

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

Факультет агротехнологій

*Кафедра ґрунтознавства та
агрохімії*

НЕОРГАНІЧНА ТА АНАЛІТИЧНА ХІМІЯ

Модуль III

Методичні рекомендації

до виконання лабораторних робіт для здобувачів вищої
освітнього ступеня «Бакалавр» спеціальності 204 «ТВППТ»
денної форми навчання

**Миколаїв
2021**

УДК 546+543
Н52

Друкується за рішенням науково-методичної комісії факультету агротехнологій, Миколаївського національного аграрного університету від 13.05.2021 р., протокол № 9

Укладач:

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

Рецензенти:

Г. М. Ющишина — канд. хім. наук, доцент, доцент кафедри хімії та біохімії, 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.

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+}).....	14
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	32
Заключна контрольна задача	
“Встановлення формули солі”	40
Схема аналізу невідомої речовини	45
Питання до колоквиуму з якісного аналізу	48
Рекомендована література	49
Додатки.....	50

ПЕРЕДМОВА

Згідно з освітньо – професійною програмою підготовки бакалаврів за спеціальністю “Технології виробництва та переробки продукції тваринництва” аналітична хімія є базовою дисципліною, необхідною як для вивчення загальних хімічних дисциплін – органічної, фізичної, колоїдної, біологічної хімії, так і спеціальних дисциплін – фізіології тварин, годування тварин, зоохіманалізу, технології виробництва та переробки продукції тваринництва. 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. Він вимагає від студента вміння зосередитись 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 студенти набувають навиків виконання основних хімічних операцій, у студента розвивається хімічно-логічне мислення, здатність зробити правильні висновки при встановленні складу речовини.

Пропоновані методичні рекомендації видані з метою надати допомогу при виконанні лабораторних робіт з якісного аналізу студентами I курсу.

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.

Порядок виконання практикуму звичайний: усне або письмове обговорення лабораторної роботи; виконання хімічних дослідів у лабораторії; захист лабораторної роботи.

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

Вид роботи	Максимальна оцінка	Мінімальна оцінка
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
Разом	15 балів	9 балів

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 додержуватись чистоти і охайності:
 - а) всі склянки з розчинами, банки з сухими реактивами тримати закритими, відкривати їх тільки в період 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, додержуватись порядку в розстановці як реактивів загального користування, так і реактивів на робочих столах індивідуального користування;
 - д) залишки розчинів солей Аргентуму виливати в спеціальні банки, 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 торкалась 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 банки; солі Меркурію реагують з чавуном труб, виділяють металічну 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 в 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 в 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 $\text{Na}^+, \text{K}^+, \text{NH}_4^+, \text{Mg}^{2+}$ та інші	Друга група $\text{Ca}^{2+}, \text{Sr}^{2+}, \text{Ba}^{2+}$, та інші	Третя група $\text{Al}^{3+}, \text{Cr}^{3+}, \text{Fe}^{3+}, \text{Fe}^{2+}, \text{Mn}^{2+}, \text{Zn}^{2+}$ та інші	Четверта група: I підгрупа - хлориди нерозчинні у воді $\text{Ag}^+, \text{Pb}^{2+}, \text{Hg}_2^{2+}$ II підгрупа - хлориди розчинні у воді $\text{Cu}^{2+}, \text{Bi}^{3+}$	П'ята група - сульфіди розчинні в Na_2S : $\text{Hg}^{2+}, \text{As}^{3+}, \text{As}^{5+}, \text{Sb}^{3+}, \text{Sb}^{5+}, \text{Sn}^{2+}, \text{Sn}^{4+}$
Групового реагенту немає	Груповий реагент $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$	Груповий реагент $(\text{NH}_4)_2\text{S}$	Груповий реагент H_2S в присутності HCl	Груповий реагент Na_2S

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 $NaHC_4H_4O_6$	$KCl + NaHC_4H_4O_6 \rightarrow NaCl + KHC_4H_4O_6$ $K^+ + HC_4H_4O_6^- \rightarrow KHC_4H_4O_6 \downarrow$	1.Осад білий кристалічний 2. Осад випадає за механічної дії 3. Осад розчиняється за нагрівання 4. Осад розчиняється в лугах 5. Осад розчиняється в сильних кислотах 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 (NH_4^+ - прожарюванням)

Якісні реакції калій-катиона

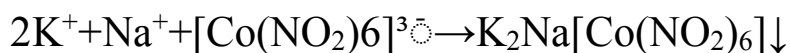
1. Реагент - натрій гідрогентартрат

В пробірку налейте 5-6 крапель розчину 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 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 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 розкладу надлишку реактива



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



В третю пробірку додайте 1-2 краплі CH_3COOH . 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 (NaOH , 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 NH_4Cl та NaOH , утворення білого диму дрібних кристаликів амоній хлориду свідчить про виділення амоніаку.

Реакція специфічна, тому можна виявляти NH_4^+ - катіон за наявності всіх катіонів.

2. Реагент - реактив Несслера

Дикалій тетраїодомеркурат $K_2[HgI_4]$ у суміші з калій гідроксидом з NH_4^+ - іоном утворює червоно-бурий осад $[Hg_2ONH_2]I$, так званий йодид основи Мілона.



Йодид основи Мілона має таку велику барвникову силу, що найменші сліди 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 NH_4Cl . Що спостерігаєте? Якщо на скло першим нанести NH_4Cl 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.

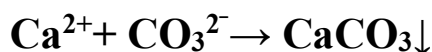
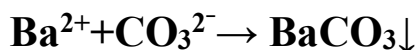
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №2

Катіони другої аналітичної групи

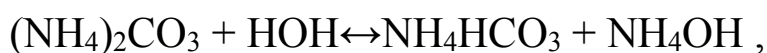
Катіони II аналітичної групи утворені лужноземельними металами. Це s-елементи, типові метали, сильні відновники, на зовнішньому шарі мають два електрони. Ступінь окиснення іонів +2, валентність II. Солі катіонів II аналітичної групи безбарвні, характер зв'язку іонний. Карбонати, сульфати, фосфати, оксалати Ca^{2+} , Ba^{2+} , Sr^{2+} практично нерозчинні у воді. На відміну від катіонів I аналітичної групи іони Ca^{2+} , Ba^{2+} , 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

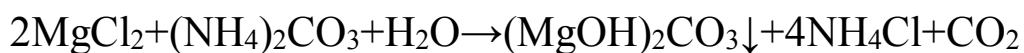


При систематичному ході аналізу в якості групового реагента на катіони II аналітичної групи використовують $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$, оскільки NH_4^+ - іони можна відкрити в попередніх дослідженнях до відокремлення I аналітичної групи від II. При використанні $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ враховують можливість гідролізу солі.



який 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 NH_4OH (принцип Ле-Шательє). Під дією амоній карбонату окрім катіонів II групи, у осад переходить 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_3 , CH_3COOH . Складіть відповідні рівняння реакцій.

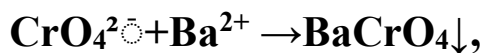
Якісні реакції барій-катіона

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_2 , додайте 1-2 краплі H_2SO_4 . Перевірте розчинність утвореного осаду в кислотах і лугах. Запишіть рівняння реакції в іонному та молекулярному вигляді.

2. Реагент - калій біхромат $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ виділяє з розчинів солей барію жовтий осад барій хромату BaCrO_4 , а не дихромату BaCr_2O_7 . В розчинах іони $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ перебувають в рівновазі з іонами CrO_4^{2-} .
$$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow 2\text{CrO}_4^{2-} + 2\text{H}^+$$

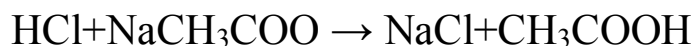
Концентрація CrO_7^{2-} є достатньою для того, щоб при введенні Ba^{2+} добуток розчинності BaCrO_4 було перевищено раніше, ніж буде досягнуто ДР BaCr_2O_7 . В осад випадає менш розчинна сіль



або сумарно



Для повного осадження катіонів барію необхідно замінити сильну кислоту, в якій розчиняється BaCrO_4 слабкою. З цією метою вводять натрій ацетат



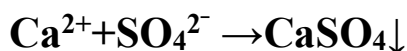
В слабких кислотах BaCrO_4 не розчиняється.

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-катиона

1. Реагент - сульфатна кислота або розчинні сульфати

Сульфат - іони осаджують солі кальцію з достатньо концентрованих розчинів.

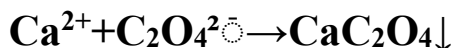


$$\text{ДР}_{\text{CaSO}_4} = 9,1 \cdot 10^{-6}, \text{ДР}_{\text{BaSO}_4} = 1,1 \cdot 10^{-10}$$

Особливістю осаду 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 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 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 HCl та CH_3COOH .

Перехресні реакції. Виконайте реакції взаємодії Ba^{2+} з $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$ та Ca^{2+} з K_2CrO_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

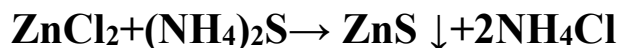
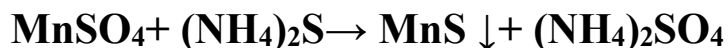
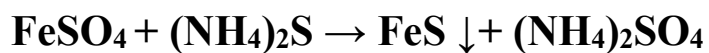
Катіони третьої аналітичної групи

З катіонів III групи вивчають переважно Fe^{2+} , Fe^{3+} , Mn^{2+} , Zn^{2+} , Cr^{3+} , Al^{3+} , Ni^{2+} , 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 Fe^{2+} , Fe^{3+} , Mn^{2+} , Zn^{2+} , Ni^{2+} , Co^{2+} у вигляді сульфідів, а Cr^{3+} , 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 ZnS . Сульфіді і гідроксиди іонів III групи розчинні в сильних кислотах, тому вільні кислоти в досліджуваному розчині необхідно нейтралізувати амоніаком. Ступінь гідролізу амоній сульфиду досить велика (99,9%) (Складіть рівняння реакції гідролізу $(\text{NH}_4)_2\text{S}$). Для повного осадження іонів III групи необхідно змістити рівновагу реакції в бік $(\text{NH}_4)_2\text{S}$, для чого необхідно ввести амоній гідроксид. Препарати $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ та NH_4OH повинні бути свіжоприготовленими через те, що при стоянні на повітрі відбувається поглинання CO_2 і утворення $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$, який може осадити разом з катіонами III групи катіони II групи.

Подійте на розчини солей катіонів III групи груповим реагентом до утворення осаду. Спостерігайте утворення осадів



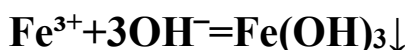
Зверніть увагу на колір осадів, запишіть свої спостереження.
Перевірте розчинність утворених осадів в розбавлених кислотах.

Якісні реакції ферум (III)- катіона

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

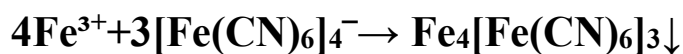
1. Реагент - їдкі луги

До 5-7 крапель розчину FeCl_3 додайте KOH або 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 лазурі”

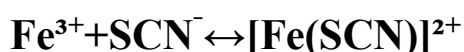


Виконайте аналітичну реакцію в пробірці, добавивши 1cm^3 FeCl_3 та $1,5\text{cm}^3$ $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$. Розділіть осад на дві частини, подійте

на одну частину HCl, на іншу - NaOH. Переконайтесь, що осад не розчиняється в HCl і розкладається в лугах з утворенням Fe(OH)₃, тому реакцію ведіть в нейтральному або слабо кислому середовищі

3. Реагент - калій тіоціанат KSCN або амоній тіоціанат NH₄SCN

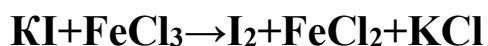
До 1 см³ FeCl₃ додайте рівний об'єм солі KSCN (NH₄SCN), спостерігайте утворення криваво-червоного розчину ферум роданіду - комплексної солі змінного складу



Реакції заважають фторид - іони, які утворюють з катіонами Fe (3+) більш міцний комплекс

4. Реагент - калій йодид KI

До 4-5 капель розчину KI додайте 2-3 краплі соляної кислоти і 3-4 краплі розчину солі Fe³⁺. Побуріння розчину засвідчує утворення вільного йоду. В присутності свіжоприготовленого крохмалю розчин синіє



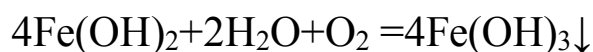
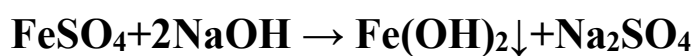
Доберіть коефіцієнти в рівнянні окисно-відновної реакції, визначте окисник та відновник.

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 FeSO_4

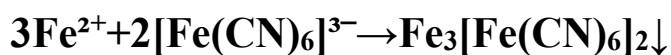
1. Реагент - їдкі луги

До 4-5 крапель розчину FeSO_4 додайте NaOH або KOH до утворення осаду брудно-зеленого кольору. Під дією кисню та води осад змінює своє забарвлення на червоно-буре.



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

До 4-5 крапель розчину 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+) катиона до ферум (3+) катиона можна здійснити також іншими окисниками: хлорна або бромна вода, нітратна кислота, гідроген пероксид, манган оксид (IV).

До 4-5 крапель розчину FeSO_4 долийте 1-3 краплі H_2SO_4 , рівний об'єм розчину KMnO_4 , спостерігайте знебарвлення розчину KMnO_4 . Складіть рівняння реакції, доберіть коефіцієнти методом електронного балансу, визначте окисник і відновник.

Якісні реакції манган (II) – катіона

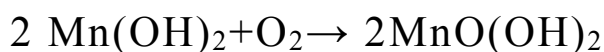
Солі манган (II) катіонів у кристалічному стані і в концентрованих водних розчинах мають блідо-рожевий колір, більшість з них добре розчинні у воді. Розбавлені розчини солей Mn^{2+} безбарвні. Для дослідження візьміть розчин MnSO_4 або $\text{Mn}(\text{NO}_3)_2$

1. Реагент - їдкі луги

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



До 2-3 капель розчину MnSO_4 додайте NaOH до утворення білого осаду. Зверніть увагу на те, що осад поступово буріє внаслідок окиснення $\text{Mn}(\text{OH})_2$ до $\text{MnO}(\text{OH})_2$

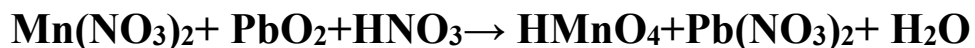


Переконайтесь у розчинності $\text{Mn}(\text{OH})_2$ в HCl і нерозчинності в лугах.

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

Катіон Mn^{2+} безбарвний, аніон MnO_4^- має малинове забарвлення. В якості окисника використовуйте плюмбум оксид (IV) PbO_2 , окиснення ведіть в азотнокислому середовищі. Виконуйте реакцію таким чином: пробірку сполосніть невеликою кількістю розчину MnSO_4 і вилийте розчин так, щоб на стінках пробірки залишилися тільки сліди розчину, потім додайте в пробірку 1-2 кристалики PbO_2 , долийте туди 2-3 мл (1:1) HNO_3 і обережно, весь час струшуючи вміст пробірки, нагрійте її до кипіння. Дайте осаду

відстоятися. Розчин над осадом забарвлюється в малиновий колір внаслідок утворення кислоти HMnO_4 .



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

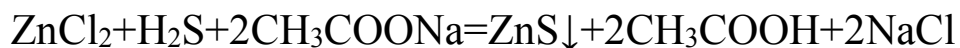
Якісні реакції цинк (II) – катіона

Солі цинк (2+) катіонів безбарвні, більшість з них розчинні у воді. Для вивчення властивостей цинк (2+) катіонів користуються водними розчинами ZnSO_4 - цинк сульфату або $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$ - цинк динітрату.

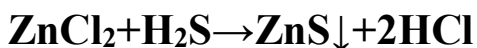
1. Реагент – H_2S сірководень (дигідрогенсульфід)

У пробірку візьміть 1-2 краплі розчину солі Zn^{2+} катіона, додайте краплю водного розчину CH_3COONa і 1-2 краплі свіжо - приготовленого розчину H_2S або $(\text{NH}_4)_2\text{S}$.

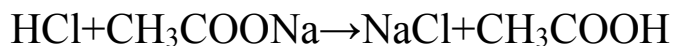
Увага! Розчин виконуйте у витяжній шафі. Спостерігайте утворення білого пластівчастого осаду.



CH_3COONa необхідний для повного осадження S^{2-} , ZnS розчинний в сильних кислотах, які утворюються при осадженні ZnS .



Утворена сильна кислота при взаємодії з CH_3COONa витісняє слабку кислоту, в якій ZnS нерозчинний



2. Реагент - їдкі луги

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

3. Реагент - кобальт динітрат $Co(NO_3)_2$

На смужку фільтрувального паперу нанесіть 1-2 краплі водного розчину цинк сульфату і стільки ж крапель $Co(NO_3)_2$, 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 Ag^+ , Hg_2^{2+} , Pb^{2+} , Cu^{2+} , Cd^{2+} , 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 сульфід, але й при пропусканні сірководню, який дає значно менше сульфід-іонів. Перевищення ДР відбувається навіть при наявності сильних кислот, які пригнічують дисоціацію H_2S .

Дія групового реагенту

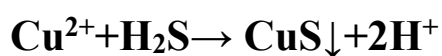
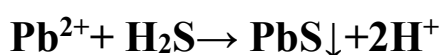
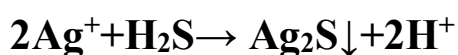
Груповим реагентом на катіони IV групи є сірководень в кислому середовищі. Сірководень представляє собою слабку кислоту яка дисоціює за двома ступенями:



Необхідні для осадження сульфід-іони можуть з'єднуватися з катіонами гідрогену H^+ в гідроген сульфід HS^- і в подальшому в малодисоційовані молекули H_2S . Таким чином, концентрація сульфід-іонів залежить від кількості іонів Гідрогену, тобто від величини рН. Осадження того чи іншого сульфідів та повнота осадження визначається значенням рН розчину. Так, з сильно кислих розчинів (невеликі рН, значна кількість H^+) сірководень осаджує найменш розчинні сульфідів з досить малим значенням ДР. З нейтральних або лужних розчинів ($\text{pH} > 7$) сірководень осаджує не тільки малорозчинні, але й сульфідів 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 .

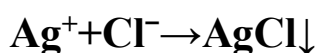
Нітратна кислота розчиняє CuS внаслідок окисно-відновної реакції



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.

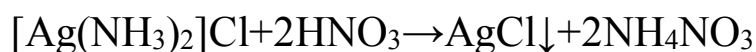
Для дослідження візьміть 1-2 краплі розчину AgNO_3 і додайте HCl до утворення білого осаду.



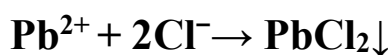
Перевірте розчинність утвореного осаду в кислотах та надлишку амоніаку.



Нітратна кислота руйнує комплекс аргентум діамінхлорид і знову випадає осад AgCl.



З катіонами плюмбуму хлорид-іони також утворюють білий осад



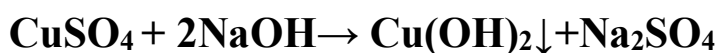
Особливістю цього осаду є його розчинність в гарячій воді.

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 CuSO_4 або купрум (II) хлоридом.

1. Реагент - їдкі луги

У пробірку візьміть 1-2 краплі водного розчину 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 NH_4OH

До 2-3 крапель водного розчину CuSO_4 обережно краплями додайте розчин NH_4OH до утворення зеленкуватого осаду основної солі купруму $(\text{CuOH})_2\text{SO}_4$. Потім краплями додайте цей же розчин NH_4OH - 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 NH_4OH .

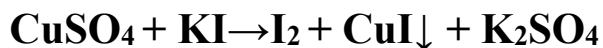
3. Реагент - залізо

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

У пробірку помістіть $0,2 \text{ см}^3$ водного розчину 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 CuSO_4 додайте рівний об'єм розчину KI . Відбувається відновлення Cu^{2+} до Cu^+ і утворення вільного йоду, що надає суміші жовто-бурий колір.



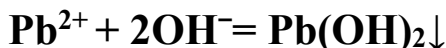
Методом електронного балансу доберіть коефіцієнти в рівнянні окисно-відновної реакції, вкажіть окисник і відновник.

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

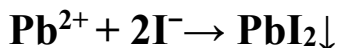
До 4-5 крапель розчинної солі плюмбум (II)-катиона додайте NaOH (KOH) до утворення білого осаду.



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.

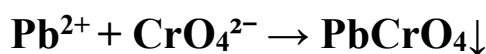
До 1-3 крапель розчину плюмбум (II) динітрату в пробірці додайте рівну кількість розчину калій йодиду. Утворюється жовтий кристалічний осад PbI_2



Проведіть перекристалізацію розчину . Для цього до утвореного осаду додайте близько 3см³ води, 2М розчин ацетатної кислоти і нагрійте до повного розчинення осаду. Безбарвний гарячий розчин PbI₂ різко охолодіть в струмені водопровідної води. При цьому виділяється осад PbI₂ 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 Fe³⁺, Cu²⁺, CrO₄²⁻, MnO₄⁻ іони.

3. Реагент – калій хромат K₂CrO₄ або калій дихромат K₂Cr₂O₇

До 1-3 крапель солі плюмбуму (II)-катіона 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

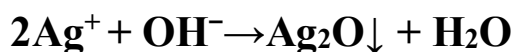


Якісні реакції аргентум (I)-катіона

Для аналітичного визначення катіонів аргентуму (I) користуються розчином AgNO₃

1. Реагент - їдкі луги

До 2-3 крапель водного розчину AgNO₃ 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 AgNO_3 додайте розчин амоніаку до утворення осаду. Надлишок реактива NH_4OH розчиняє утворений осад.



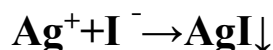
сновною умовою реакції є стехіометрична кількість речовини реактиву.

Розчинення Ag_2O в надлишку $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ відбувається за реакцією

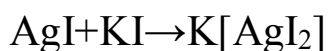


3. Реагент - калій йодид KI

Катіон Ag^+ утворює з калій йодидом жовтий осад аргентум йодиду

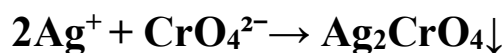


Проробіть реакцію і перевірте відношення осаду до амоніаку та надлишку KI.



4. Реагент - калій хромат K_2CrO_4

До 2-3 крапель водного розчину 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 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

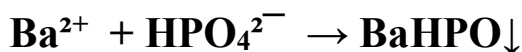
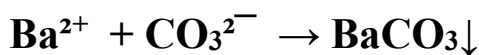
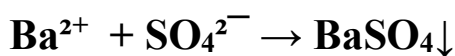
№ групи	I група	II група	III група
Аніони, групи	Сульфат-іони SO_4^{2-} Карбонат-іони CO_3^{2-} Фосфат-іони PO_4^{3-} Силікат-іони SiO_3^{2-}	Хлорид-іони Cl^- Бромід-іони Br^- Йодид-іони I^-	Нітрат-іони NO_3^- Нітрит-іони NO_2^-
Характеристика груп	Барієві солі важкорозчинні у воді, але розчиняються в розбавлених кислотах за винятком BaSO_4	Солі аргентум-катіона важко розчинні в воді і в HNO_3	Солі Барію та Аргентуму розчинні у воді
Груповий реагент	BaCl_2 в нейтральному або лужному середовищі (pH 7-9)	AgNO_3 в присутності 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 кожную з них окремо додайте по 2-3 краплі сульфат-іонів, карбонат-аніонів та гідрогенфосфат-іонів. В кожную пробірку додайте розчин BaCl_2 до утворення осаду



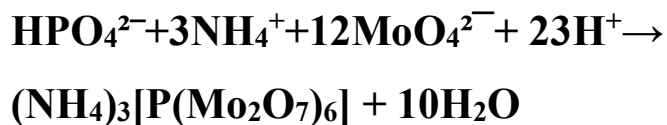
Перевірте розчинність утворених осадів в кислотах. Зверніть увагу, що барій карбонат розчиняється з утворенням бульбашок газу, барій гідрогенфосфат розчиняється без виділення газу, особливістю BaSO_4 є його нерозчинність ні в кислотах, ні в лугах. Складіть рівняння реакції розчинення осадів і зробіть висновки щодо умов осадження аніонів I аналітичної групи.

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

а) молібденова рідина

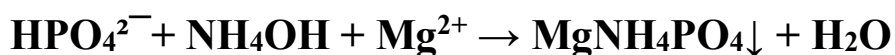
Візьміть 10 крапель розчину амоній молібдату $(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4$, стільки ж концентрованої нітратної кислоти і суміш нагрійте до $50^\circ - 60^\circ \text{C}$. До нагрітої суміші додайте 3-4 краплі розчину натрій фосфату, перемішайте, злегка нагрійте на водяній бані і спостерігайте утворення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

жовтого забарвлення розчину за невеликої концентрації фосфат-аніона.



б) магnezіальна 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 Na_2HPO_4 . Утворюється білий кристалічний осад амоніймагній фосфат, який розчиняється в мінеральних кислотах



Важливою умовою реакції є послідовність додавання розчинів реактивів.

Друга аналітична група аніонів

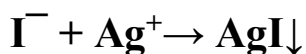
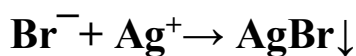
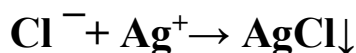
Другу аналітичну групу аніонів утворюють р-елементи, розміщені у верхньому правому кутку періодичної системи Д.І. Менделєєва. Цим елементам властиве утворювати сполуки з Гідроеном – гідроген сульфід, гідроген хлорид, гідроген бромід, гідроген йодид. У водному розчині наведені сполуки виявляють кислотні властивості, тому їх розчини називаються кислотами. Продукти заміщення атомів Гідроену 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 AgNO_3 в присутності HNO_3 .

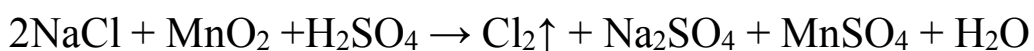
В три пробірки налейте по 2-3 краплі відповідних солей аніонів: Cl^- , Br^- , I^- , додайте розчин AgNO_3 до утворення осадів.



Зверніть увагу на колір осадів. Перевірте розчинність осадів в HNO_3 , NaOH , NH_4OH . Складіть рівняння реакцій розчинення осадів та зробіть висновки щодо умов проведення даних реакцій.

Сильні окисники (KMnO_4 , KClO_3 , $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) в кислому середовищі переводять іони галогенів у вільний стан.

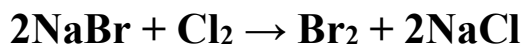
В якості окисника можна використати і MnO_2 . До 2-3 крапель розчину натрій хлориду додайте 2-3 кристалики MnO_2 та 1-2 краплі концентрованої сульфатної кислоти, суміш нагрійте, спостерігається виділення вільного Хлору.



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

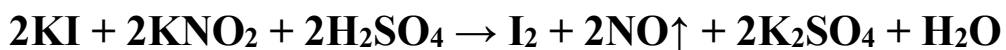
Для визначення бромід-аніону користуються хлорною водою. 2 - 3 краплі розчину солі броміду підкисліть 2-3 краплями сульфатної кислоти додайте 1-2 краплі свіжоприготовленої хлорної води та 2-3 краплі бензену. Суміш перемішайте і спостерігайте

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 Fe^{2+} , Cu^{2+} , NO_2^- виділяють вільний йод з йодидів.

До 1-2 крапель розчину калій йодиду додайте стільки ж розчину натрій нітриту, підкисліть 2н. H_2SO_4 і додайте 1-2 краплі крохмального розчину. Спостерігайте утворення синьої адсорбційної сполуки крохмалю з йодом.



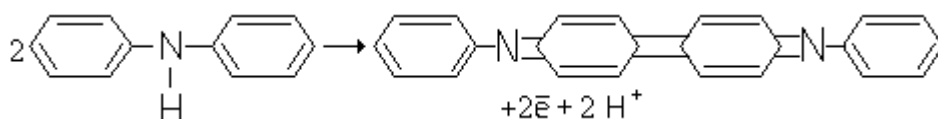
Третя аналітична група аніонів

До III групи аніонів належать нітрат NO_3^- та нітрит 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.

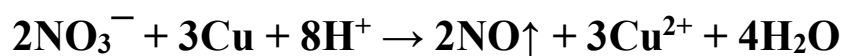
1. Реагент-дифеніламін утворює сполуку інтенсивно-синього забарвлення



Реакція виконується на предметному скельці

2. Реагент – металева мідь

В пробірку візьміть трохи знежирених ошурок міді, додайте 0,5 см³ розчину калій нітрату та 1 см³ концентрованої нітратної кислоти. Вміст пробірки нагрійте і на білому фоні спостерігайте виділення безбарвного газу NO, який з часом буріє, окиснюючись до NO₂.

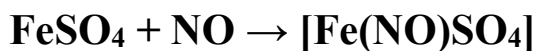


3. Реагент – ферум (II) сульфат

Ферум (II) сульфат з нітрат-аніоном у концентрованій сульфатній кислоті утворює координаційну сполуку бурого кольору [Fe(NO)SO₄]

На краплинну пластинку помістіть краплю розчину NO₃⁻ аніона, внесіть невеликий кристалик FeSO₄ і додайте краплю

концентрованої H_2SO_4 . Спостерігайте утворення бурого кільця навколо кристалика FeSO_4 .



4. Реагент – сечовина $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ з концентрованою нітратною кислотою утворює осад малорозчинної солі нітрат-сечовини.



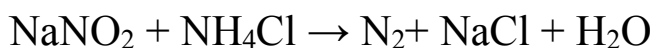
До концентрованого розчину сечовини додають стільки ж концентрованої нітратної кислоти. Випадає осад нітрат сечовини. Здатність сечовини утворювати малорозчинні солі нітратної кислоти використовують для виявлення сечовини в сечі людини, за добу людина з сечею виділяє сечовину масою 30г.

Реакції нітрит-аніона

Практично всі солі нітритної кислоти добре розчинні у воді, AgNO_2 розчиняється за нагрівання. Аніон 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 NO_2^- перевірте реакцією з KMnO_4 .



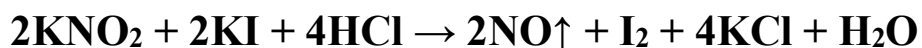
2. Реагент – металевий алюміній або цинк

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 KNO_2 та 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. H_2SO_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 Fe^{2+} , синіх - про присутність солей Cu^{2+} , рожевих - про присутність Mn^{2+} або 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 CO_3^{2-} . Після розчинення речовини в кислоті, надлишок її нейтралізуйте NH_4OH 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 Na_2CO_3 до припинення виділення 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 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 NH_4^+ за допомогою реактива Несслера або лугів. При наявності іонів NH_4^+ їх необхідно вилучити термічним розкладанням (див. "Аналіз суміші катіонів I та II аналітичних груп")

б) попереднє встановлення іонів Fe^{2+} та Fe^{3+} обумовлено тим, що під час аналізу проводяться реакції окиснення-відновлення і є можливість переводу Fe^{2+} в Fe^{3+} та Fe^{3+} в Fe^{2+} , тому в попередніх дослідженнях відкривають Fe^{2+} за допомогою $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ і 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_2SO_4). 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 $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ не утворився, то у розчині відсутні катіони III та IV аналітичних груп.

Дослідження катіонів II групи

До досліджуваного розчину додайте розчин $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$. Утворення осаду свідчить про наявність катіонів Ca^{2+} та Ba^{2+} або одного з цих іонів. Перевіряємо розчин на присутність катіонів Ba^{2+} . Якщо барій - іони виявлені у розчині, відокремлюємо їх на центрифугі за допомогою $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ в присутності CH_3COONa . 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_4^+ -іонів встановлюється в попередніх дослідженнях. Катіони калію відкривають за допомогою реагентів $\text{NaHC}_4\text{H}_4\text{O}_6$ та $\text{Na}_3[\text{Co}(\text{NO}_2)_6]$. 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 AgNO_3 в присутності HNO_3 , якщо групові реагенти не утворюють осад, 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 CO_3^{2-} , PO_4^{3-} іони, до того ж тільки при розчиненні BaCO_3 виділяється вуглекислий газ CO_2 .

Друга група аніонів.

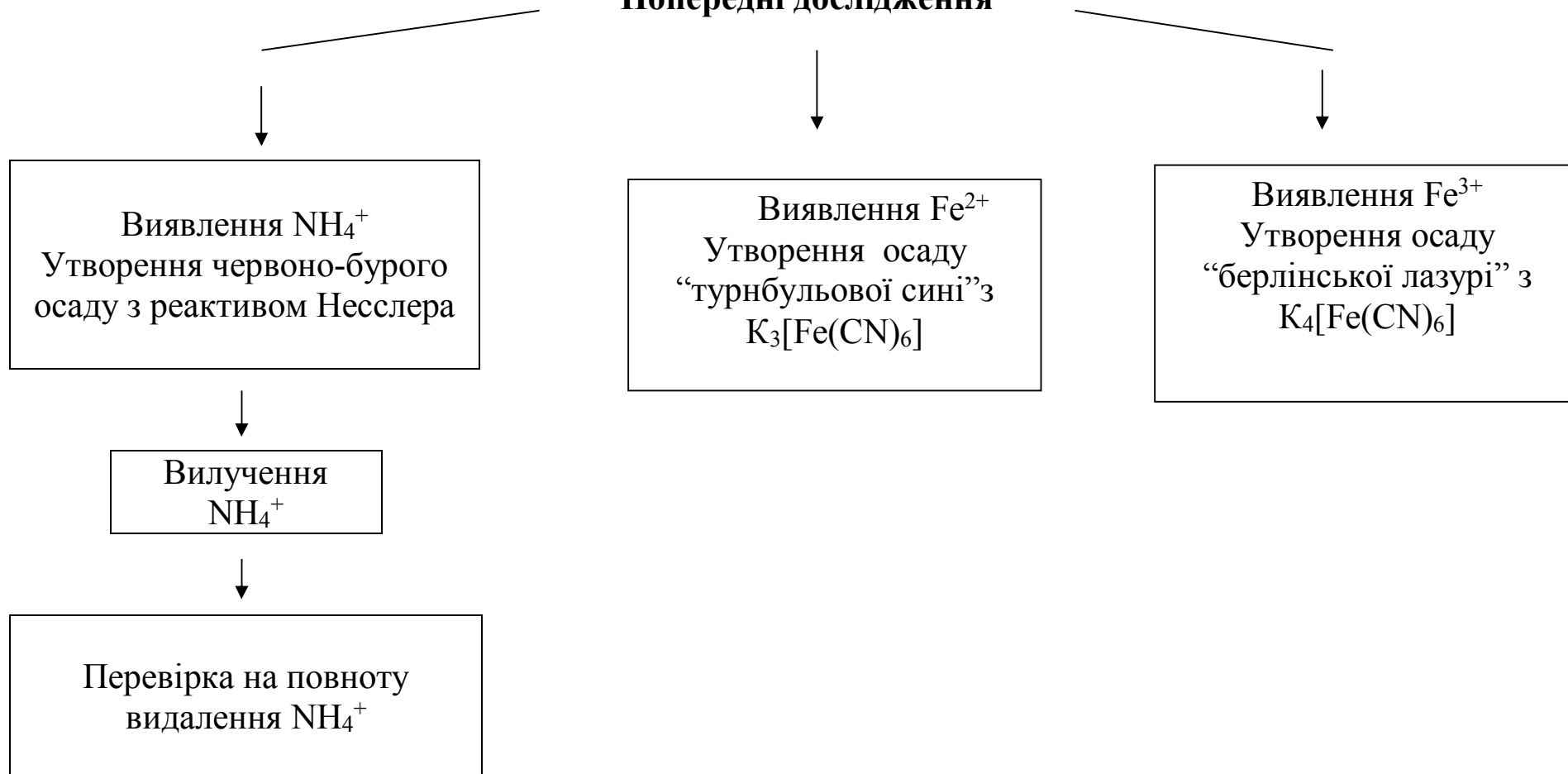
Наявність хлорид-іонів доводять при розчиненні осаду AgCl в надлишку NH_4OH . Для визначення йодид-аніонів на розчин діють KNO_2 та H_2SO_4 в присутності крохмалю. Утворення синього забарвлення свідчить про наявність йодид-аніонів. Бромід-іон визначають за фуксінсульфитною кислотою.

Третя група аніонів - наявність NO_3^- і NO_2^- підтверджують реакцією з дифеніламіном (синє забарвлення), реакцію проводять на краплинному скельці. Розділення NO_3^- і NO_2^- здійснюють 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	$(\text{NH}_4)_2\text{S}$	Осад 1 Сульфід катіонів III та IV груп	Розчин 1 Катіони I, II груп
Розділення катіонів III та IV аналітичних груп (осад 1)	$\text{HCl}, \text{H}_2\text{SO}_4$	Осад 2 Сульфід катіонів IV групи PbS, CuS	Розчин 2 Катіони III групи $\text{HCl}, \text{H}_2\text{SO}_4$
Осадження катіонів III аналітичної групи (розчин 2)	$(\text{NH}_4)_2\text{S}$	Осад 3 Сульфід та гідроксид катіонів III групи	Розчин 3 $\text{HCl}, \text{H}_2\text{SO}_4$
Осадження катіонів II групи (розчин 1)	$(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$	Осад 4 Карбонати $\text{CaCO}_3, \text{BaCO}_3$	Розчин 4 Катіони I групи
Розчинення карбонатів II групи (осад 4)	CH_3COOH	—	Розчин 5 Катіони $\text{Ca}^{2+}, \text{Ba}^{2+}$
Виявлення і відокремлення Ba^{2+} (розчин 5)	$\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7, \text{K}_2\text{CrO}_4$	Осад 5 BaCrO_4	Розчин 6 Катіони Ca^{2+}
Виявлення катіонів Ca^{2+} (розчин 6)	$(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$	Осад 6 CaC_2O_4	Розчин 7 Катіони NH_4^+
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	BaCl_2	Осад 1 BaSO_4 , BaCO_3 , BaHPO_4	Розчин 1: Аніони II, III аналітичних груп
Виявлення аніонів I аналітичної групи (осад 1)	HCl	Осад 2 BaSO_4	Розчин 2: CO_3^{2-} (виділення CO_2) HPO_4^{2-} (CO_2 не виділяється)
Осадження аніонів II аналітичної групи (розчин 1)	AgNO_3 в присутності HNO_3	Осад 3 AgCl , AgBr , AgI	Розчин 3: AgNO_3 , аніони III групи
Виявлення хлорид-іонів (осад 3)	NH_4OH	Осад 4 AgBr , AgI	Розчин 4: $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}]$
Виявлення аніонів III групи (розчин 1)	Дифеніламін	—	Розчин 5: NO_3^- , NO_2^- , темно-синє забарвлення
Виявлення нітрит-іону (розчин 1)	KMnO_4 , H_2SO_4	—	Розчин 6: Знебарвлення розчину

Питання до колоквиуму 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. Габ П. І., Шахнін Д. Б., Малишев В. В. Аналітична хімія. Якісний та кількісний аналіз: навчальний посібник. Київ : Університет «Україна», 2018. 212 с.
2. Аналітична хімія. Якісний аналіз: Навчально – методичний посібник / Рева Т. та ін. Київ : ВСВ «Медицина», 2017. 280 с.
3. Циганок Л. П., Бубель Т. О., Вашкевич Д. Ю. Аналітична хімія. Хімічні методи аналізу : навчальний посібник. Дніпропетровськ : ДНУ ім. Гончара, 2014. 252 с.
4. Сегеда А. С. Аналітична хімія. Якісний аналіз : навчальний посібник. Київ : ЦУЛ, 2002. 524 с.
5. Гирля Л.М., Кельїна С.Ю. Аналітична хімія [Електронний ресурс] : навч. посіб. Миколаїв : МДАУ, 2012. 247 с.
6. Крешков А.П., Ярославцев А.А. Курс аналитической химии. Качественный анализ Москва. : Химия, 1988. 348с.
7. Сегеда А. С. Лабораторний практикум з аналітичної хімії. Якісний і кількісний аналіз. Київ. : ЦУЛ ; Фітосоціоцентр, 2004. 280 с.
8. Основы аналитической химии : учеб. для вузов : в 2-х кн. / Большова Т. А. и др. ; под ред. Ю. А. Золотова. – 3-е изд. М. : Высшая школа, 2004.
Т. 1. – 2004. 361 с. ;
Т. 2. – 2004. 503 с.
9. Набиванець Б. Й., Сухан В.В, Карабіна Л. В. Аналітична хімія природного середовища. Київ : Либідь, 1996. 303 с.

Формули деяких кислот, назви їх аніонів

Формула кислоти	Назва кислоти	Аніон	Назва аніону
1	2	3	4
CH ₃ COOH	Оцтова	CH ₃ COO ⁻	Ацетат
HBO ₂	Метаборна	BO ₂ ⁻	Метаборат
H ₃ BO ₃	Ортоборна	[B(OH) ₄] ⁻	Борат
H ₂ CO ₃	Карбонатна (вугільна)	CO ₃ ²⁻ HCO ₃ ⁻	Карбонат Гідрогенкарбонат
H ₂ SiO ₃	Силікатна (кремнієва)	SiO ₃ ²⁻ HSiO ₃ ⁻	Силікат Гідрогенсилікат
H ₂ SO ₃	Сульфітна (сірчиста)	SO ₃ ²⁻ HSO ₃ ⁻	Сульфіт Гідрогенсульфіт
H ₂ SO ₄	Сульфатна (сірчана)	SO ₄ ²⁻ HSO ₄ ⁻	Сульфат Гідрогенсульфат
HNO ₂	Нітритна (азотиста)	NO ₂ ⁻	Нітрит
HNO ₃	Нітратна (азотна)	NO ₃ ⁻	Нітрат
HPO ₃	Метафосфатна (мета фосфорна)	PO ₃ ⁻	Метафосфат
H ₃ PO ₄	Ортофосфатна (ортофосфорна)	PO ₄ ³⁻ HPO ₄ ²⁻ H ₂ PO ₄ ⁻	Ортофосфат Гідрогенортофосфат Дигідрогенортофосфат
H ₄ P ₂ O ₇	Дифосфатна (пірофосфатна)	P ₂ O ₇ ⁴⁻ HP ₂ O ₇ ³⁻	Дифосфат Гідрогендифосфат
HClO	Хлорнуватиста	ClO ⁻	Гіпохлорит
HClO ₂	Хлориста	ClO ₂ ⁻	Хлорит
HClO ₃	Хлорнувата	ClO ₃ ⁻	Хлорат
HClO ₄	Хлорна	ClO ₄ ⁻	Перхлорат
HMnO ₄	Перманганатна (марганцева)	MnO ₄ ⁻	Перманганат
HSCN	Тіоціановоднева (роданиста)	SCN ⁻	Роданід (тіоціанат)
H ₂ CrO ₄	Хромовна	CrO ₄ ²⁻ HCrO ₄ ⁻	Хромат Гідрогенхромат
H ₂ Cr ₂ O ₇	Дихромовна	Cr ₂ O ₇ ²⁻ HCr ₂ O ₇ ⁻	Дихромат 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 Д. І. МЕНДЕЛЄЄВА										VIII		Символ елемента		Атомний номер	
I	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
										2 1s	He				
										ГЕЛІЙ	4,0026				
II	2	Li	3	Be	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
										2s	Ne				
										ЛІТІЙ	6,941				
III	3	Na	11	Mg	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
										3s	Ar				
										НАТРІЙ	22,990				
IV	4	K	19	Ca	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
										4s	Fe				
										КАЛІЙ	39,098				
5	29	Cu	30	Zn	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41
										3d 4s	Kr				
										КУПРУМ	63,546				
V	6	Rb	37	Sr	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
										5s	Ru				
										РУБІДІЙ	85,468				
7	47	Ag	48	Cd	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59
										4d 5s	Xe				
										АРГЕНТУМ	107,87				
VI	8	Cs	55	Ba	56	57	72	73	74	75	76	77	78	79	80
										6s	Os				
										ЦЕЗІЙ	132,91				
9	79	Au	80	Hg	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91
										5d 6s	Rn				
										АУРУМ	196,97				
VII	10	Fr	87	Ra	88	89	104	105	106	107	108	109	110	111	112
										7s	Hs				
										ФРАНЦІЙ	[223]				
* ЛАНТАНОЇДИ															
Ce	58	Pr	59	Nd	60	Pm	61	Sm	62	Eu	63	Gd	64	Tb	65
** АКТИНОЇДИ															
Th	90	Pa	91	U	92	Np	93	Pu	94	Am	95	Cm	96	Bk	97
108															
109															
110															
111															
112															
113															
114															
115															
116															
117															
118															
119															
120															
121															
122															
123															
124															
125															
126															
127															
128															
129															
130															
131															
132															
133															
134															
135															
136															
137															
138															
139															
140															
141															
142															
143															
144															
145															
146															
147															
148															
149															
150															
151															
152															
153															
154															
155															
156															
157															
158															
159															
160															
161															
162															
163															
164															
165															
166															
167															
168															
169															
170															
171															
172															
173															
174															
175															
176															
177															
178															
179															
180															
181															
182															
183															
184															
185															
186															
187															
188															
189															
190															
191															
192															
193															
194															
195															
196															
197															
198															
199															
200															
201															
202															
203															
204															
205															
206															
207															
208															
209															
210															
211															
212															
213															
214															
215															
216															
217															
218															
219															
220															
221															
222															
223															
224															
225															
226															
227															
228															
229															
230															
231															
232															
233															
234															
235															
236															
237															
238															
239															
240															
241															
242															
243															
244															
245															
246															
247															
248															
249															
250															
251															
252															
253															
254															
255															
256															
257															
258															
259															
260															
261															
262															
263															
264															
265															
266															
267															
268															
269															
270															
271															
272															
273															
274															
275															
276															
277															
278															
279															
280															
281															
282															
283															
284															
285															
286															
287															
288															
289															
290															
291															
292															
293															
294															
295															
296															
297															
298															
299															
300															
301															
302															
303															
304															
305															
306															
307															
308															
309															
310															
311															
312															
313															
314															
315															
316															
317															
318															
319															
320															
321															
322															
323															
324															
325															
326															
327															
328															
329															
330															
331															
332															
333															
334															
335															
336															
337															
338															
339															
340															
341															
342															
343															
344															
345															
346															
347															
348															
349															
350															
351															
352															
353															
354															
355															
356															
357															
358															
359															
360															
361															
362															
363															
364															
365															
366															
367															
368															
369															
370															
371															
372															
373															
374															
375															
376															
377															
378															
379															
380															
381															
382															
383															
384															
385															
386															
387															
388															
389															
390															
391															
392															
393															
394															
395															
396															
397															
398															
399															
400															
401															
402															
403															
404															
405															
406															
407															
408															
409															
410															
411															
412															
413															
414															
415															
416															
417															
418															
419															
420															
421															
422															
423															
424															
425															
426															
427															
428															
429															
430															
431															
432															
433															
434															
435															
436															
437															
438															
439															
440															
441															
442															
443															
444															
445															
446															
447															
448															
449															
450															
451															
452															
453															
454															
455															
456															
457															
458															
459															
460															
461															
462															
463															
464															
465															
466															
467															
468															
469															
470															
471															
472															
473															
474															
475															
476															
477															
478															
479															
480															
481															
482															
483															
484															
485															
486															
487															
488															
489															
490															
491															
492															
493															
494															
495															
496															
497															
498															
499															
500															
501															
502															
503															
504															
505															
506															
507															
508															
509															
510															
511															
512															
513															
514															
515															
516															
517															
518															
519															
520															
521															
522															
523															
524															
525															
526															
527															
528															
529															
530															
531															
532															
533															
534															
535															
536															
537															
538															
539															
540															
541															
542															
543															
544															
545															
546															
547															
548															
549															
550															
551															
552															
553															
554															
555															
556															
557															
558															
559															
560															
561															
562															
563															
564															
565															
566															
567															
568															
569															
570															
571															
572															
573															
574															
575															
576															
577															
578															
579															
580															
581															
582															
583															
584															
585															
586															
587															
588															
589															
590															
591															
592															
593															
594															
595															
596															
597															
598															
599															
600															
601															
602															
603															
604															
605															
606															
607															
608															
609															
610															
611															
612															
613															
614															
615															
616															
617															
618															
619															
620															
621															
622															
623															
624															
625															
626															
627															
628															
629															
630															
631															
632															
633															
634															
635															
636															
637															
638															
639															
640															
641															
642															
643															
644															
645															
646															
647															
648															
649															
650															
651															
652															
653															
654															
655															
656															
657															
658															
659															
660															
661															
662															
663															
664															
665															
666															
667															
668															
669															
670															
671															
672															
673															
674															
675															
676															
677															
678															
679															
680															
681															
682															
683															
684															
685															
686															
687															
688															
689															
690															
691															
692															
693															
694															
695															
696															
697															
698															
699															
700															
701															
702															
703															
704															
705															
706															
707															
708															
709															
710															
711															
712															
713															
714															
715															
716															
717															
718															
719															
720															
721															
722															
723															
724															
725															
726															
727															
728															
729															
730															
731															
732															
733															
734															
735															
736															

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

Fe 26
55.847
3d⁶ 4s²
ФЕРУМ

Для нотаток:

Навчальне видання

НЕОРГАНІЧНА ТА АНАЛІТИЧНА ХІМІЯ

Методичні рекомендації

Укладач: **Гирля** Людмила Миколаївна

Формат 60 x 84 /16 . Ум. друк. арк. 3,5

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.

