму звичайний: усне або письмове обговорення лабораторної роботи; виконання хімічних дослідів у лабораторії; захист лабораторної роботи. Виконання дослідів в аналітичній хімії вимагає особливої ретельності в роботі в зв'язку з тим, що якісні реакції дають позитивний результат тільки при дотриманні певних умов їх виконання (температура, рН середовища, достатня концентрація іонів, видалення заважаючих реагентів тощо). Залежно від кількості речовини, що досліджується, розрізняють грам-, сантиграм-, міліграм-, мікрограм-, нанограм- та пікограм метод. Для визначення іонів як правило як правило користуються сантиграм-методом і для роботи беруть не більше 0,5г сухої речовини або 1мл розчину за об'ємом.

Розділ “Якісний аналіз” є невід’ємною складовою частиною при вивченні дисципліни “Аналітична хімія” і представляє собою окремий розділ в кредитно-модульній схемі вивчення дисципліни. Для засвоєння матеріалу цього розділу (модуль II) студенту необхідно оволодіти теоретичними основами якісного аналізу, виконати лабораторні роботи згідно з навчальним планом, розв’язати задачі, здати колоквіум, виконати контрольну експериментальну задачу “Встановлення формули солі”, пройти тестування. Рейтингова оцінка знань з модулю “Якісний аналіз” узгоджена з викладанням дисципліни “Аналітична хімія”

### Схема модулю “Якісний аналіз”

|                                |            |
|--------------------------------|------------|
| Лекції                         | 8 годин    |
| Лабораторні заняття            | 10 годин   |
| Колоквіум                      | 2 години   |
| Контрольна                     |            |
| експериментальна задача        | 2 години   |
| Тестові та контрольні завдання | 30 завдань |

### Рейтингова оцінка знань з модулю

| <b>Вид роботи</b>                  | <b>Максимальна оцінка</b> | <b>Мінімальна оцінка</b> |
|------------------------------------|---------------------------|--------------------------|
| Захист лабораторних робіт          | 5 балів                   | 3 бали                   |
| Колоквіум                          | 5 балів                   | 3 бали                   |
| Контрольна експериментальна задача | 3 бали                    | 2 бали                   |
| Тестові та контрольні завдання     | 2 бали                    | 1 бал                    |
| <b>Разом</b>                       | <b>15 балів</b>           | <b>9 балів</b>           |

Під час виконання лабораторного практикуму слід дотримуватися правил роботи в хімічній лабораторії.

## **Правила роботи в хімічній лабораторії**

1. Робоче місце слід тримати в зразковій чистоті і порядку. Якщо що-небудь на столі розлито, його зразу ж слід витерти.
2. Не захащувати робоче місце непотрібними в даний момент речами (портфелями, головними уборами тощо)
3. При користуванні реактивами дотримуватись чистоти і охайності:
  - а) всі склянки з розчинами, банки з сухими реактивами тримати закритими, відкривати їх тільки під час користування;
  - б) закриваючи склянки, не плутати пробок, оскільки в цьому випадку реактиви забруднюються і стають непридатними для користування;
  - в) надлишок взятого реактиву не висипати і не виливати знову в посуд, з якого він був узятий, тому що так можна забруднити його вміст. Надлишок реактиву відливають у вільну пробірку;
  - г) реактиви загального користування не брати на робочі столи, додержуватися порядку в розстановці як реактивів загального користування, так і реактивів на робочих столах індивідуального користування;
  - д) залишки розчинів солей Аргентуму виливати в спеціальні склянки, що знаходяться у витяжних шафах;
  - е) склянки з розчинами при виливанні з них реактиву держати так, щоб етикетка завжди знаходилася зверху і розчин не попадав на неї;

- є) при наливанні розчину із склянки, пробку треба держати в руці або покласти на стіл так, щоб та частина пробки, що вставляється в отвір склянки не торкалася столу;
  - ж) в усіх випадках (за виключенням тих, коли зазначена точна кількість реактиву), брати мінімальну кількість речовини 1-2 мл;
  - і) всі розчини, що містять солі Меркурію, не виливати в раковини, їх зливають в спеціально призначені склянки; солі Меркурію реагують з чавуном труб, виділяють металеву ртуть, яка збирається в колінах комунікацій; пара ртуті отруйна.
4. Розчини кислот, амоніаку та інших летких речовин не випаровувати на робочому столі, всі операції виконувати у витяжній шафі.
5. Після лабораторного заняття без нагадування вимити посуд і привести робоче місце в порядок.



## Сульфідна класифікація катіонів

В якісному аналізі неорганічних речовин переважно досліджують розчини солей, кислот та основ, які в водних розчинах перебувають у дисоційованому стані. Отже, хімічний аналіз водних розчинів електролітів полягає у виявленні окремих іонів (аніонів та катіонів), а не елементів або їх сполук.

## Сульфідна класифікація катіонів

| Сульфіди розчинні у воді                                                        |                                                                         | Сульфіди нерозчинні у воді (або розкладаються водою з утворенням нерозчинних в ній гідроксидів)                         |                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                               |
|---------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Карбонати розчинні у воді                                                       | Карбонати нерозчинні у воді                                             | Сульфіди розчинні в розбавлених кислотах (або розкладаються водою з утворенням розчинних в кислотах гідроксидів)        | Сульфіди нерозчинні в розбавлених кислотах                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                               |
| Перша група<br>$\text{Na}^+, \text{K}^+, \text{NH}_4^+, \text{Mg}^{2+}$ та інші | Друга група<br>$\text{Ca}^{2+}, \text{Sr}^{2+}, \text{Ba}^{2+}$ та інші | Третя група<br>$\text{Al}^{3+}, \text{Cr}^{3+}, \text{Fe}^{3+}, \text{Fe}^{2+}, \text{Mn}^{2+}, \text{Zn}^{2+}$ та інші | Четверта група: I підгрупа - хлориди нерозчинні у воді<br>$\text{Ag}^+, \text{Pb}^{2+}, \text{Hg}_2^{2+}$<br>II підгрупа - хлориди розчинні у воді<br>$\text{Cu}^{2+}, \text{Bi}^{3+}$ | П'ята група - сульфіди розчинні в $\text{Na}_2\text{S}$ :<br>$\text{Hg}^{2+}, \text{As}^{3+}, \text{As}^{5+}, \text{Sb}^{3+}, \text{Sb}^{5+}, \text{Sn}^{2+}, \text{Sn}^{4+}$ |
| Групового реагенту немає                                                        | Груповий реагент<br>$(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$                        | Груповий реагент<br>$(\text{NH}_4)_2\text{S}$                                                                           | Груповий реагент<br>$\text{H}_2\text{S}$ в присутності $\text{HCl}$                                                                                                                    | Груповий реагент<br>$\text{Na}_2\text{S}$                                                                                                                                     |

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №1

### Катіони першої аналітичної групи

До першої аналітичної групи катіонів належать  $K^+$ ,  $NH_4^+$ ,  $Na^+$ ,  $Mg^{2+}$ .

Більшість солей цих катіонів розчинні у воді, тому групового реагенту не мають.

### Зразок оформлення протоколу

| Катіон | Реагент                                | Основні рівняння реакції                                                                                                  | Спостереження                                                                                                                                                                                                                 |
|--------|----------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $K^+$  | Натрій гідроген-тартрат $NaHC_4H_4O_6$ | $KCl + NaHC_4H_4O_6 \rightarrow NaCl + KHC_4H_4O_6 \downarrow$<br>$K^+ + HC_4H_4O_6^- \rightarrow KHC_4H_4O_6 \downarrow$ | 1.Осад білий кристалічний<br>2. Осад випадає за механічної дії<br>3. Осад розчиняється за нагрівання<br>4. Осад розчиняється в лугах<br>5. Осад розчиняється в сильних кислотах<br>6. Осад не розчиняється в слабких кислотах |

Висновок: Для відкриття катіонів калію необхідно:

- а) достатня концентрація іонів калію;
- б) нейтральна реакція досліджуваного розчину ( $CH_3COOH$ );
- в) наявність центрів кристалізації;
- г) проведення реакції на холоді;

д) вилучення заважаючих іонів ( $\text{NH}_4^+$  - прожарюванням)

### **Якісні реакції калій-катиона**

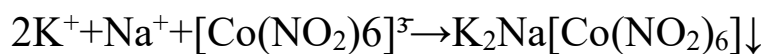
#### **1. Реагент - натрій гідрогентартрат**

В пробірку налейте 5-6 крапель розчину  $\text{KCl}$  та додайте таку ж кількість  $\text{NaHC}_4\text{H}_4\text{O}_6$ .

Прослідкуйте за утворенням білого кристалічного осаду калій гідрогентартрату. Для прискорення реакції вміст пробірки охолоджують шаром холодної води, вносять центри кристалізації шляхом потирання скляною паличкою внутрішніх стінок пробірки. Вивчіть властивості утвореного осаду. Для цього реакційну суміш ( $\text{KCl} + \text{NaHC}_4\text{H}_4\text{O}_6$ ) розділіть на п'ять пробірок: в одну пробірку додайте 2-3 краплі 2М розчину хлоридної кислоти, у другу - стільки ж 2М розчину ацетатної кислоти; у третю - 2М розчин натрій гідроксиду; у четверту - 1-2  $\text{cm}^3$  дистильованої води і нагрійте до кипіння. П'яту пробірку залиште для контролю. Запишіть спостереження. Зробіть висновок щодо умов проведення якісної реакції на іон калію з гідрогентартратом.

#### **2. Реагент - натрій гексанітрокобальтат (III) $\text{Na}_3[\text{Co}(\text{NO}_2)_6]$**

До 2-3 крапель розчину  $\text{KCl}$  додайте 3 краплі розчину або сухого препарату натрій гексанітрокобальтату. Спостерігайте утворення жовтого осаду.



Вміст пробірки розділіть на 4 пробірки. В першу пробірку додайте 1-2 краплі розчину лугу. Спостерігайте утворення аморфного осаду внаслідок розкладання надлишку реактиву



В другу пробірку додайте декілька крапель розчину  $\text{HCl}$ . Відбувається окисно-відновна реакція, змінюється колір осаду і виділяються оксиди Нітрогену.



В третю пробірку додайте 1-2 краплі  $\text{CH}_3\text{COOH}$ . Що спостерігаєте? Четверта пробірка залишається для порівняння. Зробіть висновок про умови відкриття калій-катиону за допомогою натрій гексанітрокобальтату.

### **Якісні реакції амоній (+) катіона**

#### **1. Реагент - сильні основи, луги ( $\text{NaOH}$ , $\text{KOH}$ )**

До  $0,5 \text{ см}^3$  водного розчину амоній хлориду додайте рівний об'єм розчину натрій гідроксиду, суміш перемішайте і обережно нагрійте. Амоніак виявляють за запахом або іншим способом. Для цього до отвору пробірки піднесіть:

а) червоний лакмусовий папірець, змочений дистильованою водою (не торкатися стінок пробірки) Забарвлення папірця в синій або малиновий колір вказує на виділення амоніаку.

б) скляну паличку, змочену концентрованою хлоридною кислотою, піднесіть до пробірки з вмістом  $\text{NH}_4\text{Cl}$  та  $\text{NaOH}$ , утворення білого диму дрібних кристаликів амоній хлориду свідчить про виділення амоніаку.

Реакція специфічна, тому можна виявляти  $\text{NH}_4^+$  - катіон за наявності всіх катіонів.

## 2. Реагент - реактив Несслера

Дикалій тетраіодомеркурат  $\text{K}_2[\text{HgI}_4]$  у суміші з калій гідроксидом з  $\text{NH}_4^+$  - іоном утворює червоно-бурий осад  $[\text{Hg}_2\text{ONH}_2]\text{I}$ , так званий йодид основи Мілона.



Йодид основи Мілона має таку велику барвникову силу, що найменші сліди  $\text{NH}_4^+$  - катіона виявляються за жовтим забарвленням рідини. Реакція якісна навіть з дистильованою водою. Реакція виконується на краплинній пластинці. На чисте вимите скло нанесіть краплю реактиву Несслера і додайте іншою паличкою краплю розчину  $\text{NH}_4\text{Cl}$ . Що спостерігаєте? Якщо на скло першим нанести  $\text{NH}_4\text{Cl}$  і додати реактив Несслера, то можна забруднити реактив Несслера і він буде непридатним для використання. Перевірте відношення утвореного червоно-бурого осаду до кислого середовища, надлишку реагенту Несслера. Зробіть висновок щодо умов виконання якісної реакції амоній - іона з реактивом Несслера.

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №2

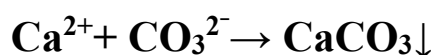
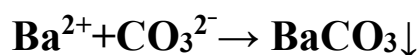
### Катіони другої аналітичної групи

Катіони II аналітичної групи утворені лужноземельними металами. Це s-елементи, типові метали, сильні відновники, на

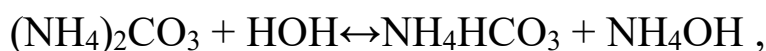
зовнішньому шарі мають два електрони. Ступінь окиснення іонів +2, валентність II. Солі катіонів II аналітичної групи безбарвні, характер зв'язку іонний. Карбонати, сульфати, фосфати, оксалати  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Ba}^{2+}$ ,  $\text{Sr}^{2+}$  практично нерозчинні у воді. На відміну від катіонів I аналітичної групи іони  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Ba}^{2+}$ ,  $\text{Sr}^{2+}$  утворюють нерозчинні у воді карбонати, на чому і ґрунтується їх відділення від іонів I групи.

### Дія групового реагенту

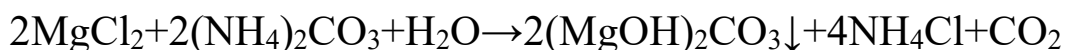
Груповим реагентом на II групу катіонів є амоній або натрій карбонат. Ці речовини переводять катіони барію та кальцію в осад білого кольору



При систематичному ході аналізу в якості групового реагента на катіони II аналітичної групи використовують  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ , оскільки  $\text{NH}_4^+$  - іони можна відкрити в попередніх дослідженнях до відокремлення I аналітичної групи від II. При використанні  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$  враховують можливість гідролізу солі



що приводить до утворення розчинних гідрогенкарбонатів кальцію та барію і виділення катіонів II групи стає неповним. Для зміщення рівноваги в бік утворення  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$  додають розчин  $\text{NH}_4\text{OH}$  (принцип Ле-Шательє). Під дією амоній карбонату окрім катіонів II групи, у осад переходить  $\text{Mg}^{2+}$  у вигляді основної солі



Для запобігання цим процесам до амоній карбонату додають амоній хлорид. Таким чином, осадження катіонів II групи здійснюється амоній карбонатом при наявності амоній гідроксиду та амоній хлориду.

До 2-3 крапель розчинів кальцій хлориду та барій хлориду додайте груповий реагент, перевірте розчинність утворених осадів в HCl, HNO<sub>3</sub>, CH<sub>3</sub>COOH. Складіть відповідні рівняння реакцій.

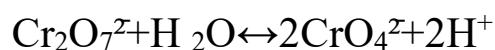
### **Якісні реакції барій-катіона**

#### **1. Реагенти - сульфатна кислота або розчинні сульфати**

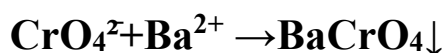
Сульфат - іон утворює з катіонами барію білий дрібнокристалічний осад. Для виконання реакції внесіть в пробірку 1-2 краплі розчину BaCl<sub>2</sub>, додайте 1-2 краплі H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Перевірте розчинність утвореного осаду в кислотах і лугах. Запишіть рівняння реакції в іонному та молекулярному вигляді.

**2. Реагент - калій біхромат K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>** виділяє з розчинів солей барію жовтий осад барій хромату BaCrO<sub>4</sub>, а не дихромату BaCr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>.

В розчинах іони Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub><sup>2-</sup> перебувають в рівновазі з іонами CrO<sub>4</sub><sup>2-</sup>



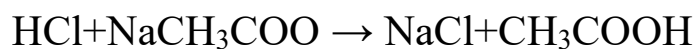
Концентрація CrO<sub>4</sub><sup>2-</sup> є достатньою для того, щоб при введенні Ba<sup>2+</sup> добуток розчинності BaCrO<sub>4</sub> було перевищено раніше, ніж буде досягнуто ДР BaCr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>. В осад випадає менш розчинна сіль



або сумарно



Для повного осадження катіонів барію необхідно замінити сильну кислоту, в якій розчиняється  $\text{BaCrO}_4$  слабкою. З цією метою вводять натрій ацетат



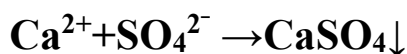
В слабких кислотах  $\text{BaCrO}_4$  не розчиняється.

До 2-3 крапель розчину солі барію додайте 1-2 краплі розчину натрій ацетату та 2-3 краплі розчину  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ , перевірте розчинність осаду в хлоридній та ацетатній кислотах.

### Якісні реакції кальцій-катіона

#### **1. Реагент - сульфатна кислота або розчинні сульфати**

Сульфат - іони осаджують солі кальцію з достатньо концентрованих розчинів.

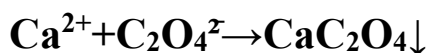


$$\text{ДР}_{\text{CaSO}_4} = 9,1 \cdot 10^6, \text{ДР}_{\text{BaSO}_4} = 1,1 \cdot 10^{10}$$

Особливістю осаду  $\text{CaSO}_4$  є його розчинність в  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ . Проведіть реакцію і перевірте розчинність утвореного осаду в кислотах.

#### **2. Реагент - амоній оксалат**

Іони  $\text{Ca}^{2+}$  утворюють з іонами амоній оксалату білий кристалічний осад, який розчиняється в сильних кислотах і не розчиняється в слабких кислотах.





До 1-2 крапель розчину  $\text{CaCl}_2$  додайте 1-2 краплі розчину  $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$ . Отриманий осад розділіть на 2 частини і перевірте його розчинність в  $\text{HCl}$  та  $\text{CH}_3\text{COOH}$ .

Перехресні реакції. Виконайте реакції взаємодії  $\text{Ba}^{2+}$  з  $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$  та  $\text{Ca}^{2+}$  з  $\text{K}_2\text{CrO}_4$ . Запишіть спостереження і зробіть висновок щодо відкриття кальцію при наявності солей барію. Яка реакція слугує для відокремлення катіонів кальцію від катіонів барію?

## **ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №3**

### **Катіони третьої аналітичної групи**

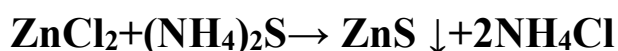
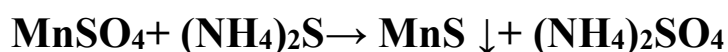
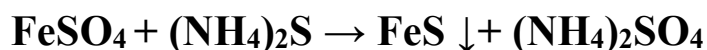
З катіонів III групи вивчають переважно  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Cr}^{3+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{Co}^{2+}$ . Це відносно стійкі іони і досить поширені за звичайних умов. Сульфіді іонів на відміну від сульфідів катіонів I та II аналітичних груп, нерозчинні у воді, але розчиняються в сильних кислотах, чим відрізняються від катіонів IV та V аналітичних груп.

### **Дія групового реагенту**

Груповим реагентом на катіони III групи є амоній сульфід  $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ , який осаджує  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{Co}^{2+}$  у вигляді сульфідів, а  $\text{Cr}^{3+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$  - у вигляді гідроксидів. Сірководень не можна використовувати в якості групового реагента через те, що не досягаються добутки розчинності сульфідів катіонів групи за винятком  $\text{ZnS}$ . Сульфіді і гідроксиди іонів III групи розчинні в сильних кислотах, тому вільні кислоти в досліджуваному розчині

необхідно нейтралізувати амоніаком. Ступінь гідролізу амоній сульфїду досить велика (99,9%) (Складїть рївняння реакції гідролїзу  $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ ). Для повного осадження іонів ІІІ групи необхідно змїстити рївновагу реакції в бїк  $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ , для чого необхідно ввести амонїй гїдроксид. Препарати  $(\text{NH}_4)_2\text{S}$  та  $\text{NH}_4\text{OH}$  повинні бути свїжоприготовленими через те, що при стоянні на повітрі відбувається поглинання  $\text{CO}_2$  і утворення  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ , який може осадити разом з катїонами ІІІ групи катїони ІІ групи.

Подїйте на розчини солей катїонів ІІІ групи груповим реагентом до утворення осаду. Спостерїгайте утворення осадів



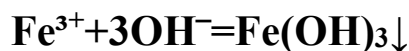
Зверніть увагу на колїр осадів, запишіть свої спостереження. Перевїрте розчинність утворених осадів в розбавлених кислотах.

### **Якісні реакції ферум (ІІІ)- катїона**

Солі  $\text{Fe}^{3+}$  іона жовтого або бурого кольору, у твердому стані стїйкі, у водних розчинах сильно гїдролїзують, тому солі Ферум (3+) іона забарвлені в жовто-бурий або темно-бурий колїр як наслідок присутності у розчині золю ферум (ІІІ) гїдроксиду і показують кислу реакцію. Ферум (ІІІ) - катїон - окисник. Для ферум (ІІІ) катїона характерним є утворення подвійних солей наприклад,  $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12 \text{H}_2\text{O}$ .

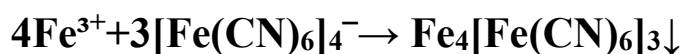
### 1. Реагент - їдкі луги

До 5-7 крапель розчину  $\text{FeCl}_3$  додайте  $\text{KOH}$  або  $\text{NaOH}$  до утворення осаду червоно-бурого кольору.



Переконайтесь в розчинності осаду в кислотах і нерозчинності в лугах

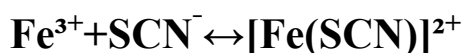
**2. Реагент - калій гексаціаноферат (II) - жовта кров'яна сіль -** утворює з ферум (III) катіоном темно-синій осад "берлінської лазури"



Виконайте аналітичну реакцію в пробірці, добавивши  $1\text{ см}^3$   $\text{FeCl}_3$  та  $1,5\text{ см}^3$   $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ . Розділіть осад на дві частини, подійте на одну частину  $\text{HCl}$ , на іншу -  $\text{NaOH}$ . Переконайтесь, що осад не розчиняється в  $\text{HCl}$  і розкладається в лугах з утворенням  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ , тому реакцію ведіть в нейтральному або слабо кислому середовищі

### 3. Реагент - калій тіоціанат $\text{KSCN}$ або амоній тіоціанат $\text{NH}_4\text{SCN}$

До  $1\text{ см}^3$   $\text{FeCl}_3$  додайте рівний об'єм солі  $\text{KSCN}$  ( $\text{NH}_4\text{SCN}$ ), спостерігайте утворення криваво-червоного розчину ферум роданіду - комплексної солі змінного складу

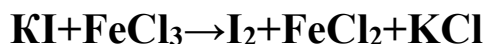


Реакції заважають фторид - іони, які утворюють з катіонами  $\text{Fe} (3+)$  більш міцний комплекс

### 4. Реагент - калій йодид $\text{KI}$

До 4-5 крапель розчину  $\text{KI}$  додайте 2-3 краплі соляної кислоти і 3-4 краплі розчину солі  $\text{Fe}^{3+}$ . Побуріння розчину засвідчує утворення

вільного йоду. В присутності свіжоприготовленого крохмалю розчин синіє



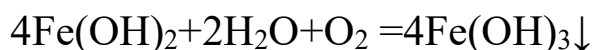
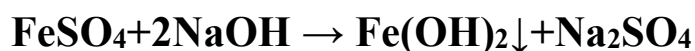
Доберіть коефіцієнти в рівнянні окисно-відновної реакції, визначте окисник та відновник.

### **Якісні реакції феруму (II)-катиона**

Розчини солей ферум (2+) іона забарвлені в блідо-зелений колір, але розбавлені розчини безбарвні. Для виконання реакції візьміть розчин солі  $\text{FeSO}_4$

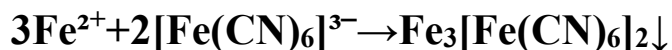
#### **1. Реагент - їдкі луги**

До 4-5 крапель розчину  $\text{FeSO}_4$  додайте  $\text{NaOH}$  або  $\text{KOH}$  до утворення осаду брудно-зеленого кольору. Під дією кисню та води осад змінює своє забарвлення на червоно-буре.



#### **2. Реагент-калій гексаціаноферат (III) $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$**

До 4-5 крапель розчину  $\text{FeSO}_4$  додайте 4-5 крапель калій гексаціаноферату (III). Спостерігайте утворення темно-синього осаду “турнбульової сині”.



Дослідіть відношення осаду до дії лугів та кислот. Запишіть рівняння відповідних реакцій і зробіть висновки щодо умов виконання аналітичної реакції на катіон ферум (2+)

### 3. Реагент - калій перманганат

Окиснення ферум (2+) катіона до ферум (3+) катіона можна здійснити також іншими окисниками: хлорна або бромна вода, нітратна кислота, гідроген пероксид, манган оксид (IV).

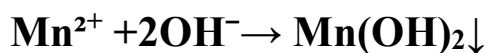
До 4-5 капель розчину  $\text{FeSO}_4$  долейте 1-3 краплі  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , рівний об'єм розчину  $\text{KMnO}_4$ , спостерігайте знебарвлення розчину  $\text{KMnO}_4$ . Складіть рівняння реакції, доберіть коефіцієнти методом електронного балансу, визначте окисник і відновник.

### Якісні реакції манган (II) – катіона

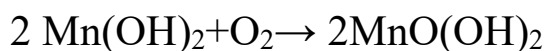
Солі манган (II) катіонів у кристалічному стані і в концентрованих водних розчинах мають блідо-рожевий колір, більшість з них добре розчинні у воді. Розбавлені розчини солей  $\text{Mn}^{2+}$  безбарвні. Для дослідження візьміть розчин  $\text{MnSO}_4$  або  $\text{Mn}(\text{NO}_3)_2$

#### 1.Рреагент - їдкі луги

Луги утворюють з катіонами  $\text{Mn}^{2+}$  білий осад



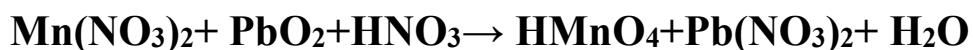
До 2-3 капель розчину  $\text{MnSO}_4$  додайте  $\text{NaOH}$  до утворення білого осаду. Зверніть увагу на те, що осад поступово буріє внаслідок окиснення  $\text{Mn}(\text{OH})_2$  до  $\text{MnO}(\text{OH})_2$



Переконайтесь у розчинності  $\text{Mn}(\text{OH})_2$  в  $\text{HCl}$  і нерозчинності в лугах.

## 2. Реагент - окиснююча суміш $\text{PbO}_2 + \text{HNO}_3$

Катіон  $\text{Mn}^{2+}$  безбарвний, аніон  $\text{MnO}_4^-$  має малинове забарвлення. В якості окисника використовуйте плюмбум оксид (IV)  $\text{PbO}_2$ , окиснення ведіть в азотнокислому середовищі. Виконуйте реакцію таким чином: пробірку сполосніть невеликою кількістю розчину  $\text{MnSO}_4$  і вилийте розчин так, щоб на стінках пробірки залишилися тільки сліди розчину, потім додайте в пробірку 1-2 кристалики  $\text{PbO}_2$ , долийте туди 2-3 мл (1:1)  $\text{HNO}_3$  і обережно, весь час струшуючи вміст пробірки, нагрійте її до кипіння. Дайте осадку відстоятися. Розчин над осадом забарвлюється в малиновий колір внаслідок утворення кислоти  $\text{HMnO}_4$ .



Доберіть коефіцієнти в рівнянні окисно-відновної реакції методом електронного балансу. Вкажіть окисник та відновник. Проведенню реакції заважають відновники  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{S}^{2-}$ ,  $\text{Br}^-$ , надлишок  $\text{Mn}^{2+}$ .

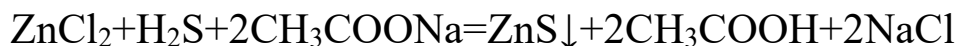
### Якісні реакції цинк (II) – катіона

Солі цинк (2+) катіонів безбарвні, більшість з них розчинні у воді. Для вивчення властивостей цинк (2+) катіонів користуються водними розчинами  $\text{ZnSO}_4$  - цинк сульфату або  $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$  - цинк динітрату.

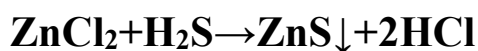
#### 1. Реагент – $\text{H}_2\text{S}$ сірководень (дигідрогенсульфід)

У пробірку візьміть 1-2 краплі розчину солі  $\text{Zn}(2+)$  катіона, додайте краплю водного розчину  $\text{CH}_3\text{COONa}$  і 1-2 краплі свіжо - приготовленого розчину  $\text{H}_2\text{S}$  або  $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ .

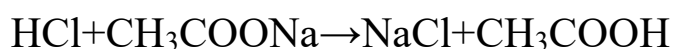
Увага! Розчин виконуйте у витяжній шафі. Спостерігайте утворення білого пластівчастого осаду.



$\text{CH}_3\text{COONa}$  необхідний для повного осадження  $\text{S}^{2-}$ ,  $\text{ZnS}$  розчинний в сильних кислотах, які утворюються при осадженні  $\text{ZnS}$ .



Утворена сильна кислота при взаємодії з  $\text{CH}_3\text{COONa}$  витісняє слабку кислоту, в якій  $\text{ZnS}$  нерозчинний



## 2. Реагент - їдкі луги

До 4-5 крапель солі  $\text{Zn}(2+)$  по краплях додайте  $\text{NaOH}$  або  $\text{KOH}$  до утворення білого аморфного осаду. Розділіть осад на три частини: одну розчиніть в  $\text{HCl}$ , іншу в надлишку лугу, третю - збережіть для контролю. Що спостерігаєте? Складіть іонні рівняння утворення цинк гідроксиду, доведіть амфотерність  $\text{Zn}$  за допомогою хімічних рівнянь.

## 3. Реагент - кобальт динітрат $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$

На смужку фільтрувального паперу нанесіть 1-2 краплі водного розчину цинк сульфату і стільки ж крапель  $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$ , підсушіть і спаліть папір в тиглі або в фарфоровій чашці. Зола має темно-зелене забарвлення (“рінманова зелень”), обумовлене утворенням кобальт (II) диоксоцинкату зеленого кольору



“рінманова зелень”

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №4

### Катіони четвертої аналітичної групи

До IV групи належать катіони  $\text{Ag}^+$ ,  $\text{Hg}_2^{2+}$ ,  $\text{Pb}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Cd}^{2+}$ ,  $\text{Bi}^{3+}$ .

Від катіонів III групи вони відрізняються нерозчинністю сульфідів в розведених сильних кислотах. Сульфіди катіонів IV групи мають дуже невеликі значення добутків розчинності (ДР), що перевищуються не тільки під дією амоній сульфіду, але й при пропусканні сірководню, який дає значно менше сульфід-іонів. Перевищення ДР відбувається навіть при наявності сильних кислот, які пригнічують дисоціацію  $\text{H}_2\text{S}$ .

### Дія групового реагенту

Груповим реагентом на катіони IV групи є сірководень в кислому середовищі. Сірководень представляє собою слабку кислоту яка дисоціює за двома ступенями:

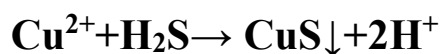
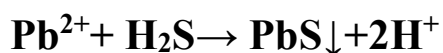
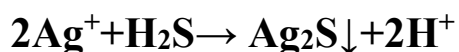


Необхідні для осадження сульфід-іони можуть з'єднуватися з катіонами гідрогену  $\text{H}^+$  в гідроген сульфід  $\text{HS}^-$  і в подальшому в малодисоційовані молекули  $\text{H}_2\text{S}$ . Таким чином, концентрація сульфід-іонів залежить від кількості іонів Гідрогену, тобто від величини рН. Осадження того чи іншого сульфіду та повнота осадження визначається значенням рН розчину. Так, з сильно кислих розчинів (невеликі рН, значна кількість  $\text{H}^+$ ) сірководень осаджує найменш розчинні сульфіди з досить малим значенням ДР. З нейтральних або лужних розчинів ( $\text{pH} > 7$ ) сірководень осаджує не тільки малорозчинні, але й сульфіди з досить великим значенням



ДР. Регулюючи значення рН розчину, відокремлюють катіони IV групи від катіонів III групи. В IV групі найменш розчинними є купрум сульфід ( $ДР=8,5 \cdot 10^{-45}$ ), а найбільш розчинним - кадмій сульфід ( $ДР=3,6 \cdot 10^{-29}$ ). З сульфідів катіонів III групи найменш розчинним є цинк сульфід ( $ДР=1,2 \cdot 10^{-23}$ ), а найбільш розчинним манган сульфід ( $ДР=1,4 \cdot 10^{-25}$ ). В цілому сульфід катіонів IV групи менш розчинні в порівнянні з сульфідами III групи, тому катіони IV групи осаджуються сірководнем з більш кислих розчинів при більш низьких значеннях рН ( $pH=0,5$ ).

Сірководень виділяє з розчину солей Аргентуму, Плюмбуму та Купруму чорні осад



В пробірку з 1-2 краплями розчинів  $CuSO_4$ ,  $Pb(NO_3)_2$ ,  $AgNO_3$  додайте по 5-6 крапель води, підкисліть розчином  $HCl$  і поступово пропустіть сірководень. Переконайтесь в нерозчинності утворених сульфідів в кислотах за винятком  $HNO_3$ .

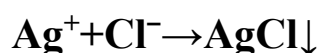
Нітратна кислота розчиняє  $CuS$  внаслідок окисно-відновної реакції



Катіони IV групи ділять на дві групи, в I підгрупу (підгрупа Аргентуму) входять  $Ag^{+}$ ,  $Hg_2^{2+}$ ,  $Pb^{2+}$ , що утворюють з соляною кислотою нерозчинні хлориди; до другої підгрупи належать іони  $Cu^{2+}$ ,  $Cd^{2+}$ ,  $Bi^{3+}$  (підгрупа Купруму), хлориди яких розчинні у воді.

Під дією HCl катіони IV групи легко розділити на дві підгрупи. Катіони II підгрупи залишаються в розчині, а катіони першої підгрупи - в осаді.

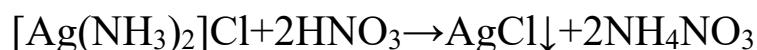
Для дослідження візьміть 1-2 краплі розчину  $\text{AgNO}_3$  і додайте HCl до утворення білого осаду.



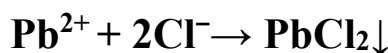
Перевірте розчинність утвореного осаду в кислотах та надлишку амоніаку.



Нітратна кислота руйнує комплекс аргентум діамінхлорид і знову випадає осад  $\text{AgCl}$ .



З катіонами плюмбуму хлорид-іони також утворюють білий осад



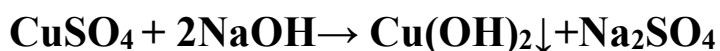
Особливістю цього осаду є його розчинність в гарячій воді.

### **Якісні реакції купрум (II)-катіона**

Катіони купрум (2+) блакитного кольору, його солі (стійкі кристалогідрати) мають синє або зелене забарвлення. Більшість солей добре розчиняються у воді. Безводні солі купрум (2+) безбарвні або жовті. Для дослідження характерних реакцій купрум (2+) катіона користуються купрум (II) сульфатом  $\text{CuSO}_4$  або купрум (II) хлоридом.

## 1. Реагент - їдкі луги

У пробірку візьміть 1-2 краплі водного розчину  $\text{CuSO}_4$ , додайте стільки ж крапель розчину лугу, перемішайте і спостерігайте утворення блакитного осаду, кольору “морської хвилі”.



Перевірте розчинність осаду в сильних кислотах та лугах за звичайних умов та нагрівання.

## 2. Реагент - амоній гідроксид $\text{NH}_4\text{OH}$

До 2-3 крапель водного розчину  $\text{CuSO}_4$  обережно краплями додайте розчин  $\text{NH}_4\text{OH}$  до утворення зеленкуватого осаду основної солі купруму  $(\text{CuOH})_2\text{SO}_4$ . Потім краплями додайте цей же розчин  $\text{NH}_4\text{OH}$  - до повного розчинення осаду і утворення темно-синього комплексу складу  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4$

Сумарне рівняння реакції має вигляд



Складіть рівняння реакції одержання основної солі, а потім її розчинення в надлишку  $\text{NH}_4\text{OH}$ .

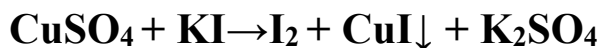
## 3. Реагент - залізо

Активні метали ( ферум, цинк, алюміній) відновлюють купрум (II) катіони до вільного металу, який має вигляд червоної губчастої маси.

У пробірку помістіть 0,2 см<sup>3</sup> водного розчину  $\text{CuSO}_4$ , додайте такий же об'єм розчину сульфатної кислоти і внесіть відновлене залізо. Через деякий час спостерігайте утворення вільної міді. Складіть рівняння реакції.

#### 4. Реагент - калій йодид

До водного розчину  $\text{CuSO}_4$  додайте рівний об'єм розчину  $\text{KI}$ . Відбувається відновлення  $\text{Cu}^{2+}$  до  $\text{Cu}^+$  і утворення вільного йоду, що надає суміші жовто-бурий колір.



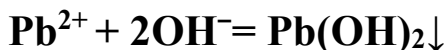
Методом електронного балансу доберіть коефіцієнти в рівнянні окисно-відновної реакції, вкажіть окисник і відновник.

#### Якісні реакції плюмбум (II)-катиона

З розчинних солей плюмбум (II)-катиона відомі плюмбум (II) динітрат  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  та плюмбум (II) диацетат  $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2$ . Решта солей плюмбум (II)-катиона не розчиняється у воді.

##### 1. Реагент - їдкі луги

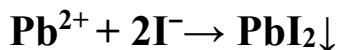
До 4-5 крапель розчинної солі плюмбум (II)-катиона додайте  $\text{NaOH}$  ( $\text{KOH}$ ) до утворення білого осаду.



Плюмбум (II) гідроксид володіє амфотерними властивостями, доведіть це експериментально, розділивши вміст пробірки на три частини: одну частину залиште для контролю, а в інші дві додайте необхідні реагенти до розчинення осаду. Запишіть відповідні рівняння реакцій.

##### 2. Реагент - калій йодид.

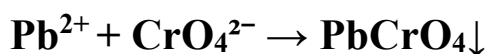
До 1-3 крапель розчину плюмбум (II) динітрату в пробірці додайте рівну кількість розчину калій йодиду. Утворюється жовтий кристалічний осад  $\text{PbI}_2$



Проведіть перекристалізацію розчину . Для цього до утвореного осаду додайте близько 3см<sup>3</sup> води, 2М розчин ацетатної кислоти і нагрійте до повного розчинення осаду. Безбарвний гарячий розчин PbI<sub>2</sub> різко охолодіть в струмені водопровідної води. При цьому виділяється осад PbI<sub>2</sub> у вигляді блискучих золотисто-жовтих кристалів (“золотистого дощу”). Це одна з найкрасивіших аналітичних реакцій. Для її виконання необхідно: а) взяти стехіометричну кількість речовини реактиву KI; б) рН розчину довести до 5; в) в розчині не повинні бути Fe<sup>3+</sup>, Cu<sup>2+</sup>, CrO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, MnO<sub>4</sub><sup>-</sup> іони.

### **3. Реагент – калій хромат K<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub> або калій дихромат K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>**

До 1-3 крапель солі плюмбуму (II)-катиона додайте калій хромат для утворення жовтого дрібнокристалічного осаду



При використанні калій дихромату (VI) до аналізованого розчину додайте кілька крапель розчину натрій ацетату, який гідролізує і зв’язує гідроген (+1) катіони у слабку кислоту

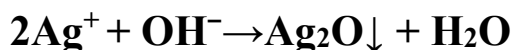


### **Якісні реакції аргентум (I)-катиона**

Для аналітичного визначення катіонів аргентуму (I) користуються розчином AgNO<sub>3</sub>

#### **1. Реагент - їдкі луги**

До 2-3 крапель водного розчину AgNO<sub>3</sub> додайте NaOH (KOH) до утворення чорного осаду



Перевірте розчинність утвореного осаду в амоніаку, нітратній, ацетатній кислоті та лугах. Складіть рівняння відповідних реакцій.

## 2. Реагент - амоній гідроксид

До 2-3 крапель розчину  $\text{AgNO}_3$  додайте розчин амоніаку до утворення осаду. Надлишок реактива  $\text{NH}_4\text{OH}$  розчиняє утворений осад.



сновною умовою реакції є стехіометрична кількість речовини реактиву.

Розчинення  $\text{Ag}_2\text{O}$  в надлишку  $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$  відбувається за реакцією

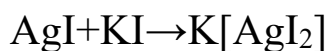


## 3. Реагент - калій йодид KI

Катіон  $\text{Ag}^+$  утворює з калій йодидом жовтий осад аргентум йодиду

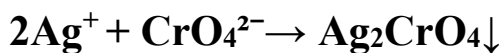


Проробіть реакцію і перевірте відношення осаду до амоніаку та надлишку KI.



## 4. Реагент - калій хромат $\text{K}_2\text{CrO}_4$

До 2-3 крапель водного розчину  $\text{AgNO}_3$  додайте калій хромат до утворення цегляно-червоного осаду аргентум хромату



Осад розчиняється в нітратній кислоті, амоніаку і не розчиняється в ацетатній кислоті.

## 5. Реагент - формальдегід HCON

До 3-4 крапель розчину  $\text{AgNO}_3$  у пробірці додайте водний розчин амоніаку до розчинення утвореного осаду, 1-2 краплі розчину формальдегіду і нагрійте на водяній бані. На стінках пробірки виділяється відновлене металеве срібло



## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 5

### Аніони

#### *Класифікація аніонів за групами*

Класифікація аніонів ґрунтується на різній розчинності солей Барію та Аргентуму відповідних кислот. Для виявлення аніонів використовують такі властивості: здатність утворювати малорозчинні або забарвлені координаційні сполуки, окисно-відновні властивості, руйнування деяких аніонів у кислому середовищі, леткість окремих вільних кислот чи їх оксидів.

Групові реактиви на аніони використовуються лише для виявлення тієї чи іншої групи аніонів, а не для розділення груп аніонів.

## Аналітична класифікація аніонів

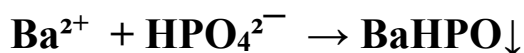
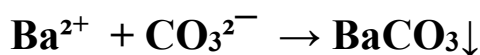
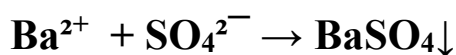
| № групи             | I група                                                                                                                                   | II група                                                                          | III група                                                  |
|---------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|
| Аніони, групи       | Сульфат-іони $\text{SO}_4^{2-}$<br>Карбонат-іони $\text{CO}_3^{2-}$<br>Фосфат-іони $\text{PO}_4^{3-}$<br>Силікат-іони $\text{SiO}_3^{2-}$ | Хлорид-іони $\text{Cl}^-$<br>Бромід-іони $\text{Br}^-$<br>Йодид-іони $\text{I}^-$ | Нітрат-іони $\text{NO}_3^-$<br>Нітрит-іони $\text{NO}_2^-$ |
| Характеристика груп | Барієві солі важкорозчинні у воді, але розчиняються в розбавлених кислотах за винятком $\text{BaSO}_4$                                    | Солі аргентум-катіона важко розчинні в воді і в $\text{HNO}_3$                    | Солі Барію та Аргентуму розчинні у воді                    |
| Груповий реагент    | $\text{BaCl}_2$ в нейтральному або лужному середовищі (pH 7-9)                                                                            | $\text{AgNO}_3$ в присутності $\text{HNO}_3$                                      | Групового реагенту немає                                   |

### Перша аналітична група аніонів

#### Дія групового реагенту

Для дослідження вибирають розчинні солі сульфат-, карбонат-, гідрогенфосфат- аніонів.

Приготуйте 3 пробірки і в кожну з них окремо додайте по 2-3 краплі сульфат-іонів, карбонат-аніонів та гідрогенфосфат-іонів. В кожну пробірку додайте розчин  $\text{BaCl}_2$  до утворення осаду



Перевірте розчинність утворених осадів в кислотах. Зверніть увагу, що барій карбонат розчиняється з утворенням бульбашок

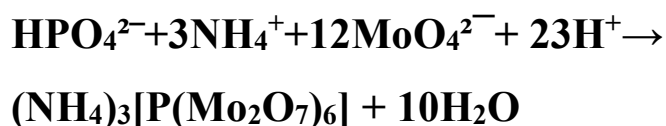


газу, барій гідрогенфосфат розчиняється без виділення газу, особливістю  $\text{BaSO}_4$  є його нерозчинність ні в кислотах, ні в лугах. Складіть рівняння реакції розчинення осадів і зробіть висновки щодо умов осадження аніонів I аналітичної групи.

Перевірочними реакціями на фосфат-іони є дія молібденової рідини та утворення амоніймагній фосфату.

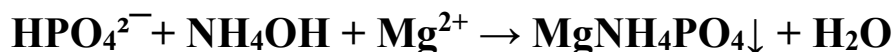
**а) молібденова рідина**

Візьміть 10 крапель розчину амоній молібдату  $(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4$ , стільки ж концентрованої нітратної кислоти і суміш нагрійте до  $50^\circ - 60^\circ \text{C}$ . До нагрітої суміші додайте 3-4 краплі розчину натрій фосфату, перемішайте, злегка нагрійте на водяній бані і спостерігайте утворення кристалічного жовтого осаду або появу жовтого забарвлення розчину за невеликої концентрації фосфат-аніона.



**б) магнезіальна суміш ( $\text{MgCl}_2 + \text{NH}_4\text{OH} + \text{NH}_4\text{Cl}$ )**

До 2 крапель розчину магній хлориду додайте краплями розчин амоніаку до утворення білого осаду, який розчиняють, доливаючи розчин амоній хлориду, а потім додають кілька крапель розчину натрій гідрогенфосфату  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ . Утворюється білий кристалічний осад амоніймагній фосфат, який розчиняється в мінеральних кислотах



Важливою умовою реакції є послідовність додавання розчинів реактивів.

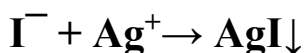
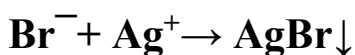
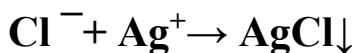
### **Друга аналітична група аніонів**

Другу аналітичну групу аніонів утворюють р-елементи, розміщені у верхньому правому кутку періодичної системи Д.І. Менделєєва. Цим елементам властиве утворювати сполуки з Гідроґеном – гідроґен сульфід, гідроґен хлорид, гідроґен бромід, гідроґен йодид. У водному розчині наведені сполуки виявляють кислотні властивості, тому їх розчини називаються кислотами. Продукти заміщення атомів Гідроґену на метали представляють собою солі, побудовані з реальних катіонів та аніонів, характер зв'язку іонний. Аніони безбарвні. За окисно-відновними властивостями аніони другої групи - відновники, при цьому окиснюються до утворення вільних простих речовин. Відновні властивості аніонів другої групи знайшли своє практичне використання в аналізі аніонів другої групи.

### **Дія групового реагенту**

Груповим реагентом на аніони II аналітичної групи є  $\text{AgNO}_3$  в присутності  $\text{HNO}_3$ .

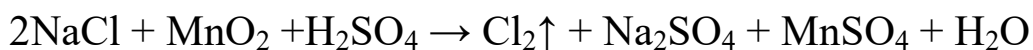
В три пробірки налейте по 2-3 краплі відповідних солей аніонів:  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Br}^-$ ,  $\text{I}^-$ , додайте розчин  $\text{AgNO}_3$  до утворення осадів.



Зверніть увагу на колір осадів. Перевірте розчинність осадів в  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{NaOH}$ ,  $\text{NH}_4\text{OH}$ . Складіть рівняння реакцій розчинення осадів та зробіть висновки щодо умов проведення даних реакцій.

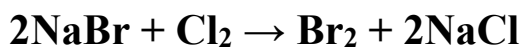
Сильні окисники ( $\text{KMnO}_4$ ,  $\text{KClO}_3$ ,  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ) в кислому середовищі переводять іони галогенів у вільний стан.

В якості окисника можна використати і  $\text{MnO}_2$ . До 2-3 крапель розчину натрій хлориду додайте 2-3 кристалики  $\text{MnO}_2$  та 1-2 краплі концентрованої сульфатної кислоти, суміш нагрійте, спостерігається виділення вільного Хлору.



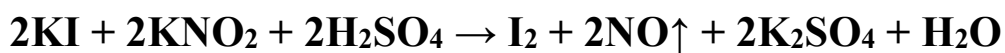
Піднесіть до отвору пробірки йодкрохмальний папірець, спостерігайте змінення забарвлення папірця.

Для визначення бромід-аніону користуються хлорною водою. 2 - 3 краплі розчину солі броміду підкисліть 2-3 краплями сульфатної кислоти додайте 1-2 краплі свіжоприготовленої хлорної води та 2-3 краплі бензену. Суміш перемішайте і спостерігайте утворення червоного-бурого кольору Броду, який краще розчиняється в бензолі, ніж у воді



Аніон йоду окиснюється менше, ніж хлорид і бромід-іони. Навіть такі слабкі окисники, як  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{NO}_2^-$  виділяють вільний йод з йодидів.

До 1-2 крапель розчину калій йодиду додайте стільки ж розчину натрій нітриту, підкисліть 2н.  $\text{H}_2\text{SO}_4$  і додайте 1-2 краплі крохмального розчину. Спостерігайте утворення синьої адсорбційної сполуки крохмалю з йодом.



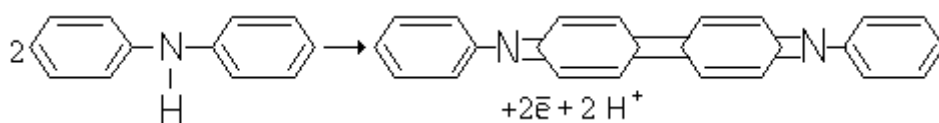
### Третя аналітична група аніонів

До III групи аніонів належать нітрат  $\text{NO}_3^-$  та нітрит  $\text{NO}_2^-$  - іони. Солі цих аніонів добре розчинні у воді, в тому числі солі Аргентуму та Барію. Групового реагенту на аніони III групи немає. Нітрат-іон має вищий ступінь окиснення +5 і тому виявляє тільки окиснювальні властивості, нітрит-іон перебуває в проміжному стані, ступінь окиснення +3 і тому може виявляти окисно-відновну двоїстість. Нітрати завжди присутні в природних водах, до 20 мг/л. На відміну від нітратів нітрити дуже отруйні і роблять воду непридатною для користування як людиною, так і сільськогосподарськими тваринами.

### Реакції нітрат-аніона

Майже всі солі нітратної кислоти розчинні у воді, тому їх не можна відкривати осадженням. Для вивчення властивостей нітрат-аніона користуються водними розчинами калій або натрій нітратів. Нітрати відкривають, ґрунтуючись на реакціях окиснення, тому при визначенні нітрат-аніонів недопустима наявність інших окисників, які дають ті ж самі реакції.

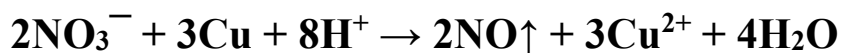
**1. Реагент-дифеніламін** утворює сполуку інтенсивно-синього забарвлення



Реакція виконується на предметному скельці

## 2. Реагент – металева мідь

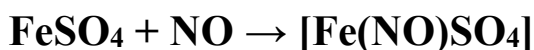
В пробірку візьміть трохи знежирених ошукрок міді, додайте 0,5 см<sup>3</sup> розчину калій нітрату та 1 см<sup>3</sup> концентрованої нітратної кислоти. Вміст пробірки нагрійте і на білому фоні спостерігайте виділення безбарвного газу NO, який з часом буріє, окиснюючись до NO<sub>2</sub>.



## 3. Реагент – ферум (II) сульфат

Ферум (II) сульфат з нітрат-аніоном у концентрованій сульфатній кислоті утворює координаційну сполуку бурого кольору [Fe(NO)SO<sub>4</sub>]

На краплинну пластинку помістіть краплю розчину NO<sub>3</sub><sup>-</sup> аніона, внесіть невеликий кристалик FeSO<sub>4</sub> і додайте краплю концентрованої H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Спостерігайте утворення бурого кільця навколо кристалика FeSO<sub>4</sub>.



4. Реагент – сечовина CO(NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub> з концентрованою нітратною кислотою утворює осад малорозчинної солі нітрат-сечовини.



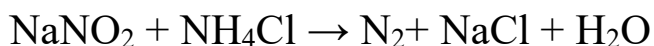
До концентрованого розчину сечовини додають стільки ж концентрованої нітратної кислоти. Випадає осад нітрат сечовини. Здатність сечовини утворювати малорозчинні солі нітратної кислоти використовують для виявлення сечовини в сечі людини, за добу людина з сечею виділяє сечовину масою 30г.

## Реакції нітрит-аніона

Практично всі солі нітритної кислоти добре розчинні у воді,  $\text{AgNO}_2$  розчиняється за нагрівання. Аніон  $\text{NO}_2^-$  безбарвний.

**1. Реагент – дифеніламін**, розчинний у концентрованій сульфатній кислоті, утворює синє забарвлення розчину. На скляну пластинку візьміть 1-2 краплі розчину дифеніламіну і додайте краплю розчину солі нітриту. Спостерігайте утворення синього забарвлення. Аналогічно реагує на дифеніламін нітрат-іон, тому перед відкриттям нітрат-іона треба видалити нітрит-іон.

Для видалення нітрит-іона до 3-4 крапель розчину солі нітриту додайте твердий амоній хлорид до насиченого розчину, протягом 5-6 хвилин нагрівайте суміш на водяній бані. Спостерігайте утворення вільного азоту. Повноту видалення  $\text{NO}_2^-$  перевірте реакцією з  $\text{KMnO}_4$ .



### **2. Реагент – металевий алюміній або цинк**

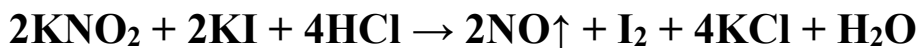
Внесіть у пробірку 5 крапель розчину калій нітриту, 6 крапель розчину калій гідроксиду, алюміній, закрийте пробірку вологим лакмусовим папірцем і нагрійте вміст пробірки на водяній бані. Спостерігайте посиніння індикатора.



### **3. Реагент – калій йодид**

До 2 крапель розчину калій йодиду додайте 2-4 краплі розчинів  $\text{KNO}_2$  та  $\text{HCl}$ , спостерігайте виділення вільного йоду та бурого газу

нітроген (IV) оксиду, який утворюється при окисненні нітроген (II) оксиду киснем повітря.



В основі відкриття нітрит-аніона цією реакцією лежать окисні властивості нітрит-аніона.

#### **4. Реагент – калій перманганат**

До 2-3 крапель розчину калій перманганату додайте стільки ж 2н.  $\text{H}_2\text{SO}_4$  і 5-6 крапель розчину калій нітриту. Знебарвлення розчину обумовлено відновними властивостями нітрит-іона.



Проведіть аналогічну реакцію з нітрат-аніоном. Що спостерігаєте?

### **Заключна контрольна задача**

#### **«Встановлення формули солі»**

Перед проведенням аналітичних реакцій вивчіть фізичні властивості речовини, зверніть увагу на форму, величину і особливо колір кристалів. Наявність в зразку речовини зелених кристалів дозволяє зробити допущення про присутність солей  $\text{Fe}^{2+}$ , синіх - про присутність солей  $\text{Cu}^{2+}$ , рожевих - про присутність  $\text{Mn}^{2+}$  або  $\text{Co}^{2+}$ . Одержаний у викладача зразок розділіть на три частини: одна призначена для відкриття катіонів, друга - для виявлення аніонів, третя використовується для попереднього дослідження і залишається в запас.

### Переведення солі в розчин

1. Кілька кристалів речовини спробуйте розчинити в воді (спочатку в холодній, потім в гарячій воді).
2. Якщо сіль у воді нерозчинна (катіони I групи відсутні), випробуйте її розчинність в кислотах - розведеній хлороводневій або оцтовій без нагрівання і за нагрівання. При розчиненні речовини в хлороводневій кислоті слідкуйте за виділенням газу, це служить ознакою нестійкого аніона  $\text{CO}_3^{2-}$ . Після розчинення речовини в кислоті, надлишок її нейтралізуйте  $\text{NH}_4\text{OH}$  до слаболужної реакції і приступайте до відкриття катіонів і аніонів.
3. Якщо сіль не розчинилася ні у воді, ні у кислотах, зробіть содову витяжку:  $\frac{1}{3}$  частину солі обробіть 30% розчином соди, прокип'ятіть 10-15 хвилин. Дайте відстоятися і обережно злийте розчин з осаду на фільтр, при цьому нерозчинні в кислотах сульфати переходять в карбонати, до того ж катіон, який шукаємо, перебуває в осаді, а аніон - в розчині.

Фільтрат обережно нейтралізуйте оцтовою кислотою для видалення надлишку  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  до припинення виділення  $\text{CO}_2$  і використайте для відкриття аніона.

Осад перенесіть на фільтр, старанно промийте дистильованою водою і розчиніть в оцтовій кислоті. В цьому розчині відкрийте катіон.



## **I Відкриття катіонів**

### **Попередні дослідження**

а) при виявленні окремих груп іонів користуються груповими реагентами  $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ ,  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$  і неможливо визначити чи були іони  $\text{NH}_4^+$  в досліджуваному розчині чи вони внесені із зазначеними груповими реагентами, тому в попередніх дослідженнях перед систематичним аналізом речовини проводять попередні дослідження, де встановлюють наявність іонів  $\text{NH}_4^+$  за допомогою реактива Несслера або лугів. При наявності іонів  $\text{NH}_4^+$  їх необхідно вилучити термічним розкладанням (див. "Аналіз суміші катіонів I та II аналітичних груп")

б) попереднє встановлення іонів  $\text{Fe}^{2+}$  та  $\text{Fe}^{3+}$  обумовлено тим, що під час аналізу проводяться реакції окиснення-відновлення і є можливість перевodu  $\text{Fe}^{2+}$  в  $\text{Fe}^{3+}$  та  $\text{Fe}^{3+}$  в  $\text{Fe}^{2+}$ , тому в попередніх дослідженнях відкривають  $\text{Fe}^{2+}$  за допомогою  $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  і  $\text{Fe}^{3+}$  за допомогою  $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$

### **Систематичний хід аналізу**

Під час відкриття катіонів за допомогою групових реагентів слід пам'ятати, що утворення осаду при дії групового реагенту на досліджуваний розчин, свідчить про те, що у розчині є катіони певної аналітичної групи. Якщо осад не випадає, то жоден з катіонів групи не присутній у розчині.

### **Дослідження катіонів III - IV груп**

Відкриття катіонів починайте з останніх груп, додайте до досліджуваного розчину  $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ . Якщо осад утворився, зверніть

увагу на його колір, це може вказати на присутність тих чи інших катіонів III-IV груп. Для встановлення належності катіонів до конкретної групи подійте на розчин кислотою (HCl, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>). Розчинення осаду в кислоті свідчить про наявність катіонів III групи у розчині; нерозчинність сульфідів у кислоті - про наявність катіонів IV групи. Якщо осад між досліджуваним розчином та (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>S не утворився, то у розчині відсутні катіони III та IV аналітичних груп.

### **Дослідження катіонів II групи**

До досліджуваного розчину додайте розчин (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>. Утворення осаду свідчить про наявність катіонів Ca<sup>2+</sup> та Ba<sup>2+</sup> або одного з цих іонів. Перевіряємо розчин на присутність катіонів Ba<sup>2+</sup>. Якщо барій - іони виявлені у розчині, відокремлюємо їх на центрифугі за допомогою K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> в присутності CH<sub>3</sub>COONa. Центрифугат перевіряємо на наявність кальцій-іонів амоній оксалатом.

### **Дослідження катіонів I групи**

Якщо жоден з групових реагентів не утворює осад, то в розчині можливі катіони I групи. Наявність NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-іонів встановлюється в попередніх дослідженнях. Катіони калію відкривають за допомогою реагентів NaHC<sub>4</sub>H<sub>4</sub>O<sub>6</sub> та Na<sub>3</sub>[Co(NO<sub>2</sub>)<sub>6</sub>]. Після встановлення аналітичних груп відкривайте катіони певної групи специфічними реакціями (див. схему “Аналіз невідомої речовини”)

### **II Відкриття аніонів**

За допомогою групових реагентів відкривають окремі групи аніонів. Групові реагенти: перша група - розчинні солі Барію; друга

група - сіль  $\text{AgNO}_3$  в присутності  $\text{HNO}_3$ , якщо групові реагенти не утворюють осадів, можливо є аніони III групи.

Перша група аніонів.

Для виявлення конкретного іону першої аналітичної групи перевіряють відношення утвореного осаду до кислоти. Нерозчинність солей барію свідчить про наявність сульфат-аніонів. Якщо осад солей барію розчиняється, можливо в розчині є  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$  іони, до того ж тільки при розчиненні  $\text{BaCO}_3$  виділяється вуглекислий газ  $\text{CO}_2$ .

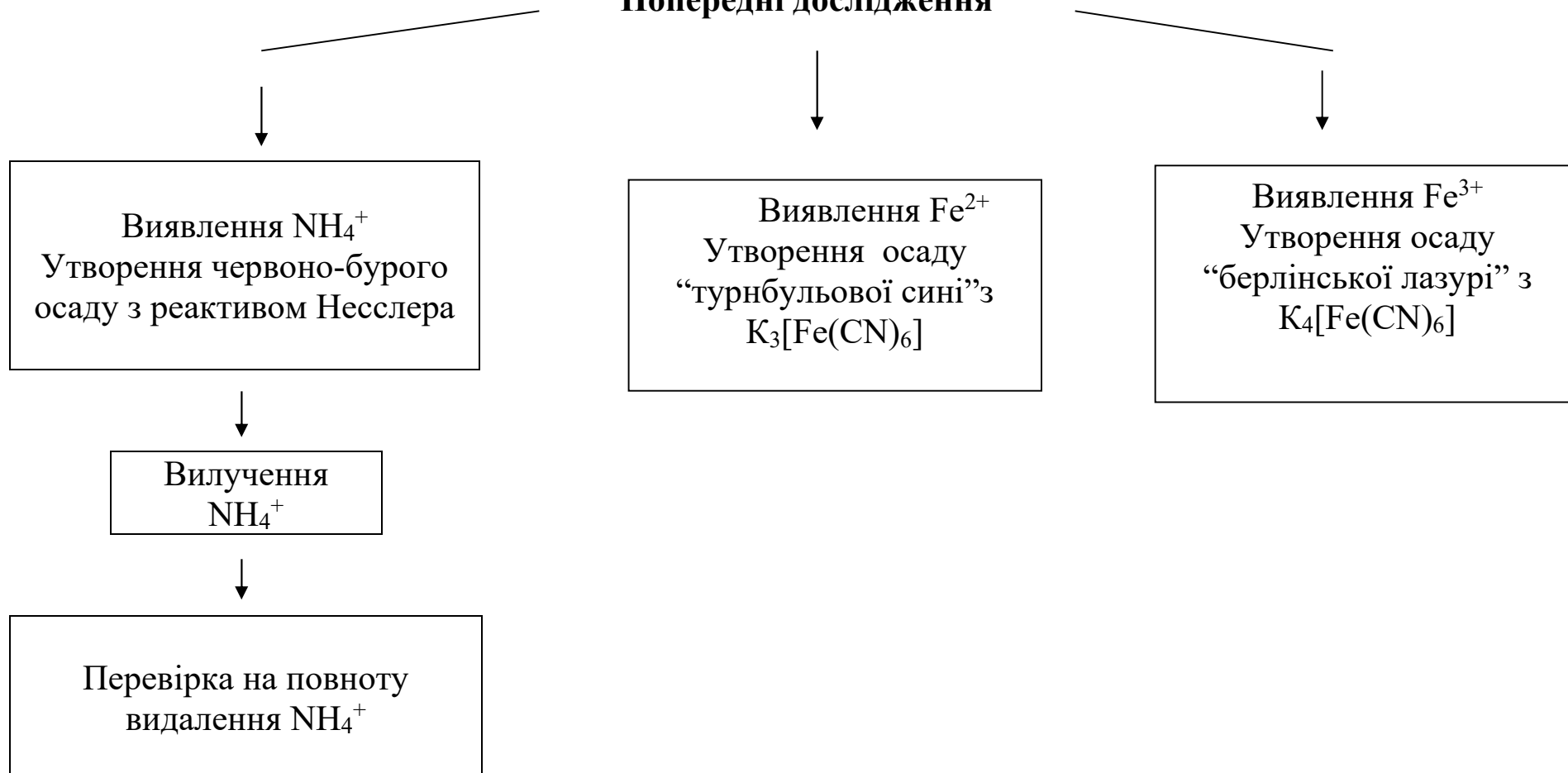
Друга група аніонів.

Наявність хлорид-іонів доводять при розчиненні осаду  $\text{AgCl}$  в надлишку  $\text{NH}_4\text{OH}$ . Для визначення йодид-аніонів на розчин діють  $\text{KNO}_2$  та  $\text{H}_2\text{SO}_4$  в присутності крохмалю. Утворення синього забарвлення свідчить про наявність йодид-аніонів. Бромід-іон визначають за фуксінсульфітною кислотою.

Третя група аніонів. Наявність  $\text{NO}_3^-$  і  $\text{NO}_2^-$  підтверджують реакцією з дифеніламіном (синє забарвлення), реакцію проводять на краплинному скельці. Розділення  $\text{NO}_3^-$  і  $\text{NO}_2^-$  здійснюють  $\text{KMnO}_4$  в кислому середовищі. Після відкриття катіону та аніону проводять додаткові реакції (не менше двох на кожен з іонів), встановлюють формулу солі, складають звіт про виконану роботу, в якому докладно описують хід дослідження і складають рівняння реакцій, відмічають біологічну роль та сільськогосподарське значення відкритої речовини.

## Схема аналізу невідомої речовини

### Попередні дослідження



## СИСТЕМАТИЧНИЙ ХІД АНАЛІЗУ НЕВІДОМОЇ РЕЧОВИНИ

### КАТІОНИ

| Операції                                                                                                             | Реагент                                                                         | Осад/Розчин                                               |                                                                   |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| Осадження катіонів III та IV аналітичних груп                                                                        | (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> S                                               | Осад 1<br>Сульфід катіонів III та IV груп                 | Розчин 1<br>Катіони I, II груп                                    |
| Розділення катіонів III та IV аналітичних груп (осад 1)                                                              | HCl, H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>                                             | Осад 2<br>Сульфід катіонів IV групи PbS, CuS              | Розчин 2<br>Катіони III групи HCl, H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> |
| Осадження катіонів III аналітичної групи (розчин 2)                                                                  | (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> S                                               | Осад 3<br>Сульфід та гідроксид катіонів III групи         | Розчин 3<br>HCl, H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>                   |
| Осадження катіонів II групи (розчин 1)                                                                               | (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>                                 | Осад 4<br>Карбонати CaCO <sub>3</sub> , BaCO <sub>3</sub> | Розчин 4<br>Катіони I групи                                       |
| Розчинення карбонатів II групи (осад 4)                                                                              | CH <sub>3</sub> COOH                                                            | —                                                         | Розчин 5<br>Катіони Ca <sup>2+</sup> , Ba <sup>2+</sup>           |
| Виявлення і відокремлення Ba <sup>2+</sup> (розчин 5)                                                                | K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> , K <sub>2</sub> CrO <sub>4</sub> | Осад 5<br>BaCrO <sub>4</sub>                              | Розчин 6<br>Катіони Ca <sup>2+</sup>                              |
| Виявлення катіонів Ca <sup>2+</sup> (розчин 6)                                                                       | (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> C <sub>2</sub> O <sub>4</sub>                   | Осад 6<br>CaC <sub>2</sub> O <sub>4</sub>                 | Розчин 7<br>Катіони NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>                  |
| Виявлення катіонів I групи                                                                                           | (див. Аналіз суміші катіонів I, II аналітичних груп)                            |                                                           |                                                                   |
| Після встановлення груп катіонів відкривають конкретні іони за допомогою специфічних реакцій у відповідних розчинах. |                                                                                 |                                                           |                                                                   |

## СИСТЕМАТИЧНИЙ ХІД АНАЛІЗУ НЕВІДОМОЇ РЕЧОВИНИ

### АНІОНИ

| Операції                                          | Реагент                                         | Осад/Розчин                                                       |                                                                                                                   |
|---------------------------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Осадження аніонів I аналітичної групи             | $\text{BaCl}_2$                                 | Осад 1<br>$\text{BaSO}_4$ , $\text{BaCO}_3$ ,<br>$\text{BaHPO}_4$ | Розчин 1:<br>Аніони II, III аналітичних груп                                                                      |
| Виявлення аніонів I аналітичної групи (осад 1)    | $\text{HCl}$                                    | Осад 2<br>$\text{BaSO}_4$                                         | Розчин 2:<br>$\text{CO}_3^{2-}$ (виділення $\text{CO}_2$ )<br>$\text{HPO}_4^{2-}$ ( $\text{CO}_2$ не виділяється) |
| Осадження аніонів II аналітичної групи (розчин 1) | $\text{AgNO}_3$ в присутності<br>$\text{HNO}_3$ | Осад 3<br>$\text{AgCl}$ , $\text{AgBr}$ ,<br>$\text{AgI}$         | Розчин 3:<br>$\text{AgNO}_3$ , аніони III групи                                                                   |
| Виявлення хлорид-іонів (осад 3)                   | $\text{NH}_4\text{OH}$                          | Осад 4<br>$\text{AgBr}$ , $\text{AgI}$                            | Розчин 4:<br>$[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}]$                                                                |
| Виявлення аніонів III групи (розчин 1)            | Дифеніламін                                     | —                                                                 | Розчин 5:<br>$\text{NO}_3^-$ , $\text{NO}_2^-$ , темно-синє забарвлення                                           |
| Виявлення нітрит-іону (розчин 1)                  | $\text{KMnO}_4$ , $\text{H}_2\text{SO}_4$       | —                                                                 | Розчин 6:<br>Знебарвлення розчину                                                                                 |

### **Питання до колоквіуму з якісного аналізу**

1. Об'єкт, предмет, завдання та методи аналітичної хімії.
2. Аналітичні реакції та вимоги до них.
3. Систематичний і дробний хід аналізу.
4. Аналіз мокрим та сухим шляхом.
5. Теорія електролітичної дисоціації, використання в аналітичній хімії.
6. Застосування закону діючих мас в аналітичній хімії.
7. Активність, коефіцієнт активності та іонна сила розчину.
8. Іонний добуток води. Шкала рН та рОН.
9. Буферні розчини.
10. Гідроліз в хімічному аналізі.
11. Добуток розчинності.
12. Комплексні сполуки та їх використання при якісному аналізі речовин.
13. Окиснення-відновлення як метод якісного аналізу.
14. Сульфідна класифікація катіонів за групами. Дія групових реагентів.
15. Загальна характеристика катіонів I та II аналітичних груп. Дія групового реагенту та якісні реакції на іони.
16. Загальна характеристика катіонів III, IV аналітичних груп. Дія групових реагентів та якісні реакції на окремі іони.
17. Аніони. Класифікація за групами.
18. План аналізу невідомої речовини.

## Рекомендована література

1. Неорганічна та аналітична хімія. Модуль III : методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт для здобувачів вищої освітнього ступеня "Бакалавр" спеціальності 204 "ТВППТ" денної форми навчання / уклад. Л. М. Гирля. Миколаїв : МНАУ, 2021. 56 с. URL: <https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/handle/123456789/9482>
2. Кельїна С. Ю., Гирля Л. М. Неорганічна та аналітична хімія. Частина 1 : навч. посіб. для здобувачів вищої освіти ступеня «бакалавр» спеціальності 201 «Агрономія». Миколаїв : МНАУ, 2021. 111 с. URL: <https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/handle/123456789/10071>
3. Хімія (неорганічна та аналітична) : метод. реком. для виконання лабор. робіт здобувачами першого (бакалаврського) рівня вищої освіти ОПП "Агрономія" спеціальності 201 "Агрономія" денної форми здобуття вищої освіти / уклад. С. Ю Кельїна. Миколаїв : МНАУ, 2023. 87 с. URL: <https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/handle/123456789/13795>
4. Габ П. І., Шахнін Д. Б., Малишев В. В. Аналітична хімія. Якісний та кількісний аналіз: навчальний посібник. Київ : Університет «Україна», 2018. 212 с.
5. Аналітична хімія. Якісний аналіз: Навчально – методичний посібник / Рева Т. та ін. Київ : ВСВ «Медицина», 2017. 280 с.
6. Гирля Л. М., Кельїна С. Ю. Аналітична хімія : навч. посіб. Миколаїв : МДАУ, 2012. 247 с. URL: <https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/handle/123456789/6530>
7. Цветкова Л. Б. Хімія в таблицях, схемах, визначеннях, питаннях та відповідях : навчальний посібник для абітур. та студ. Львів : Новий Світ-2000, 2023. 114 с.



8. Зуй М. Ф . Аналітична хімія еко - та біотоксикантів: навчальний посібник. Київ : Університет «Україна», 2022. 97 с.

## ДОДАТКИ

Додаток 1

### Формули деяких кислот, назви їх аніонів

| Формула<br>кислоти                            | Назва кислоти                   | Аніон                                                                                                          | Назва аніону                                             |
|-----------------------------------------------|---------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|
| 1                                             | 2                               | 3                                                                                                              | 4                                                        |
| CH <sub>3</sub> COOH                          | Оцтова                          | CH <sub>3</sub> COO <sup>-</sup>                                                                               | Ацетат                                                   |
| HBO <sub>2</sub>                              | Метаборна                       | BO <sub>2</sub> <sup>-</sup>                                                                                   | Метаборат                                                |
| H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>                | Ортоборна                       | [B(OH) <sub>4</sub> ] <sup>-</sup>                                                                             | Борат                                                    |
| H <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>                | Карбонатна<br>(вугільна)        | CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup><br>HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>                                                 | Карбонат<br>Гідрогенкарбонат                             |
| H <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>               | Силікатна<br>(кремнієва)        | SiO <sub>3</sub> <sup>2-</sup><br>HSiO <sub>3</sub> <sup>-</sup>                                               | Силікат<br>Гідрогенсилікат                               |
| H <sub>2</sub> SO <sub>3</sub>                | Сульфітна<br>(сірчиста)         | SO <sub>3</sub> <sup>2-</sup><br>HSO <sub>3</sub> <sup>-</sup>                                                 | Сульфіт<br>Гідрогенсульфіт                               |
| H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>                | Сульфатна<br>(сірчана)          | SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup><br>HSO <sub>4</sub> <sup>-</sup>                                                 | Сульфат<br>Гідрогенсульфат                               |
| HNO <sub>2</sub>                              | Нітритна (азотиста)             | NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>                                                                                   | Нітрит                                                   |
| HNO <sub>3</sub>                              | Нітратна (азотна)               | NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>                                                                                   | Нітрат                                                   |
| HPO <sub>3</sub>                              | Метафосфатна<br>(мета фосфорна) | PO <sub>3</sub> <sup>-</sup>                                                                                   | Метафосфат                                               |
| H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>                | Ортофосфатна<br>(ортофосфорна)  | PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup><br>HPO <sub>4</sub> <sup>2-</sup><br>H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> | Ортофосфат<br>Гідрогенортофосфат<br>Дигідрогенортофосфат |
| H <sub>4</sub> P <sub>2</sub> O <sub>7</sub>  | Дифосфатна<br>(пірофосфатна)    | P <sub>2</sub> O <sub>7</sub> <sup>4-</sup><br>HP <sub>2</sub> O <sub>7</sub> <sup>3-</sup>                    | Дифосфат<br>Гідрогендифосфат                             |
| HClO                                          | Хлорнуватиста                   | ClO <sup>-</sup>                                                                                               | Гіпохлорит                                               |
| HClO <sub>2</sub>                             | Хлориста                        | ClO <sub>2</sub> <sup>-</sup>                                                                                  | Хлорит                                                   |
| HClO <sub>3</sub>                             | Хлорнувата                      | ClO <sub>3</sub> <sup>-</sup>                                                                                  | Хлорат                                                   |
| HClO <sub>4</sub>                             | Хлорна                          | ClO <sub>4</sub> <sup>-</sup>                                                                                  | Перхлорат                                                |
| HMnO <sub>4</sub>                             | Перманганатна<br>(марганцева)   | MnO <sub>4</sub> <sup>-</sup>                                                                                  | Перманганат                                              |
| HSCN                                          | Тіоціановоднева<br>(роданиста)  | SCN <sup>-</sup>                                                                                               | Роданід (тіоціанат)                                      |
| H <sub>2</sub> CrO <sub>4</sub>               | Хромова                         | CrO <sub>4</sub> <sup>2-</sup><br>HCrO <sub>4</sub> <sup>-</sup>                                               | Хромат<br>Гідрогенхромат                                 |
| H <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> | Дихромова                       | Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> <sup>2-</sup><br>HCr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> <sup>-</sup>                   | Дихромат<br>Гідрогендихромат                             |

Розчинність кислот, солей і основ у воді

| Катіони   | Аніони |       |        |        |       |          |             |             |          |             |             |              |             |
|-----------|--------|-------|--------|--------|-------|----------|-------------|-------------|----------|-------------|-------------|--------------|-------------|
|           | $OH^-$ | $F^-$ | $Cl^-$ | $Br^-$ | $I^-$ | $S^{2-}$ | $SO_3^{2-}$ | $SO_4^{2-}$ | $NO_3^-$ | $PO_4^{3-}$ | $CO_3^{2-}$ | $SiO_3^{2-}$ | $CH_3COO^-$ |
| $H^+$     | Р      | Р     | Р      | Р      | Р     | Р        | Р           | Р           | Р        | Р           | Р           | В            | Р           |
| $NH_4^+$  | -      | Р     | Р      | Р      | Р     | -        | Р           | Р           | Р        | Р           | Р           | -            | Р           |
| $Na^+$    | Р      | Р     | Р      | Р      | Р     | Р        | Р           | Р           | Р        | Р           | Р           | Р            | Р           |
| $K^+$     | Р      | Р     | Р      | Р      | Р     | Р        | Р           | Р           | Р        | Р           | Р           | Р            | Р           |
| $Mg^{2+}$ | М      | В     | Р      | Р      | Р     | Р        | В           | Р           | Р        | В           | В           | В            | Р           |
| $Ca^{2+}$ | М      | В     | Р      | Р      | Р     | М        | В           | М           | Р        | В           | В           | В            | Р           |
| $Ba^{2+}$ | Р      | М     | Р      | Р      | Р     | Р        | В           | В           | Р        | В           | В           | В            | Р           |
| $Al^{3+}$ | В      | М     | Р      | Р      | Р     | -        | -           | Р           | Р        | В           | -           | В            | М           |
| $Cr^{3+}$ | В      | В     | Р      | Р      | Р     | -        | -           | Р           | Р        | В           | -           | В            | Р           |
| $Zn^{2+}$ | В      | М     | Р      | Р      | Р     | В        | В           | Р           | Р        | В           | В           | В            | Р           |
| $Mn^{2+}$ | В      | М     | Р      | Р      | Р     | В        | В           | Р           | Р        | В           | В           | В            | Р           |
| $Co^{2+}$ | В      | Р     | Р      | Р      | Р     | В        | В           | Р           | Р        | В           | В           | В            | Р           |
| $Ni^{2+}$ | В      | Р     | Р      | Р      | Р     | В        | В           | Р           | Р        | В           | В           | В            | Р           |
| $Fe^{2+}$ | В      | В     | Р      | Р      | Р     | В        | В           | Р           | Р        | В           | В           | В            | Р           |
| $Fe^{3+}$ | В      | В     | Р      | Р      | Р     | -        | -           | Р           | Р        | В           | В           | В            | Р           |
| $Cd^{2+}$ | В      | Р     | Р      | Р      | Р     | В        | В           | Р           | Р        | В           | В           | В            | Р           |
| $Hg^{2+}$ | -      | -     | Р      | М      | В     | В        | В           | Р           | Р        | В           | В           | -            | Р           |
| $Cu^{2+}$ | В      | В     | Р      | Р      | Р     | В        | В           | Р           | Р        | В           | В           | В            | Р           |
| $Ag^+$    | -      | Р     | В      | В      | В     | В        | В           | М           | Р        | В           | В           | В            | Р           |
| $Sn^{2+}$ | В      | Р     | Р      | Р      | Р     | В        | -           | Р           | -        | В           | -           | -            | Р           |
| $Pb^{2+}$ | В      | В     | М      | М      | В     | В        | В           | В           | Р        | В           | В           | В            | Р           |

**Р** – розчинна речовина (розчинність понад 1 г речовини у воді масою 100 г)

**М** – малорозчинна речовина (у воді масою 100 г розчиняється речовина масою від 0,1 г до 1 г)

**В** – важкорозчинна речовина (у воді масою 100 г розчиняється менше 0,1 г речовини)

„-“ - речовина не існує, або розкладається водою.

# Періодична система хімічних елементів Д.І.Менделєєва

| ПЕРІОДИЧНА СИСТЕМА ЕЛЕМЕНТІВ<br>Д. І. МЕНДЕЛЄЄВА |   |       |   |         |   |        |   |        |   | VIII     |    | Символ елемента |    | Атомний номер |    |        |    |        |    |        |    |          |    |         |    |        |    |         |  |        |  |        |  |         |  |        |  |       |  |
|--------------------------------------------------|---|-------|---|---------|---|--------|---|--------|---|----------|----|-----------------|----|---------------|----|--------|----|--------|----|--------|----|----------|----|---------|----|--------|----|---------|--|--------|--|--------|--|---------|--|--------|--|-------|--|
| I                                                | 1 | 2     | 3 | 4       | 5 | 6      | 7 | 8      | 9 | 10       | 11 | 12              | 13 | 14            | 15 | 16     | 17 | 18     | 19 | 20     | 21 | 22       | 23 | 24      | 25 | 26     | 27 | 28      |  |        |  |        |  |         |  |        |  |       |  |
| 1s                                               |   | 2s    |   | 2s 2p   |   | 2s 2p  |   | 2s 2p  |   | 2s 2p    |    | 2s 2p           |    | 2s 2p         |    | 2s 2p  |    | 2s 2p  |    | 2s 2p  |    | 2s 2p    |    | 2s 2p   |    | 2s 2p  |    | 2s 2p   |  |        |  |        |  |         |  |        |  |       |  |
| 1.0079                                           |   | 6.941 |   | 9.0122  |   | 10.811 |   | 12.011 |   | 14.007   |    | 15.999          |    | 18.998        |    | 20.179 |    | 22.990 |    | 24.305 |    | 26.982   |    | 28.086  |    | 30.974 |    | 32.066  |  | 35.453 |  | 39.948 |  | 55.847  |  | 58.933 |  | 58.69 |  |
| ГІДРОГЕН                                         |   | ЛІТІЙ |   | БЕРИЛІЙ |   | БОР    |   | КАРБОН |   | НІТРОГЕН |    | ОКСИГЕН         |    | ФЛУОР         |    | НЕОН   |    | НАТРІЙ |    | МАГНІЙ |    | АЛЮМІНІЙ |    | СИЛІЦІЙ |    | ФОСФОР |    | СУЛЬФУР |  | ХЛОР   |  | АРГОН  |  | КОБАЛЬТ |  | НІКЕЛЬ |  |       |  |
| 1s                                               |   | 2s    |   | 2s 2p   |   | 2s 2p  |   | 2s 2p  |   | 2s 2p    |    | 2s 2p           |    | 2s 2p         |    | 2s 2p  |    | 2s 2p  |    | 2s 2p  |    | 2s 2p    |    | 2s 2p   |    | 2s 2p  |    | 2s 2p   |  | 2s 2p  |  | 2s 2p  |  | 2s 2p   |  | 2s 2p  |  |       |  |
| 1.0079                                           |   | 6.941 |   | 9.0122  |   | 10.811 |   | 12.011 |   | 14.007   |    | 15.999          |    | 18.998        |    | 20.179 |    | 22.990 |    | 24.305 |    | 26.982   |    | 28.086  |    | 30.974 |    | 32.066  |  | 35.453 |  | 39.948 |  | 55.847  |  | 58.933 |  | 58.69 |  |
| ГІДРОГЕН                                         |   | ЛІТІЙ |   | БЕРИЛІЙ |   | БОР    |   | КАРБОН |   | НІТРОГЕН |    | ОКСИГЕН         |    | ФЛУОР         |    | НЕОН   |    | НАТРІЙ |    | МАГНІЙ |    | АЛЮМІНІЙ |    | СИЛІЦІЙ |    | ФОСФОР |    | СУЛЬФУР |  | ХЛОР   |  | АРГОН  |  | КОБАЛЬТ |  | НІКЕЛЬ |  |       |  |
| 1s                                               |   | 2s    |   | 2s 2p   |   | 2s 2p  |   | 2s 2p  |   | 2s 2p    |    | 2s 2p           |    | 2s 2p         |    | 2s 2p  |    | 2s 2p  |    | 2s 2p  |    | 2s 2p    |    | 2s 2p   |    | 2s 2p  |    | 2s 2p   |  | 2s 2p  |  | 2s 2p  |  | 2s 2p   |  | 2s 2p  |  |       |  |
| 1.0079                                           |   | 6.941 |   | 9.0122  |   | 10.811 |   | 12.011 |   | 14.007   |    | 15.999          |    | 18.998        |    | 20.179 |    | 22.990 |    | 24.305 |    | 26.982   |    | 28.086  |    | 30.974 |    | 32.066  |  | 35.453 |  | 39.948 |  | 55.847  |  | 58.933 |  | 58.69 |  |
| ГІДРОГЕН                                         |   | ЛІТІЙ |   | БЕРИЛІЙ |   | БОР    |   | КАРБОН |   | НІТРОГЕН |    | ОКСИГЕН         |    | ФЛУОР         |    | НЕОН   |    | НАТРІЙ |    | МАГНІЙ |    | АЛЮМІНІЙ |    | СИЛІЦІЙ |    | ФОСФОР |    | СУЛЬФУР |  | ХЛОР   |  | АРГОН  |  | КОБАЛЬТ |  | НІКЕЛЬ |  |       |  |
| 1s                                               |   | 2s    |   | 2s 2p   |   | 2s 2p  |   | 2s 2p  |   | 2s 2p    |    | 2s 2p           |    | 2s 2p         |    | 2s 2p  |    | 2s 2p  |    | 2s 2p  |    | 2s 2p    |    | 2s 2p   |    | 2s 2p  |    | 2s 2p   |  | 2s 2p  |  | 2s 2p  |  | 2s 2p   |  | 2s 2p  |  |       |  |
| 1.0079                                           |   | 6.941 |   | 9.0122  |   | 10.811 |   | 12.011 |   | 14.007   |    | 15.999          |    | 18.998        |    | 20.179 |    | 22.990 |    | 24.305 |    | 26.982   |    | 28.086  |    | 30.974 |    | 32.066  |  | 35.453 |  | 39.948 |  | 55.847  |  | 58.933 |  | 58.69 |  |
| ГІДРОГЕН                                         |   | ЛІТІЙ |   | БЕРИЛІЙ |   | БОР    |   | КАРБОН |   | НІТРОГЕН |    | ОКСИГЕН         |    | ФЛУОР         |    | НЕОН   |    | НАТРІЙ |    | МАГНІЙ |    | АЛЮМІНІЙ |    | СИЛІЦІЙ |    | ФОСФОР |    | СУЛЬФУР |  | ХЛОР   |  | АРГОН  |  | КОБАЛЬТ |  | НІКЕЛЬ |  |       |  |
| 1s                                               |   | 2s    |   | 2s 2p   |   | 2s 2p  |   | 2s 2p  |   | 2s 2p    |    | 2s 2p           |    | 2s 2p         |    | 2s 2p  |    | 2s 2p  |    | 2s 2p  |    | 2s 2p    |    | 2s 2p   |    | 2s 2p  |    | 2s 2p   |  | 2s 2p  |  | 2s 2p  |  | 2s 2p   |  | 2s 2p  |  |       |  |
| 1.0079                                           |   | 6.941 |   | 9.0122  |   | 10.811 |   | 12.011 |   | 14.007   |    | 15.999          |    | 18.998        |    | 20.179 |    | 22.990 |    | 24.305 |    | 26.982   |    | 28.086  |    | 30.974 |    | 32.066  |  | 35.453 |  | 39.948 |  | 55.847  |  | 58.933 |  | 58.69 |  |
| ГІДРОГЕН                                         |   | ЛІТІЙ |   | БЕРИЛІЙ |   | БОР    |   | КАРБОН |   | НІТРОГЕН |    | ОКСИГЕН         |    | ФЛУОР         |    | НЕОН   |    | НАТРІЙ |    | МАГНІЙ |    | АЛЮМІНІЙ |    | СИЛІЦІЙ |    | ФОСФОР |    | СУЛЬФУР |  | ХЛОР   |  | АРГОН  |  | КОБАЛЬТ |  | НІКЕЛЬ |  |       |  |
| 1s                                               |   | 2s    |   | 2s 2p   |   | 2s 2p  |   | 2s 2p  |   | 2s 2p    |    | 2s 2p           |    | 2s 2p         |    | 2s 2p  |    | 2s 2p  |    | 2s 2p  |    | 2s 2p    |    | 2s 2p   |    | 2s 2p  |    | 2s 2p   |  | 2s 2p  |  | 2s 2p  |  | 2s 2p   |  | 2s 2p  |  |       |  |
| 1.0079                                           |   | 6.941 |   | 9.0122  |   | 10.811 |   | 12.011 |   | 14.007   |    | 15.999          |    | 18.998        |    | 20.179 |    | 22.990 |    | 24.305 |    | 26.982   |    | 28.086  |    | 30.974 |    | 32.066  |  | 35.453 |  | 39.948 |  | 55.847  |  | 58.933 |  | 58.69 |  |
| ГІДРОГЕН                                         |   | ЛІТІЙ |   | БЕРИЛІЙ |   | БОР    |   | КАРБОН |   | НІТРОГЕН |    | ОКСИГЕН         |    | ФЛУОР         |    | НЕОН   |    | НАТРІЙ |    | МАГНІЙ |    | АЛЮМІНІЙ |    | СИЛІЦІЙ |    | ФОСФОР |    | СУЛЬФУР |  | ХЛОР   |  | АРГОН  |  | КОБАЛЬТ |  | НІКЕЛЬ |  |       |  |
| 1s                                               |   | 2s    |   | 2s 2p   |   | 2s 2p  |   | 2s 2p  |   | 2s 2p    |    | 2s 2p           |    | 2s 2p         |    | 2s 2p  |    | 2s 2p  |    | 2s 2p  |    | 2s 2p    |    | 2s 2p   |    | 2s 2p  |    | 2s 2p   |  | 2s 2p  |  | 2s 2p  |  | 2s 2p   |  | 2s 2p  |  |       |  |
| 1.0079                                           |   | 6.941 |   | 9.0122  |   | 10.811 |   | 12.011 |   | 14.007   |    | 15.999          |    | 18.998        |    | 20.179 |    | 22.990 |    | 24.305 |    | 26.982   |    | 28.086  |    | 30.974 |    | 32.066  |  | 35.453 |  | 39.948 |  | 55.847  |  | 58.933 |  | 58.69 |  |
| ГІДРОГЕН                                         |   | ЛІТІЙ |   | БЕРИЛІЙ |   | БОР    |   | КАРБОН |   | НІТРОГЕН |    | ОКСИГЕН         |    | ФЛУОР         |    | НЕОН   |    | НАТРІЙ |    | МАГНІЙ |    | АЛЮМІНІЙ |    | СИЛІЦІЙ |    | ФОСФОР |    | СУЛЬФУР |  | ХЛОР   |  | АРГОН  |  | КОБАЛЬТ |  | НІКЕЛЬ |  |       |  |
| 1s                                               |   | 2s    |   | 2s 2p   |   | 2s 2p  |   | 2s 2p  |   | 2s 2p    |    | 2s 2p           |    | 2s 2p         |    | 2s 2p  |    | 2s 2p  |    | 2s 2p  |    | 2s 2p    |    | 2s 2p   |    | 2s 2p  |    | 2s 2p   |  | 2s 2p  |  | 2s 2p  |  | 2s 2p   |  | 2s 2p  |  |       |  |
| 1.0079                                           |   | 6.941 |   | 9.0122  |   | 10.811 |   | 12.011 |   | 14.007   |    | 15.999          |    | 18.998        |    | 20.179 |    | 22.990 |    | 24.305 |    | 26.982   |    | 28.086  |    | 30.974 |    | 32.066  |  | 35.453 |  | 39.948 |  | 55.847  |  | 58.933 |  | 58.69 |  |
| ГІДРОГЕН                                         |   | ЛІТІЙ |   | БЕРИЛІЙ |   | БОР    |   | КАРБОН |   | НІТРОГЕН |    | ОКСИГЕН         |    | ФЛУОР         |    | НЕОН   |    | НАТРІЙ |    | МАГНІЙ |    | АЛЮМІНІЙ |    | СИЛІЦІЙ |    | ФОСФОР |    | СУЛЬФУР |  | ХЛОР   |  | АРГОН  |  | КОБАЛЬТ |  | НІКЕЛЬ |  |       |  |
| 1s                                               |   | 2s    |   | 2s 2p   |   | 2s 2p  |   | 2s 2p  |   | 2s 2p    |    | 2s 2p           |    | 2s 2p         |    | 2s 2p  |    | 2s 2p  |    | 2s 2p  |    | 2s 2p    |    | 2s 2p   |    | 2s 2p  |    | 2s 2p   |  | 2s 2p  |  | 2s 2p  |  | 2s 2p   |  | 2s 2p  |  |       |  |
| 1.0079                                           |   | 6.941 |   | 9.0122  |   | 10.811 |   | 12.011 |   | 14.007   |    | 15.999          |    | 18.998        |    | 20.179 |    | 22.990 |    | 24.305 |    | 26.982   |    | 28.086  |    | 30.974 |    | 32.066  |  | 35.453 |  | 39.948 |  | 55.847  |  | 58.933 |  | 58.69 |  |
| ГІДРОГЕН                                         |   | ЛІТІЙ |   | БЕРИЛІЙ |   | БОР    |   | КАРБОН |   | НІТРОГЕН |    | ОКСИГЕН         |    | ФЛУОР         |    | НЕОН   |    | НАТРІЙ |    | МАГНІЙ |    | АЛЮМІНІЙ |    | СИЛІЦІЙ |    | ФОСФОР |    | СУЛЬФУР |  | ХЛОР   |  | АРГОН  |  | КОБАЛЬТ |  | НІКЕЛЬ |  |       |  |
| 1s                                               |   | 2s    |   | 2s 2p   |   | 2s 2p  |   | 2s 2p  |   | 2s 2p    |    | 2s 2p           |    | 2s 2p         |    | 2s 2p  |    | 2s 2p  |    | 2s 2p  |    | 2s 2p    |    | 2s 2p   |    | 2s 2p  |    | 2s 2p   |  | 2s 2p  |  | 2s 2p  |  | 2s 2p   |  | 2s 2p  |  |       |  |
| 1.0079                                           |   | 6.941 |   | 9.0122  |   | 10.811 |   | 12.011 |   | 14.007   |    | 15.999          |    | 18.998        |    | 20.179 |    | 22.990 |    | 24.305 |    | 26.982   |    | 28.086  |    | 30.974 |    | 32.066  |  | 35.453 |  | 39.948 |  | 55.847  |  | 58.933 |  | 58.69 |  |
| ГІДРОГЕН                                         |   | ЛІТІЙ |   | БЕРИЛІЙ |   | БОР    |   | КАРБОН |   | НІТРОГЕН |    | ОКСИГЕН         |    | ФЛУОР         |    | НЕОН   |    | НАТРІЙ |    | МАГНІЙ |    | АЛЮМІНІЙ |    | СИЛІЦІЙ |    | ФОСФОР |    | СУЛЬФУР |  | ХЛОР   |  | АРГОН  |  | КОБАЛЬТ |  | НІКЕЛЬ |  |       |  |
| 1s                                               |   | 2s    |   | 2s 2p   |   | 2s 2p  |   | 2s 2p  |   | 2s 2p    |    | 2s 2p           |    | 2s 2p         |    | 2s 2p  |    | 2s 2p  |    | 2s 2p  |    | 2s 2p    |    | 2s 2p   |    | 2s 2p  |    | 2s 2p   |  | 2s 2p  |  | 2s 2p  |  | 2s 2p   |  | 2s 2p  |  |       |  |
| 1.0079                                           |   | 6.941 |   | 9.0122  |   | 10.811 |   | 12.011 |   | 14.007   |    | 15.999          |    | 18.998        |    | 20.179 |    | 22.990 |    | 24.305 |    | 26.982   |    | 28.086  |    | 30.974 |    | 32.066  |  | 35.453 |  | 39.948 |  | 55.847  |  | 58.933 |  | 58.69 |  |
| ГІДРОГЕН                                         |   | ЛІТІЙ |   | БЕРИЛІЙ |   | БОР    |   | КАРБОН |   | НІТРОГЕН |    | ОКСИГЕН         |    | ФЛУОР         |    | НЕОН   |    | НАТРІЙ |    | МАГНІЙ |    | АЛЮМІНІЙ |    | СИЛІЦІЙ |    | ФОСФОР |    | СУЛЬФУР |  | ХЛОР   |  | АРГОН  |  | КОБАЛЬТ |  | НІКЕЛЬ |  |       |  |
| 1s                                               |   | 2s    |   | 2s 2p   |   | 2s 2p  |   | 2s 2p  |   | 2s 2p    |    | 2s 2p           |    | 2s 2p         |    | 2s 2p  |    | 2s 2p  |    | 2s 2p  |    | 2s 2p    |    | 2s 2p   |    | 2s 2p  |    | 2s 2p   |  | 2s 2p  |  | 2s 2p  |  | 2s 2p   |  | 2s 2p  |  |       |  |
| 1.0079                                           |   | 6.941 |   | 9.0122  |   | 10.811 |   | 12.011 |   | 14.007   |    | 15.999          |    | 18.998        |    | 20.179 |    | 22.990 |    | 24.305 |    | 26.982   |    | 28.086  |    | 30.974 |    | 32.066  |  | 35.453 |  | 39.948 |  | 55.847  |  | 58.933 |  | 58.69 |  |
| ГІДРОГЕН                                         |   | ЛІТІЙ |   | БЕРИЛІЙ |   | БОР    |   | КАРБОН |   | НІТРОГЕН |    | ОКСИГЕН         |    | ФЛУОР         |    | НЕОН   |    | НАТРІЙ |    | МАГНІЙ |    | АЛЮМІНІЙ |    | СИЛІЦІЙ |    | ФОСФОР |    | СУЛЬФУР |  | ХЛОР   |  | АРГОН  |  | КОБАЛЬТ |  | НІКЕЛЬ |  |       |  |
| 1s                                               |   | 2s    |   | 2s 2p   |   | 2s 2p  |   | 2s 2p  |   | 2s 2p    |    | 2s 2p           |    | 2s 2p         |    | 2s 2p  |    | 2s 2p  |    | 2s 2p  |    | 2s 2p    |    | 2s 2p   |    | 2s 2p  |    | 2s 2p   |  | 2s 2p  |  | 2s 2p  |  | 2s 2p   |  | 2s 2p  |  |       |  |
| 1.0079                                           |   | 6.941 |   | 9.0122  |   | 10.811 |   | 12.011 |   | 14.007   |    | 15.999          |    | 18.998        |    | 20.179 |    | 22.990 |    | 24.305 |    | 26.982   |    | 28.086  |    | 30.974 |    | 32.066  |  | 35.453 |  | 39.948 |  | 55.847  |  | 58.933 |  | 58.69 |  |
| ГІДРОГЕН                                         |   | ЛІТІЙ |   | БЕРИЛІЙ |   | БОР    |   | КАРБОН |   | НІТРОГЕН |    | ОКСИГЕН         |    | ФЛУОР         |    | НЕОН   |    | НАТРІЙ |    | МАГНІЙ |    | АЛЮМІНІЙ |    | СИЛІЦІЙ |    | ФОСФОР |    | СУЛЬФУР |  | ХЛОР   |  | АРГОН  |  | КОБАЛЬТ |  | НІКЕЛЬ |  |       |  |
| 1s                                               |   | 2s    |   | 2s 2p   |   | 2s 2p  |   | 2s 2p  |   | 2s 2p    |    | 2s 2p           |    | 2s 2p         |    | 2s 2p  |    | 2s 2p  |    | 2s 2p  |    | 2s 2p    |    | 2s 2p   |    | 2s 2p  |    | 2s 2p   |  | 2s 2p  |  | 2s 2p  |  | 2s 2p   |  | 2s 2p  |  |       |  |
| 1.0079                                           |   | 6.941 |   | 9.0122  |   | 10.811 |   | 12.011 |   | 14.007   |    | 15.999          |    | 18.998        |    | 20.179 |    | 22.990 |    | 24.305 |    | 26.982   |    | 28.086  |    | 30.974 |    | 32.066  |  | 35.453 |  | 39.948 |  | 55.847  |  | 58.933 |  | 58.69 |  |
| ГІДРОГЕН                                         |   | ЛІТІЙ |   | БЕРИЛІЙ |   | БОР    |   | КАРБОН |   | НІТРОГЕН |    | ОКСИГЕН         |    | ФЛУОР         |    | НЕОН   |    | НАТРІЙ |    | МАГНІЙ |    | АЛЮМІНІЙ |    | СИЛІЦІЙ |    | ФОСФОР |    | СУЛЬФУР |  | ХЛОР   |  | АРГОН  |  | КОБАЛЬТ |  | НІКЕЛЬ |  |       |  |
| 1s                                               |   | 2s    |   | 2s 2p   |   | 2s 2p  |   | 2s 2p  |   | 2s 2p    |    | 2s 2p           |    | 2s 2p         |    | 2s 2p  |    | 2s 2p  |    | 2s 2p  |    | 2s 2p    |    | 2s 2p   |    | 2s 2p  |    | 2s 2p   |  | 2s 2p  |  | 2s 2p  |  | 2s 2p   |  | 2s 2p  |  |       |  |
| 1.0079                                           |   | 6.941 |   | 9.0122  |   | 10.811 |   | 12.011 |   | 14.007   |    | 15.999          |    | 18.998        |    | 20.179 |    | 22.990 |    | 24.305 |    | 26.982   |    | 28.086  |    | 30.974 |    | 32.066  |  | 35.453 |  | 39.948 |  | 55.847  |  | 58.933 |  | 58.69 |  |
| ГІДРОГЕН                                         |   | ЛІТІЙ |   | БЕРИЛІЙ |   | БОР    |   | КАРБОН |   | НІТРОГЕН |    | ОКСИГЕН         |    | ФЛУОР         |    | НЕОН   |    | НАТРІЙ |    | МАГНІЙ |    | АЛЮМІНІЙ |    | СИЛІЦІЙ |    | ФОСФОР |    | СУЛЬФУР |  | ХЛОР   |  | АРГОН  |  | КОБАЛЬТ |  | НІКЕЛЬ |  |       |  |
| 1s                                               |   | 2s    |   | 2s 2p   |   | 2s 2p  |   | 2s 2p  |   | 2s 2p    |    | 2s 2p           |    | 2s 2p         |    | 2s 2p  |    | 2s 2p  |    | 2s 2p  |    | 2s 2p    |    | 2s 2p   |    | 2s 2p  |    | 2s 2p   |  | 2s 2p  |  | 2s 2p  |  | 2s 2p   |  | 2s 2p  |  |       |  |
| 1.0079                                           |   | 6.941 |   | 9.0122  |   | 10.811 |   | 12.011 |   | 14.007   |    | 15.999          |    | 18.998        |    | 20.179 |    | 22.990 |    | 24.305 |    | 26.982   |    | 28.086  |    | 30.974 |    | 32.066  |  | 35.453 |  | 39.948 |  | 55.847  |  | 58.933 |  | 58.69 |  |
| ГІДРОГЕН                                         |   | ЛІТІЙ |   | БЕРИЛІЙ |   | БОР    |   | КАРБОН |   | НІТРОГЕН |    | ОКСИГЕН         |    | Ф             |    |        |    |        |    |        |    |          |    |         |    |        |    |         |  |        |  |        |  |         |  |        |  |       |  |

Символ елемента  
Атомний номер  
Розподіл електронів по підрівнях, що забудовуються  
Атомна маса  
Назва елемента

**Для нотаток:**

Навчальне видання

**АНАЛІТИЧНА ХІМІЯ. Модуль II:**

Методичні рекомендації

Укладач: **Гирля** Людмила Миколаївна

Формат 60 x 84 /16 . Ум. друк. арк. 3,3

Тираж 10 прим. Зам. № \_\_\_\_\_

Надруковано у видавничому відділі  
Миколаївського національного аграрного університету  
54020, м. Миколаїв, вул. Георгія Гонгадзе, 9

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 4490 від 20.02. 2013р.