

Міністерство освіти і науки України
ХАРКІВСЬКИЙ АВТОМОБІЛЬНО-ДОРОЖНІЙ
УНІВЕРСИТЕТ

НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
з дисципліни «Аналітична хімія. Частина I (Якісний аналіз)»
до самостійної роботи та підготовки до практичних робіт
для здобувачів вищої освіти за спеціальністю G1 «Хімічні
технології та інженерія»

Харків
2026

Укладачі:

доц. Даценко В.В.,
проф. Ненастіна Т.О.,
доц. Єгорова Л.М.

НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ з дисципліни «Аналітична хімія. Частина I (Якісний аналіз)» до самостійної роботи та підготовки до лабораторних робіт для здобувачів вищої освіти за спеціальністю G1 «Хімічні технології та інженерія» затверджено Методичною Радою ХНАДУ: Протокол №2 від 25.11.2025 р.

Техніка безпеки та правила роботи в лабораторії

Перед початком кожної лабораторної роботи треба підготувати теоретичний матеріал з відповідної теми за підручником. Приступити до виконання роботи можна тільки після дозволу викладача.

На кожному лабораторному занятті результати експерименту обов'язково записують у робочий зошит – лабораторний журнал.

На першому лабораторному занятті треба ознайомитися з розташуванням реактивів у штативі.

Робоче місце, а також посуд і прилади завжди повинні бути бездоганно чистими. Особливо потрібно стежити за чистотою реактивів у склянках. Для уникнення помилок пробірки та інший реактивний посуд слід підписати.

Необхідно ощадливо використовувати газ, електроенергію та дистильовану воду. При роботі з природним газом слід бути обережним і уникати його витіку.

Для збереження одягу перебувати в лабораторії необхідно тільки в халаті.

Концентровані кислоти, луги та реактиви із сильним запахом повинні зберігатися у витяжній шафі.

Концентровані кислоти та луги при потраплянні на шкіру викликають опіки. Ці реактиви також псують одяг, тому робота з ними потребує обережності. Якщо кислота або луг попали на шкіру, треба спочатку ретельно промити уражене місце проточною водою (під краном), а якщо необхідно, залишки кислоти нейтралізувати розчином соди, а залишки лугу – розчином оцтової кислоти.

Заборонено зливати у раковину розчини концентрованих кислот і лугів, солей важких металів, викидати туди осади, фільтри, біте скло, папір та ін. Для цього повинні бути спеціальні керамічні банки.

У лабораторії категорично забороняється вживати їжу.

Займісті суміші та леткі речовини (органічні розчинники) не повинні бути розташовані поблизу відкритого вогню або нагрівальних приладів.

Основні теоретичні положення якісного аналізу

Аналітична хімія – це розділ хімічної науки, який вивчає методи дослідження якісного та кількісного складу речовин або їх сумішей.

Якісний аналіз – це розділ аналітичної хімії, який досліджує якісний склад речовини або суміші.

Кількісний аналіз – розділ аналітичної хімії, метою якого є визначення кількісного складу речовини або суміші, тобто встановлення співвідношення елементів, які входять до складу цієї речовини або речовин у суміші.

При дослідженні нової сполуки насамперед визначають, з яких елементів (або іонів) вона складається, а вже потім установлюють кількісні співвідношення, у яких вони перебувають. Тому якісний аналіз речовини, як правило, передує кількісному.

Класичний якісний аналіз пов'язаний з водними розчинами електролітів, тобто солей, лугів, кислот, які дисоціюють на іони. Кожен іон має свої властивості, які він зберігає незалежно від присутності в розчині інших іонів. Реакції, які відбуваються у розчинах між електролітами, – це реакції між іонами. Вони допомагають визначити певний іон за відомими особливостями. Хімічні процеси, які використовують при аналізі речовини, називають **аналітичними (якісними) реакціями**. Аналітичними є тільки ті хімічні реакції, які супроводжуються зовнішнім ефектом: утворенням або розчиненням осаду, зміною забарвлення розчину, що аналізується, виділенням газоподібних речовин.

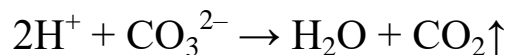
Речовини, за допомогою яких проводять аналітичні реакції, називають **реагентами (реактивами)**. У якісному аналізі використовують достатньо концентровані розчини реагентів: 2 н розчини кислот і лугів, 0,5 н розчини солей.

Для переведення сухої речовини у розчині проводять проби на її розчинність у різноманітних розчинниках при кімнатній температурі, а якщо потрібно – при нагріванні. Речовину, яка не розчиняється у воді або розчиняється в ній слабо, випробують на розчинність спочатку в оцтовій кислоті, а потім у розбавлених та

концентрованих хлоридній, нітратній кислотах і навіть у суміші хлоридної та нітратної кислот (3:1).

При виконанні аналітичної реакції необхідно дотримуватися певних умов, які залежать від властивостей речовини, що аналізується.

Першою із цих умов є *певне середовище розчину*. Наприклад, для визначення карбонат-іона (CO_3^{2-}) середовище повинне бути нейтральним або лужним, тому що в кислому середовищі утворюється оксид карбону (IV), тобто карбонат-іон зникає:



Другою умовою виконання аналітичної реакції є *підтримання необхідної температури розчину*. Більшість аналітичних реакцій виконують при кімнатній температурі або навіть охолоджують пробірку під водою (наприклад, при осадженні гексагідроксостібіату (V) натрію $\text{Na}[\text{Sb}(\text{OH})_6]$). Однак деякі реакції потребують нагрівання до певної температури. Наприклад, визначення іона NH_4^+ за допомогою лугів виконують при нагріванні.

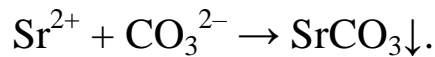
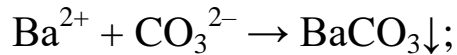
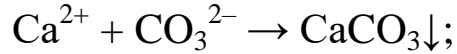
Не менш важлива третя умова – *певна концентрація іона*, який виявляють у розчині. Для проведення хімічного аналізу певних іонів у розчині аналітична реакція повинна мати достатню чутливість. Чутливість реакції характеризується кількісно за допомогою двох величин – відкритого мінімуму та мінімальної концентрації.

Відкритий мінімум – це найменша кількість іона, яку можна виявити за допомогою певної аналітичної реакції. Для визначення досліджуваних іонів цей мінімум повинен становити менше ніж 50 мкг.

Мінімальна концентрація показує, з якого розведення розчину можна визначити аналізований іон. Аналітичні реакції, які дозволяють визначити іони в малих концентраціях, називають *високочутливими*.

Для проведення якісного аналізу, крім чутливості, велике значення має специфічність і селективність аналітичної реакції. Аналітичні реакції поділяються на *селективні* та *специфічні*.

Найбільш поширеними серед якісних реакцій є так звані **селективні** (вибіркові) реакції, які дають подібний зовнішній ефект із кількома іонами. Наприклад, карбонат амонію $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ утворює не тільки з катіоном Ca^{2+} , але і з катіонами Ba^{2+} та Sr^{2+} білий осад:

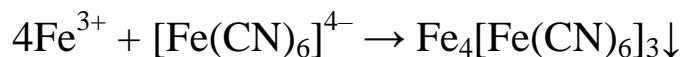


Такі реакції дозволяють виділити групу іонів із складної суміші. Реагент, який дозволяє виділити із складної суміші аналітичну групу іонів, називають *груповим реагентом*. Так карбонат амонію $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$, в наведеному вище прикладі є груповим реагентом на II групу катіонів.

Відокремити певний іон від суміші інших іонів та визначити його можна за допомогою якісної реакції. До якісних реакцій можна віднести *специфічні реакції*.

Специфічні реакції дозволяють виявити іон в окремій порції аналізованого розчину в присутності інших іонів. Послідовність виявлення іонів може бути довільною.

Специфічною реакцією називають таку, що дозволяє виявити певний іон навіть у присутності інших іонів. Наприклад, виявити іон Fe^{3+} можна за допомогою специфічної реакції



Речовина, яка реагує з певним іоном і в специфічній реакції дає певний ефект називається *специфічним реагентом (реактивом)*.

Калій гексаціаноферат (II) $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ є специфічним реагентом для іона Fe^{3+} , адже утворює з ним осад синього кольору (осад „берлінської лазури”) навіть у присутності інших іонів.

Якісний аналіз залежно від складності проведення аналітичних операцій поділяють на *дробовий* та *систематичний*.

Дробовий аналіз - це виявлення іонів в окремих порціях аналізованого розчину за допомогою специфічних реакцій, які проводять в різній послідовності.

Аналіз аніонів проводиться дробовим методом. Більшість аніонів фактично не перешкоджають визначенню певного іона в присутності інших.

Коли аналітичні реакції не є специфічними, а несприятливу дію іонів, що перешкоджають усунути неможливо, використовують систематичний хід аналізу. **Систематичний аналіз** – це певна послідовність виконання аналітичних реакцій, які допомагають відкривати певний іон тільки після того, як будуть виявлені та усунути всі перешкоджаючі іони.

Отже, в систематичному аналізі використовують не тільки реакції виявлення окремих іонів (специфічні та якісні), але також і реакції відділення (селективні), які проводять за допомогою групового реагенту.

Класифікація аніонів у якісному аналізі та особливості їх виявлення

Класифікація іонів (катионів так і аніонів) проводиться завдяки однакової дії групового реагенту (випадінню в осад групи іонів, або, навпаки, розчиненню осаду). *Групові реагенти* – це речовини, які із суміші виділяють певну аналітичну групу іонів. Вони дозволяють складне аналітичне завдання розподілити на кілька простих. Крім того, якщо груповий реагент не утворює осаду в аналізованому розчині з певною аналітичною групою іонів, то це вказує на її відсутність в розчині.

Класифікація аніонів

Аніони – негативно заряджені іони. За будовою вони можуть бути класифіковані на прості (Cl^-) і складні (NO_3^-), а за зарядністю – на однозарядні (NO_2^-) та багатозарядні (PO_4^{3-}). У якісному аналізі аніони прийнято поділяти на три аналітичні групи за розчинністю солей Барію та Аргентуму (табл. 1).

Таблиця 1 – Класифікація аніонів біогенних елементів

Аналітична група	Аніони	Характеристика	Груповий реагент
I	SO_4^{2-} – сульфат-іон CO_3^{2-} – карбонат-іон PO_4^{3-} – фосфат-іон SO_3^{2-} – сульфит-іон	Соли Барію мало розчинні у воді, але розчинні в розведених	BaCl_2 у нейтральному або слаболужному

	SiO_3^{2-} – сілікат-іон BO_2^- – борат-іон	кислотах (за винятком BaSO_4)	у середовищах
II	Cl^- – хлорид-іон Br^- – бромід-іон I^- – йодид-іон S^{2-} – сульфід-іон	Солі Аргентуму мало розчинні у воді та HNO_3 , але добре розчинні в NH_4OH	AgNO_3 в присутності HNO_3
III	NO_3^- – нітрат-іон NO_2^- – нітрит-іон CH_3COO^- – ацетат-іон	Солі Барію та Аргентуму, розчинні у воді	-

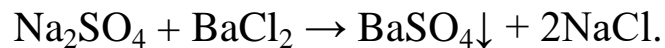
Як було вказано вище, аніони не перешкоджають виявленню один одного. Тому багато з них виявляють дробовим методом в окремих порціях досліджуваного розчину. Груповий реагент при цьому використовують не для відокремлення аналітичної групи, а для її попереднього виявлення.

Особливості якісного виявлення аніонів

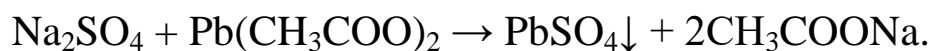
Якісні реакції на аніони першої аналітичної групи. До першої групи відносять аніони, які з катіонами барію утворюють мало розчинні у воді солі. Розчинність таких солей у воді та кислотах різна, що можна використати для їх виявлення чи розділення. Так, барію сульфат практично не розчинний у воді та мінеральних кислотах. Оксалат-, сульфід- та фторид барію розчинні у хлоридній, але нерозчинні в ацетатній кислотах. Всі інші барієві солі розчинні у мінеральних та ацетатній кислотах. Важливою аналітичною властивістю аніонів 1 групи є відношення їх до дії окисників чи відновників, а також здатність розкладатись з виділенням газів у кислому середовищі. Сульфід-, оксалат-, тіосульфат-іони є відновниками і здатні знебарвлювати розчин калію перманганату в сірчанокиислому середовищі (оксалат – лише при нагріванні). Леткими аніонами є сульфід-, тіосульфат- (у кислому середовищі розкладаються з виділенням SO_2), а також карбонат- і оксалат- (виділяють CO_2). Сполуки до складу яких входять аніони 1 групи використовуються в медицині як лікарські препарати. Li_2CO_3 використовують для лікування психічних захворювань, подагри та сечокам'яної хвороби, Na_2SO_4 та MgSO_4 як проносні засоби, (NaHCO_3) , CaCO_3 використовують при підвищеній кислотності шлункового соку.

Реакція сульфат-іону (SO_4^{2-}). Більшість сульфатів добре розчиняються у воді, але сульфати Барію, Кальцію, Стронцію і Плюмбуму малорозчинні в ній. Іон SO_4^{2-} безбарвний.

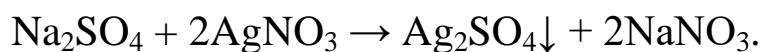
1. З розчином BaCl_2 випадає білий кристалічний осад, не розчинний у кислотах



2. З розчином $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2$ випадає білий кристалічний осад, нерозчинний у розведених мінеральних кислотах, але розчинний у лугах

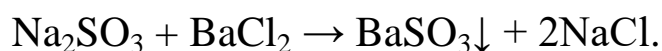


3. З розчином AgNO_3 білий кристалічний осад утворюють тільки концентровані розчини сульфатів

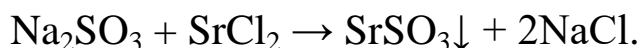


Реакція сульфит-іону (SO_3^{2-}). Іон SO_3^{2-} безбарвний, нестійкий і окиснюється до сульфат-іону SO_4^{2-} .

1. З розчином BaCl_2 випадає білий кристалічний осад, розчинний в хлоридній та нітратній кислотах з виділенням сульфур оксиду



2. З розчином SrCl_2 випадає білий осад, розчинний в розбавлених хлоридній та нітратній кислотах



3. З хлоридною і сульфатною кислотами виділяється SO_2 , який визначають за запахом або по знебарвленню розчину йоду або калій перманганату

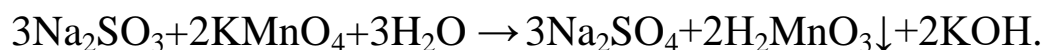


4. З сильними окисниками (KMnO_4 , I_2 та ін.) іон SO_3^{2-} переходить в іон SO_4^{2-}

– у кислому середовищі зникає фіолетове забарвлення розчину



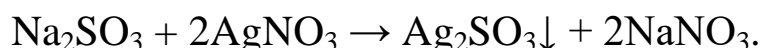
– у нейтральному або лужному середовищі утворюється бурий осад



5. З розчином фуксину утворюється безбарвна сполука, і червоне забарвлення фуксину зникає.

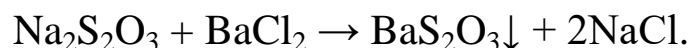
6. З розчином натрій нітропрусиду $\text{Na}_2[\text{Fe}(\text{CN})_5\text{NO}]$ протікає реакція, за результатом якої розчин забарвлюється в рожевий колір. Якщо до розчину додати $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ випадає червоний осад. Хімізм цієї реакції не вивчений.

7. З розчином AgNO_3 випадає білий кристалічний осад, який розчиняється в надлишку натрій сульфїту і нітратній кислоті

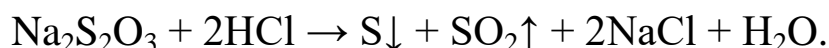


Реакції тїосульфат-іону ($\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$). Розчини $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ безбарвні.

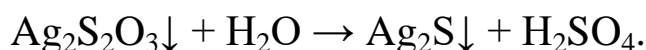
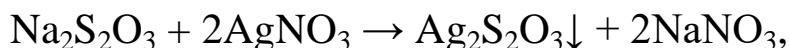
1. З розчином BaCl_2 випадає білий осад, розчинний в мінеральних кислотах з виділенням сірки



2. З мінеральними кислотами спостерігається помутніння розчину



3. З розчином AgNO_3 випадає білий осад, який швидко жовтіє, потім буріє і чорніє

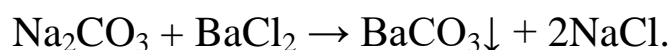


4. З сильними окисниками (KMnO_4 , J_2 та ін.) іон $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ переходить в іон SO_4^{2-} . У кислому середовищі зникає фіолетове забарвлення розчину



Реакції карбонат-іону (CO_3^{2-}).

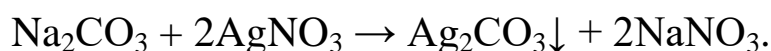
1. З розчином BaCl_2 випадає білий осад, розчинний в HCl , HNO_3 , CH_3COOH



2. З хлоридною і сульфатною кислотами виділяється газ

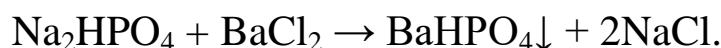


3. З розчином AgNO_3 випадає білий осад, розчинний в кислотах



Реакції фосфат-іону (PO_4^{3-}).

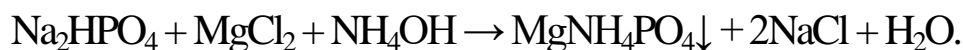
1. З розчином BaCl_2 випадає білий осад, розчинний у сильних кислотах (крім сульфатної), а також в оцтовій кислоті



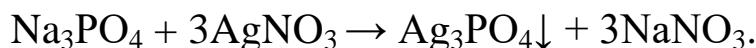
2. З розчином молібденової рідини $(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4$ при підігріванні утворюється жовтий осад, розчинний в NH_4OH , NaOH



3. З розчином магnezійної суміші ($\text{MgCl}_2 + \text{NH}_4\text{OH} + \text{NH}_4\text{Cl}$) випадає білий кристалічний осад, розчинний у сильних кислотах (крім сульфатної), а також в оцтовій кислоті

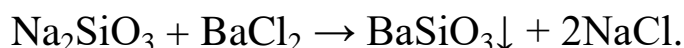


4. З розчином AgNO_3 випадає жовтий осад, розчинний в нітратній кислоті та NH_4OH

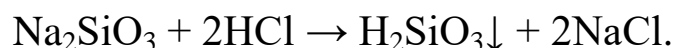


Реакція силікат-іону (SiO_3^{2-}). Іон SiO_3^{2-} безбарвний, його солі Натрію і Калію розчинні у воді.

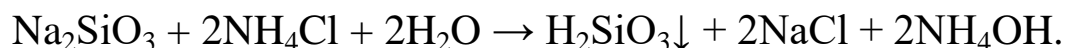
1. З розчином BaCl_2 випадає білий осад, розчинний у кислотах



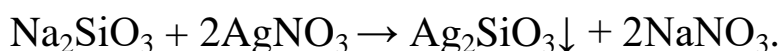
2. З розбавленими кислотами відбувається утворення гелю



3. З солями амонію – NH_4Cl , $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ утворюється пластівчастий осад

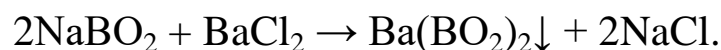


4. З розчином AgNO_3 випадає жовтий осад, розчинний у нітратній кислоті



Реакції борат-іонів ($B_4O_7^{2-}$ і BO_2^-). Розчини іонів $B_4O_7^{2-}$ і BO_2^- безбарвні і мають лужну реакцію. Розчинні лише борати лужних металів.

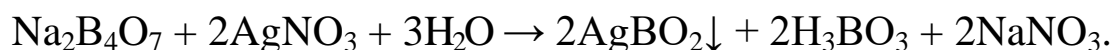
1. З розчином $BaCl_2$ випадає білий осад, розчинний у кислотах



2. Фарбування полум'я. Борат спочатку переходить в боретилловий ефір $B(OC_2H_5)_3$, який горить зеленим полум'ям.

3. З куркумовим папірцем утворює червоно-буре забарвлення.

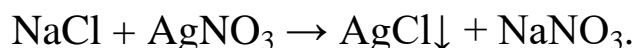
4. З розчином $AgNO_3$ випадає білий осад, розчинний в нітратній кислоті та NH_4OH



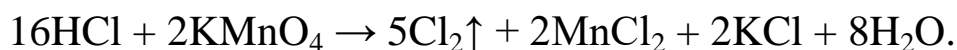
Якісні реакції на аніони другої аналітичної групи. До другої групи відносять аніони, які з катіонами аргентуму утворюють солі, малорозчинні у воді та розведеної нітратній кислоті. Важливо проводити розділення катіонів 1 і 2 аналітичних груп з азотнокислого середовища, інакше малорозчинні солі з йонами аргентуму можуть дати і деякі аніони 1 групи (зокрема, фосфат-, арсенат-, силікат-, тіосульфат-іони). Використання в медицині: $LiCl$ використовують для лікування психічних захворювань, подагри та сечокам'яної хвороби, $NaCl$ – для приготування фізіологічних розчинів. Галогеніди калію є регуляторами діяльності серця, KBr володіє заспокійливими властивостями, KI регулює функцію щитовидної залози, NH_4Cl – як діуретичний засіб, спиртовий розчин KI використовується як дезінфікуючий засіб.

Реакції хлорид-іону (Cl^-). Іон Cl^- безбарвний. Більшість хлоридів розчинні у воді, крім $AgCl$, $PbCl_2$, $SbOCl$.

1. З розчином $AgNO_3$ утворює білий осад, нерозчинний в кислотах, але розчинний в NH_4OH

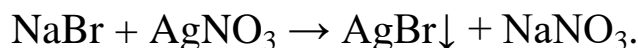


2. З сильними окисниками $KMnO_4$, $KClO_3$, $K_2Cr_2O_7$ у кислому середовищі виділяється вільний хлор, який можна виявити за кольором та запахом

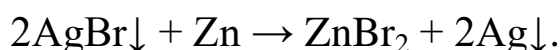


Реакції бромід-іону (Br^-). Іон Br^- безбарвний. У воді нерозчинні броміди Аргентуму, Гідраргіруму(I) та Плюмбуму.

1. З розчином $AgNO_3$ утворює жовтуватий осад, нерозчинний у нітратній кислоті, амоній карбонаті, але розчинний у NH_4OH



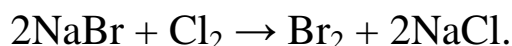
При дії цинкового пилу у присутності води (або 2 н H_2SO_4) осад $AgBr$ розкладається з виділенням срібла



2. З сильними окисниками $KMnO_4$, MnO_2 , $K_2Cr_2O_7$ у кислому середовищі виділяється вільний бром, який можна виявити, якщо додати до осаду, що утворився, хлорної води і бензину

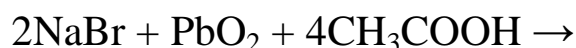


Особливо зручна як окисник хлорна вода



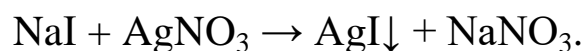
3. З фуксинсерністою кислотою пари бром утворюють синьо-фіолетове забарвлення розчину (на відміну від хлоридів і йодидів, які не утворюють забарвлення з цим реактивом).

4. З флюоресцеїном $C_{20}H_8O_5N_4$ утворює осад червоного кольору

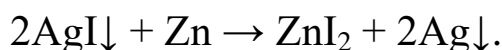


Реакції йодид-іону (I^-). Іон I^- безбарвний. Нерозчинний у воді AgI , PbI_2 , Hg_2I_2 , HgI_2 , Cu_2I_2 .

1. З розчином $AgNO_3$ утворює блідо-жовтий осад, нерозчинний в нітратній кислоті та NH_4OH , але розчинний у Na_2SO_3

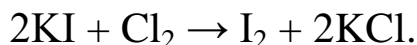


При дії цинкового пилу у присутності води (або 2 н H_2SO_4) $AgI\downarrow$ розкладається з виділенням срібла

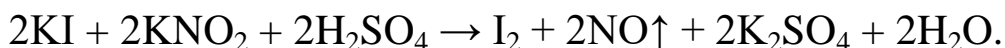


2. З сильними окисниками реагує легше, ніж хлорид- або бромід-іони

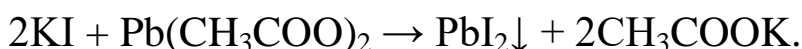
– з хлорною водою



– з розчином KNO_2

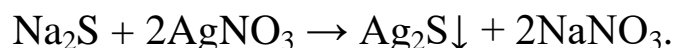


3. З розчином солі Pb^{2+} випадає жовтий осад, розчинний при нагріванні у воді

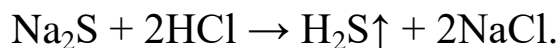


Реакції сульфід-іону (S^{2-}). Іон S^{2-} безбарвний.

1. З розчином AgNO_3 утворює чорний осад, нерозчинний у NH_4OH , але розчинний при кип'ятінні в нітратній кислоті з виділенням сірки



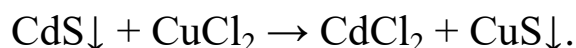
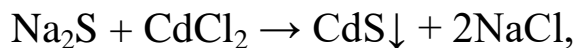
2. З розбавленими HCl і H_2SO_4 з утворенням сірководню, який можна визначити за різким запахом



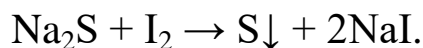
3. З натрій нітропрусидом $\text{Na}_2[\text{Fe}(\text{CN})_5\text{NO}]$ утворює комплексну сполуку червоно-фіолетового кольору



4. З розчинами солей кадмію утворюють жовтий осад, який каламутніє при додаванні розчину купрум сульфату



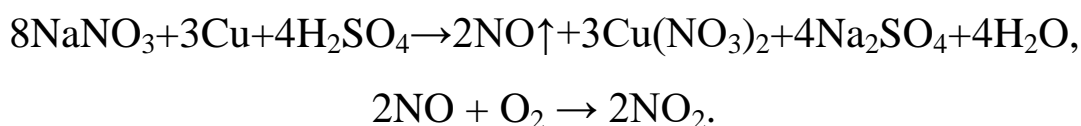
5. З окисниками окислюється до вільної S , SO_2 , H_2SO_4 , розчин при цьому каламутніє



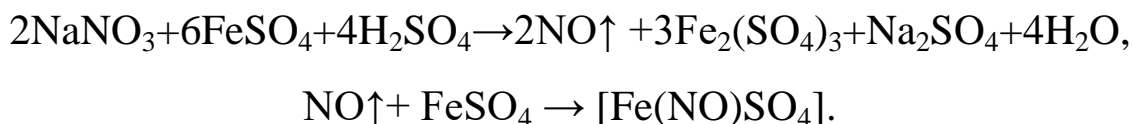
Якісні реакції на аніони третьої аналітичної групи. Аніони 3 аналітичної групи не мають групового реагенту. Солі Барію і Аргентуму цих аніонів розчинні у воді. Для їх виявлення використовують дію розчином дифеніламіну в сильно кислому середовищі. Схожу реакцію дають лише хромат- (дихромат-) іони. Органічні похідні нітратної кислоти (нітрогліцерин, нітросорбіт) застосовують як серцеві засоби. Натрій нітрит та деякі похідні нітратної кислоти застосовують при стенокардії. З неорганічних сполук Нітрогену в медичній практиці використовують нітроген (I) оксид N_2O або «веселильний газ», який має наркотичну дію.

Реакції нітрат-іону (NO_3^-). Іон NO_3^- безбарвний. Більшість нітратів розчинні у воді.

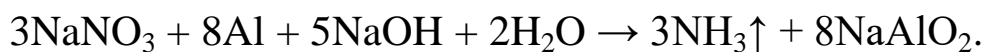
1. З міддю і сульфатною кислотою реагують з утворенням бурого $NO_2\uparrow$



2. З розчином $FeSO_4$ і концентрованою сульфатною кислотою утворює буре кільце між двома шарами розчинів



3. З металевим алюмінієм у присутності лугу виділяється аміак (характерний запах)



3. З дифеніламіном $(C_6H_5)_2NH$ окиснюється до продукту, що має синє забарвлення.

4. З антипиріном $C_6H_5C_3HON_2(CH_3)_2$ утворюється яскраво-червоний нітроантипирин $C_6H_5C_3ON_2(NO_2)(CH_3)_2$.

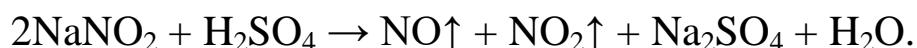
Реакції нітрит-іону (NO_2^-). Іон NO_2^- безбарвний. Більшість нітратів добре розчинні у воді.

Далі розглянемо реакції, що дозволяють відокремити іон NO_2^- від NO_3^- .

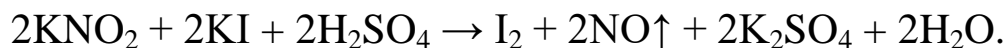
1. З сульфаніловою кислотою $\text{H}[\text{SO}_3\text{C}_6\text{H}_4\text{NH}_2]$ + α -нафтиламином $\text{C}_{10}\text{H}_7\text{NH}_2$ (реактив Гріса-Ілосвая) з'являється червоне забарвлення розчину.

2. З антипірином $\text{C}_6\text{H}_5\text{C}_3\text{HON}_2(\text{CH}_3)_2$ утворюється зелене забарвлення нітрузоантипіріна $\text{C}_6\text{H}_5\text{C}_3\text{ON}_2(\text{NO})(\text{CH}_3)_2$.

3. Із розбавленими кислотами виділяється бурий $\text{NO}_2\uparrow$



4. З сумішшю $\text{KI} + \text{H}_2\text{SO}_4 +$ бензин (або бензол) з'являється синє забарвлення розчину, яке утворюється при взаємодії вільного йоду з крохмалем

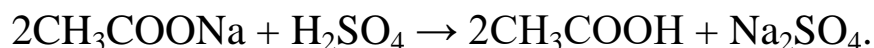


5. З KMnO_4 розчин знебарвлюється



Реакція ацетат-іону (CH_3COO^-). Іон CH_3COO^- безбарвний.

1. З 2 н розчином H_2SO_4 і підігрівом з'являється запах оцтової кислоти. Зволожений лакмусовий папірець забарвлюється у малиновий колір



Лабораторна робота Якісні реакції на деякі аніони

Ціль роботи: навчитися визначати деякі аніони методом якісного аналізу

Реакції на аніони першої групи

1. Реакція сульфат-іона (SO_4^{2-})

У пробірку внести дві-три краплі розчину Na_2SO_4 та стільки ж 0,5 н розчину $BaCl_2$.

Спостереження _____

Рівняння реакції:



До одержаного осаду додати дві-три краплі 2 н розчину HCl .

Спостереження _____

2. Реакції карбонат-іона (CO_3^{2-})

а) У пробірку внести дві-три краплі розчину Na_2CO_3 та стільки ж 0,5 н розчину $BaCl_2$.

Спостереження _____

Рівняння реакції:



До одержаного осаду додати п'ять крапель 2 н розчину HCl

Спостереження _____

б) У пробірку внести дві-три краплі розчину Na_2CO_3 та стільки ж 2 н розчину HCl .

Спостереження _____

Рівняння реакції:

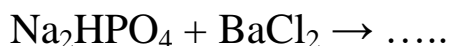


3. Реакції фосфат-іона (PO_4^{3-})

а) У пробірку внести дві-три краплі розчину Na_2HPO_4 та стільки ж 0,5 н розчину $BaCl_2$.

Спостереження _____

Рівняння реакції:



До одержаного осаду додати п'ять крапель 2 н розчину HCl.

Спостереження _____

б) У пробірку внести п'ять-шість крапель розчину Na_2HPO_4 та додати вісім крапель молібденової рідини. Розчин підігріти.

Спостереження _____

Рівняння реакції:



Одержаний осад розподілити у дві пробірки. У першу додати дві-три краплі розчину NH_4OH .

Спостереження _____

У другу пробірку додати дві-три краплі 2 н розчину NaOH.

Спостереження _____

в) У пробірку внести розчин магnezіальної суміші ($\text{MgCl}_2 + \text{NH}_4\text{OH} + \text{NH}_4\text{Cl}$) та додати розчин Na_2HPO_4 .

Спостереження _____

Рівняння реакції:



Одержаний осад розподілити у дві пробірки. У першу додати дві-три краплі 2 н розчину HCl.

Спостереження _____

У другу пробірку додати дві-три краплі 2 н розчину CH_3COOH .

Спостереження _____

Реакції на аніони другої групи

Реакції хлорид-іона (Cl⁻)

У пробірку внести дві-три краплі розчину NaCl та стільки ж розчину AgNO_3 .

Спостереження _____

Рівняння реакції:



Одержаний осад розподілити у дві пробірки. У першу додати дві-три краплі 2 н розчину HNO_3 .

Спостереження _____

У другу пробірку додати п'ять-шість крапель розчину NH_4OH .

Спостереження _____

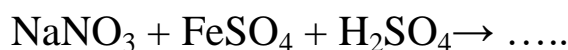
Реакції на аніони третьої групи

1. Реакції нітрат-іона (NO_3^-)

а) У пробірку внести дві-три краплі розчину NaNO_3 додати три-чотири краплі розчину FeSO_4 і обережно, капаючи на стіночку пробірки, внести 0,5–1,0 мл концентрованої сульфатної кислоти.

Спостереження _____

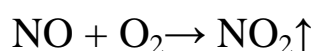
Рівняння реакції:



б) У пробірку внести дві-три краплі розчину NaNO_3 додати одну-дві краплі концентрованої сульфатної кислоти і занурити в розчин мідний дріт.

Спостереження _____

Рівняння реакції:

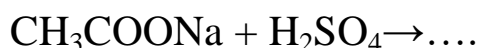


2. Реакція ацетат іона (CH_3COO^-)

У пробірку внести три-чотири краплі розчину CH_3COONa та додати стільки ж крапель 2 н H_2SO_4 . Розчин підігріти. До отвору пробірки піднести зволожений лакмусовий папірець.

Спостереження _____

Рівняння реакції:



Питання для самоконтролю

1. Які аніони належать до першої аналітичної групи?
2. Яка аналітична реакція є специфічною для виявлення фосфат іону? Напишіть рівняння реакції.

3. За допомогою якої аналітичної реакції можна встановити аніони другої аналітичної групи? Напишіть рівняння реакції.

4. Чому третя аналітична група аніонів не має групового реагенту?

5. У якому середовищі діє груповий реагент на першу групу аніонів? Чому?

Тема: Аналіз розчину при сумісній присутності декількох аніонів

Аналіз аніонів має свої особливості. Аніони, як правило, при виявленні не заважають один одному, тому багато з них знаходять дробовим методом в окремих порціях аналізованого розчину. Послідовності операцій дотримуватися при цьому не обов'язково. При аналізі суміші аніонів групові реагенти використовуються лише для попереднього виявлення тієї або іншої аналітичної групи. Це значно полегшує роботу, оскільки відсутність у розчині хоча б однієї з груп дозволяє не робити реакції на аніони, які до неї належать. Аналіз розпочинають з попередніх досліджень, які дозволяють встановити відсутність деяких іонів. Потім, якщо в ході попередніх проб було встановлено аналітичну групу, за допомогою специфічних реакцій визначають окремі іони, які можуть біти присутні у суміші.

Під час аналізу суміші аніонів доцільно дотримуватися певної послідовності проб.

Лабораторна робота Аналіз суміші аніонів

Ціль роботи: навчитися проводити аналіз суміші аніонів.

1. Проба на аніони першої групи повинна відбуватися у нейтральному або слаболужному середовищі. До 0,5 мл аналізованого розчину додати одну-дві краплі 0,5 н розчину BaCl_2 . Білий осад – ознака присутності у розчині аніонів першої групи. За допомогою дробового аналізу, використовуючи специфічні реакції, знайти аніони першої аналітичної групи. Якщо осаду з груповим реагентом не виникає, то це вказує на відсутність аніонів першої групи і не потребує виконання пункту 1.1.

1.1. Специфічні реакції на аніони першої групи

а) проба на іон SO_4^{2-} . До осаду, який було одержано в пункті 1, додати дві-три краплі 2 н розчину HCl . Якщо осад не розчинився, то це вказує на присутність у розчині іону SO_4^{2-} ;

б) проба на іон CO_3^{2-} . У пробірку внести дві-три краплі аналізованого розчину та додати стільки ж 2 н HCl . Виділення газу – це ознака присутності у розчині іону CO_3^{2-} ;

в) проба на іон PO_4^{3-} . У пробірку внести дві-три краплі аналізованого розчину, додати вісім крапель молібденової рідини і розчин підігріти. Поява жовтого кристалічного осаду $(\text{NH}_4)_3\text{H}_4[\text{P}(\text{Mo}_2\text{O}_7)_6]$ – ознака наявності фосфат-іону.

2. Проба на аніони другої групи (проба на іон Cl^- , як найбільш розповсюджений). До двох-трьох крапель аналізованого розчину додати розчин AgNO_3 в присутності 2 н розчину HNO_3 . Білий осад свідчить про наявність в аналізованому розчині аніонів другої групи, зокрема хлорид-іону Cl^- .

3. Специфічні реакції на аніони третьої групи

а) проба на іон NO_3^- (реакція „бурого кільця”). У пробірку внести дві-три краплі аналізованого розчину, додаємо три-чотири краплі розчину FeSO_4 і обережно по стіночці пробірки додати 0,5–1,0 мл концентрованої сульфатної кислоти. Буре кільце на межі двох шарів рідини – ознака наявності іона NO_3^- ;

б) проба на іон CH_3COO^- . У пробірку внести 0,5 мл аналізованого розчину та додати сім-вісім крапель 2 н розчину H_2SO_4 . Розчин підігріти і до отвору пробірки піднести зволожений лакмусовий папірець. Запах оцтової кислоти, а також червоне забарвлення лакмусового папірця свідчать про наявність у розчині іону CH_3COO^- . Результати досліджень вносимо до табл. 2.

Таблиця 2 – Результати проведення досліджень

№ досліджу	Аналізована речовина	Реагент, який додають	Спостереження	Висновок

Питання для самоконтролю

1. Назвіть, які методи аналізу використовуються в сучасній аналітичній хімії?

2. Що називають в аналітичній хімії аналітичною хімічною реакцією та аналітичним хімічним реагентом?

3. Чим відрізняється дробовий аналіз від систематичного?

4. Які класифікації аніонів Ви знаєте? Наведіть приклади.

5. За допомогою якого методу, аналізують суміш аніонів? Чому?

6. За допомогою яких специфічних реакцій, можна відрізнити аніони SO_4^{2-} , CO_3^{2-} та PO_4^{3-} ? Напишіть рівняння реакцій.

7. За допомогою якої аналітичної реакції можна визначити другу групу аніонів в аналізованому розчині? Наведіть приклад? Напишіть рівняння реакції.

8. Яка аналітична реакція є специфічною на ацетат іон? Напишіть її.

9. За допомогою яких реагентів можна розділити першу та другу аналітичні групи? Напишіть рівняння реакцій.

10. Напишіть рівняння реакції, за допомогою якої можна визначити нітрат-іон.

Тема Класифікація катіонів у якісному аналізі та особливості їх виявлення

Катіони – позитивно заряджені іони. За складністю будови іона вони всі прості, крім іона амонію NH_4^+ . Залежно від групових реагентів, які використовують при аналізі катіонів, методи систематичного аналізу розподіляють на: сірководневий (сульфідний) – груповими реагентами є карбонат, сульфід амонію і сульфідна кислота; кислотно-лужний – груповими реагентами є кислоти і луки та фосфатний, де груповим реагентом є амоній гідрофосфат в різних середовищах. Залежно від методу аналізу той же самий катіон може бути в різних аналітичних групах.

У цій роботі розглянуто сірководневий метод класифікації катіонів, який було запропоновано в 1871 р. російським хіміком М.О. Меншуткіним. Усі катіони за цим методом підрозділяють на п'ять аналітичних груп за розчинністю утворюваних ними карбонатів, сульфідів, хлоридів та гідроксидів (табл. 3).

Таблиця 3 – Класифікація катіонів біогенних елементів за сірководневим методом

№ аналітичної групи	Катіони	Груповий реагент	Характеристика аналітичної групи за дією групового реагенту
I	$\text{Na}^+, \text{K}^+, \text{NH}_4^+, \text{Mg}^{2+}$	–	–
II	$\text{Ca}^{2+}, \text{Ba}^{2+}, \text{Sr}^{2+}$	$(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ в амонійному буфері $(\text{NH}_4\text{OH}+\text{NH}_4\text{Cl})$	Утворюють осад карбонатів, розчинні в кислотах
III	$\text{Fe}^{3+}, \text{Fe}^{2+}, \text{Mn}^{2+}, \text{Al}^{3+}, \text{Cr}^{3+}, \text{Zn}^{2+}, \text{Co}^{2+}, \text{Ni}^{2+}$	$(\text{NH}_4)_2\text{S}$ в амонійному буфері $(\text{NH}_4\text{OH}+\text{NH}_4\text{Cl})$	Утворюють осад сульфідів, розчинні в кислотах
IV	а)* $\text{Ag}^+, \text{Pb}^{2+}, \text{Hg}_2^{2+}$ б) $\text{Cu}^{2+}, \text{Cd}^{2+}, \text{Bi}^{3+}$	H_2S у присутності HCl	Утворюють осад сульфідів, не розчинні в кислотах
V	$\text{Hg}^{2+}, \text{As}^{3+}, \text{As}^{5+}, \text{Sb}^{3+}, \text{Sb}^{5+}, \text{Sn}^{2+}, \text{Sn}^{4+}$	1) H_2S (HCl) 2) Na_2S	Утворюють осад сульфідів, розчинні в Na_2S

*Реагентом на аналітичну підгрупу IVa є хлоридна кислота, яка із зазначеними катіонами утворює осад хлоридів.

Особливості якісного виявлення катіонів

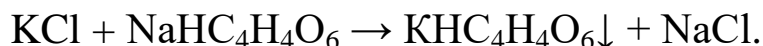
Якісні реакції на катіони першої аналітичної групи.
Представники даної групи відносяться до s^1 -елементів. Всі s^1 -елементи – сильні відновники і легко віддають електрони. У воді катіони s^1 -елементів гідратовані, утворюючи аквакомплекси за рахунок електростатичного притягання дипольних молекул води. Більшість солей утворених катіонами даних металів і аміаку добре розчинні в воді. Групового реагенту, який осаджував би дані катіони, немає. Вони утворюють осади з великими, легко поляризуєчими аніонами. Леткі солі лужних металів (окрім NH_4^+) забарвлюють полум'я пальника. Сполуки лужних металів та аміаку використовуються в медицині як лікарські препарати. Солі літію – LiCl та Li_2CO_3 використовують для лікування психічних захворювань, подагри та сечокам'яної хвороби, солі натрію – для приготування фізіологічних розчинів (NaCl), як проносні засоби (Na_2SO_4), при підвищені кислотності шлункового соку (NaHCO_3). Більшість препаратів органічних кислот використовують у вигляді натрієвих солей (саліцилати, глюконат, бензоат та ін.). Солі калію (KCl) є регуляторами діяльності серця, KBr володіє заспокійливими властивостями, KI регулює функцію щитовидної залози. Нашатирний спирт – розчин аміаку – використовують при втраті свідомості, NH_4Cl – як діуретичний засіб.

Реакції катіону Калію (K^+).

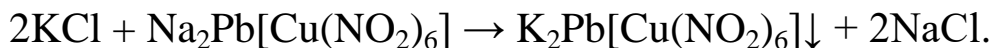
1. З розчином $\text{Na}_3[\text{Co}(\text{NO}_2)_6]$ у нейтральному або оцтовокислому середовищі (при відсутності у розчині NH_4^+) випадає жовтий кристалічний осад



2. З розчином натрій гидротартрату $\text{NaHC}_4\text{H}_4\text{O}_6$ у нейтральному середовищі (при відсутності NH_4^+) утворює білий кристалічний осад, розчинний в мінеральних кислотах, лугах, але не розчинний в оцтовій кислоті



3. З розчином $\text{Na}_2\text{Pb}[\text{Cu}(\text{NO}_2)_6]$ у нейтральному середовищі (при відсутності у розчині NH_4^+) випадають чорно-коричневі кристали

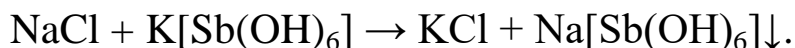


4. З розчином дипікриламіну (реактив Полуектова) у нейтральному середовищі (при відсутності у розчині NH_4^+) випадає червоно-оранжевий осад.

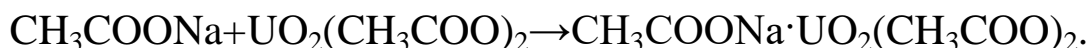
5. Іони Калію полум'я газового пальника забарвлюють у фіолетовий колір.

Реакції катіону Натрію (Na^+).

1. З розчином калій гексагидроксостибіату(V) $\text{K}[\text{Sb}(\text{OH})_6]$ у нейтральному середовищі (розчин необхідно охолодити під струменем водопровідної води і потерти скляною паличкою внутрішню поверхню стінки пробірки) (при відсутності у розчині Mg^{2+} , NH_4^+ і катіонів II аналітичної групи) утворює білий осад, розчинний у воді, HCl та NaOH



2. З розчином ураніл ацетату $\text{UO}_2(\text{CH}_3\text{COO})_2$ у присутності оцтової кислоти (при відсутності у розчині Mg^{2+}) випадають жовті кристали

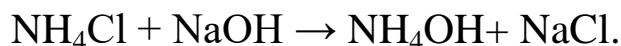


3. З розчином ацетат цинк-уранілом $\text{Zn}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 3\text{UO}_2(\text{CH}_3\text{COO})_2$ утворюють зеленувато-жовті кристали.

4. Полум'я газового пальника в присутності іонів натрію забарвлюється в яскраво-жовтий колір.

Реакції катіону амонію (NH_4^+).

1. З розчином NaOH утворює різкий запах аміаку



Зволожений лакмусовий папірець забарвлюється у синій колір.

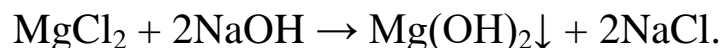
2. З розчином реактиву Неслера $\text{K}_2[\text{HgI}_4]$ у присутності NH_4Cl та KOH спостерігається утворення червоно-бурого осаду



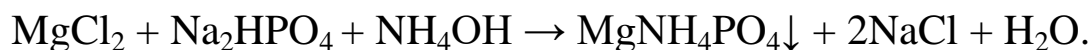
3. Термічне розкладання солей амонію використовують для видалення NH_4^+ , оскільки він заважає відкриттю інших іонів.

Реакції катіону Магнію (Mg^{2+}).

1. З розчином NaOH (з розчином NH_4OH осад не утворюється) утворює білий осад, розчинний в HCl



2. З розчином натрій гідрофосфату у нейтральному або слаболужному середовищі (у присутності NH_4OH і NH_4Cl) утворює білий осад, розчинний в мінеральних кислотах

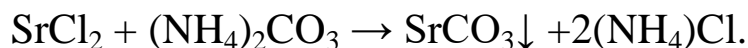
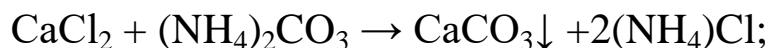
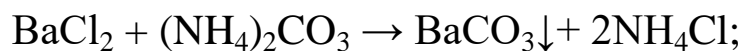


3. З розчинами Na_2CO_3 і K_2CO_3 утворює білий осад, розчинний у кислотах



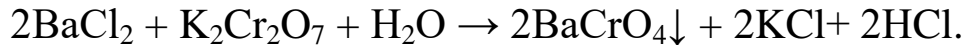
4. С хромогеном чорним $\text{C}_{20}\text{H}_{13}\text{O}_7\text{N}_3\text{S}$ утворює винно-червоний комплекс, добре розчинний у воді.

Якісні реакції на катіони біогенних елементів другої аналітичної групи. Катіони другої групи, на відміну від катіонів першої групи, утворюють нерозчинні у воді карбонати. Тому їх виділяють дією амоній карбонату $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$, який і є груповим реагентом. З розчином амоній карбонату $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ в лужному середовищі катіони цієї групи утворюють білий осад, не розчинний у воді, але розчинний у надлишку NH_4Cl



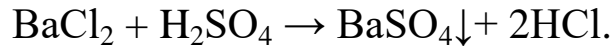
Реакції катіону Барію (Ba^{2+}).

1. З розчином калій дихромату $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ у присутності розчину CH_3COONa утворює жовтий осад, розчинний в мінеральних кислотах

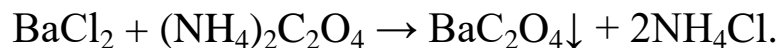


Реакція з $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ являється специфічною для визначення катіону Ba^{2+} у суміші іонів.

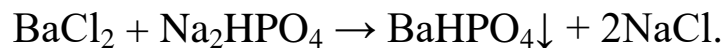
2. З розчином H_2SO_4 утворює білий кристалічний осад



3. З амоній оксалатом $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$ утворює білий осад, розчинний у HCl , HNO_3 , CH_3COOH



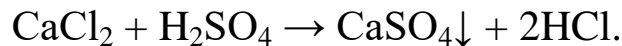
4. З розчином натрій гидрофасфату Na_2HPO_4 утворює білий осад, розчинний у HCl , HNO_3 , CH_3COOH



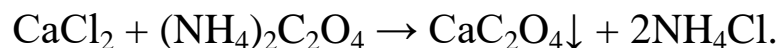
5. Полум'я пальника в присутності іону Барію забарвлюється у жовто-зелений колір.

Реакції катіону Кальцію (Ca^{2+}).

1. З розчином H_2SO_4 утворює білий осад

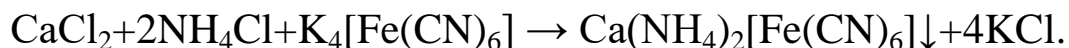


2. З розчином амоній оксалату $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$ утворює білий осад, розчинний в мінеральних кислотах, але не розчинний в оцтовій кислоті



Реакція з $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$ є якісною для визначення катіону Ca^{2+} при відсутності катіону Ba^{2+} .

3. З розчином $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ в присутності NH_4OH і NH_4Cl утворює білий кристалічний осад, не розчинний в оцтовій кислоті

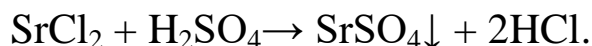


4. З мурексидом $\text{C}_8\text{H}_6\text{N}_6\text{O}_6$ у лужному середовищі утворює комплекс червоного кольору, розчинний у воді (з іонами Ba^{2+} і Sr^{2+} мурексид дає фіолетове забарвлення).

5. Полум'я пальника в присутності іонів кальцію забарвлюється в цегляно-червоний колір.

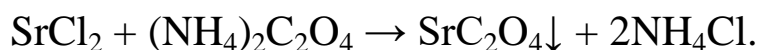
Реакції катіону Стронцію (Sr^{2+}).

1. З розчином H_2SO_4 утворює білий осад, не розчинний у кислотах



2. З гіпсовою водою утворює муть розчину. Реакція з гіпсовою водою є специфічною для визначення катіону Sr^{2+} у суміші іонів, тільки після відділення іонів Ba^{2+} .

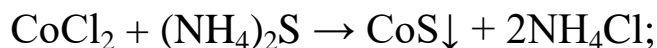
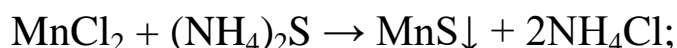
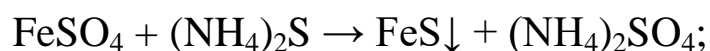
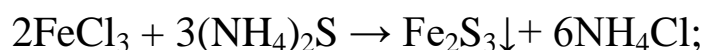
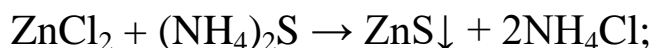
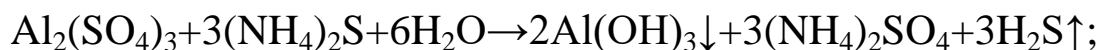
3. З амоній оксалатом $(NH_4)_2C_2O_4$ утворює білий осад, розчинний в HCl , HNO_3 , CH_3COOH

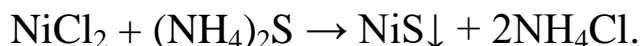


4. З розчинами $Cu(NO_3)_2$ і KNO_2 при випаровуванні утворює синьо-зелені кристали.

5. Полум'я пальника в присутності іонів Стронцію забарвлюється в карміново-червоний колір.

Якісні реакції на катіони біогенних елементів третьої аналітичної групи. Сульфіди катіонів третьої аналітичної групи, в протилежність сульфідам катіонів першої і другої груп, практично нерозчинні у воді. Проте, вони розчиняються у розбавлених кислотах, чим і відрізняються від сульфідів катіонів четвертої і п'ятої груп. Груповим реагентом для них є амоній сульфід $(NH_4)_2S$, який визначає Fe^{3+} , Fe^{2+} , Mn^{2+} , Zn^{2+} , Co^{2+} , Ni^{2+} – у вигляді сульфідів, а Al^{3+} і Cr^{3+} – у вигляді гідроксидів



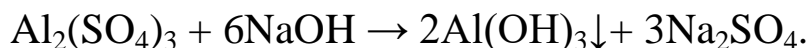


Осади Fe_2S_3 , FeS , CoS , NiS – чорного, MnS – тілесного, ZnS , $\text{Al}(\text{OH})_3$ – білого кольору, $\text{Cr}(\text{OH})_3$ – сіро-фіолетового кольору. Утримані сульфідні (крім CoS і NiS) розчиняються у розведених кислотах з виділенням сірководню.

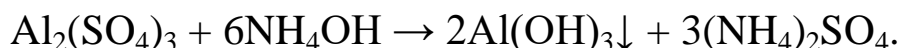
Критерієм для розділення катіонів третьої аналітичної групи на підгрупи є відношення їх до дії NH_4OH у присутності амоній хлориду. За цих умов тільки катіони Al^{3+} , Fe^{3+} і Cr^{3+} мають осад у вигляді гідроксидів, решта катіонів третьої групи залишається у розчині. Тому третю групу підрозділяють на підгрупи: 1-а підгрупа – Al^{3+} , Fe^{3+} і Cr^{3+} , які можна визначити NH_4OH у присутності солей амонію; 2-а підгрупа – Fe^{2+} , Mn^{2+} , Zn^{2+} , Co^{2+} , Ni^{2+} , які не можна осадити за таким способом.

Реакції катіону Алюмінію (Al^{3+}).

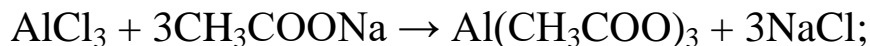
1. З розчином NaOH випадає осад, розчинний у кислотах і надлишку лугу



2. З розчинами амоній гідроксиду NH_4OH і амоній хлориду NH_4Cl утворює білий осад (відкривають іони Al^{3+} в присутності Zn^{2+} , гідроксид якого при цьому не утворюється)



3. З розчином CH_3COONa утворює білий пластівчастий осад

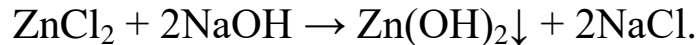


4. З розчином натрій гідрофосфату (Na_2HPO_4) утворює білий осад, розчинний в сильних кислотах, але не розчинний в оцтовій кислоті

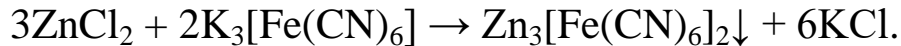


Реакції катіону Цинку (Zn^{2+}).

1. З розчином NaOH випадає осад, розчинний у кислотах та лугах



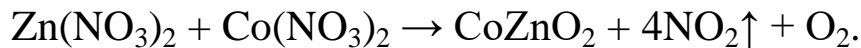
2. З розчином калій гексацианоферату(III) $\text{K}_3[\text{Fe(CN)}_6]$ утворює коричнево-жовтий осад, розчинний в HCl і NH_4OH



Реакція з $\text{K}_3[\text{Fe(CN)}_6]$ є специфічною для визначення катіону Zn^{2+} , якщо іони Cu^{2+} і Fe^{2+} в розчині відсутні.

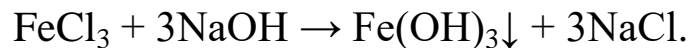
3. З амоній тетрароданомеркуратором(II) $(\text{NH}_4)_2[\text{Hg(SCN)}_4]$ у слабкокислому середовищі утворює кристали.

4. З розчином кобальт нітратом утворює ринманову зелень



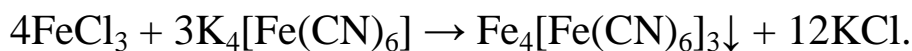
Реакції катіону Феруму(III) (Fe^{3+}).

1. З розчином NaOH або NH_4OH випадає червоно-бурий осад, не розчинний в надлишку лугу



Ферум гідроксид(III) на відміну від Al(OH)_3 , Cr(OH)_3 і Zn(OH)_2 не розчиняється в надлишку лугу.

2. З розчином калій гексацианоферату(II) $\text{K}_4[\text{Fe(CN)}_6]$ у кислому середовищі утворюється синій осад («берлінська лазур»)



Реакція з $\text{K}_4[\text{Fe(CN)}_6]$ є специфічною для визначення катіону Fe^{3+} .

3. З розчином амоній роданіду NH_4SCN відбувається забарвлення розчину в криваво-червоний колір



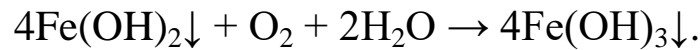
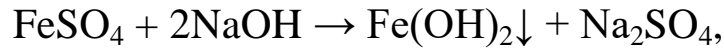
Реакція з NH_4SCN є специфічною для визначення катіону Fe^{3+} .

4. З розчином CH_3COONa відбувається забарвлення розчину в червоно-бурий колір.

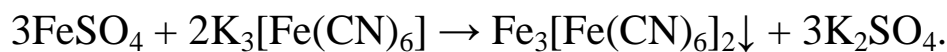
5. З розчинами Na_2CO_3 і K_2CO_3 утворює бурий осад основної солі, який при кип'ятінні переходить в бурий осад Fe(OH)_3 .

Реакції катіону Феруму(II) (Fe^{2+}).

1. З розчином NaOH або NH₄OH випадає брудно-зелений осад, розчинний в кислотах, але нерозчинний у лугах (на повітрі окиснюється до Fe(OH)₃)



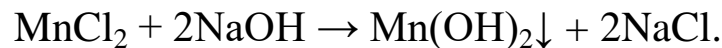
2. З розчином калій гексацианоферату(III) K₃[Fe(CN)₆] у слабокислому або нейтральному середовищі утворює синій осад («турнбулева синь»)



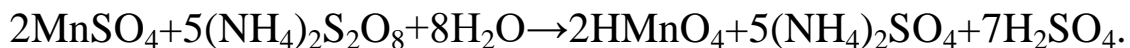
Реакція з K₃[Fe(CN)₆] є специфічною для визначення катіону Fe²⁺.

Реакції катіону Мангану (Mn²⁺). Розчини солей Mn²⁺ мають розовий колір.

1. З розчином NaOH або NH₄OH випадає білий осад, розчинний в кислотах, але не розчинний у лугах



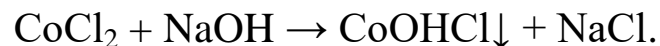
2. З розчином (NH₄)₂S₂O₈ окиснює іони Mn²⁺ до MnO₄⁻ у кислому середовищі у присутності каталізатору AgNO₃. При цьому розчин здобуває малиново-фіолетовий колір.



3. Отримання перла смарагдо-зеленого кольору шляхом спікання солі з Mn²⁺ з солями Na₂CO₃ і K₂CO₃.

Реакції катіону Кобальту (Co²⁺).

1. З розчином NaOH утворює синій осад, який в надлишку луку забарвлюється в рожевий колір



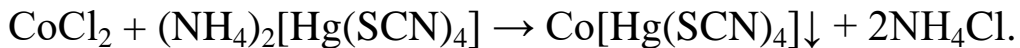
2. З насиченим розчином амоній роданіду NH₄CNS і амілового спирту (пентанол-1) відбувається фарбування розчину у синій колір



Реакція з NH_4SCN є специфічною для визначення катіона Co^{2+} при відсутності катіону Fe^{2+} .

3. З розчином α -нітрозоз- β -нафтол $\text{C}_{10}\text{H}_6(\text{NO})\text{OH}$ (реакція М. А. Іллінського) утворює пурпурно-червоний осад, в якому Co^{2+} переходить до Co^{3+} .

4. З амоній тетрароданомеркуратом(II) $(\text{NH}_4)_2[\text{Hg}(\text{SCN})_4]$ у слабкислому середовищі утворюється яскраво-сині кристали



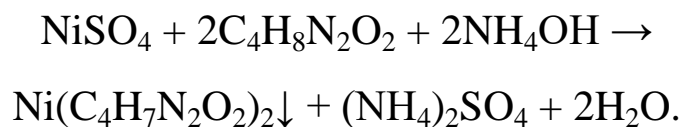
5. Отримання перла яскраво-синього кольору шляхом спікання солі з Co^{2+} з бурою $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$.

Реакції катіону Нікелю (Ni^{2+}).

1. З розчином NaOH утворює зелений осад, який в надлишку лугу забарвлюється у синій колір



2. З 1% спиртовим розчином диметилглеоксиму (реакція Л.А. Чугаєва) у присутності NH_4OH випадає червоний осад, нерозчинний в мінеральних кислотах

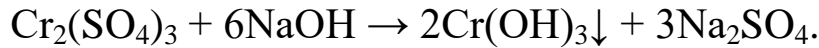


У кислому середовищі комплекс руйнується, а в надлишку аміаку може утворитися синій аміачний комплекс ніколю. Тому аміаку повинно бути помірна кількість. Виявленню ніколю даною реакцією заважають катіони, які утворюють з NH_4OH забарвлені осаді гідроксидів (Fe^{3+} , Cu^{2+} та ін.). Іони, що заважають, зв'язують у малорозчинні фосфати дією Na_2HPO_4 .

3. Отримання перла бурого кольору шляхом спікання солі з Ni^{2+} з сіллю бури $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$.

Реакції катіону Хрому(III) (Cr^{3+}). Розчини солей Cr^{3+} мають зелений або фіолетовий колір, аніон CrO_4^{2-} – жовтий, $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ – помаранчевий колір.

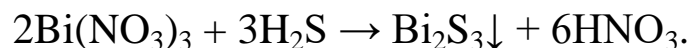
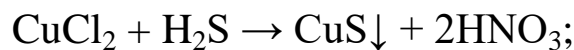
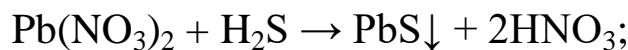
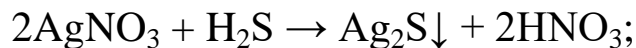
1. З розчином NaOH утворює сіро-фіолетовий (сіро-зелений) осад, який розчиняється у кислотах і в надлишку лугу



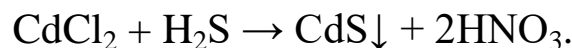
2. З окисниками H_2O_2 , Na_2O_2 , Cl_2 , KMnO_4 та ін. відбувається окиснення Cr^{3+} до Cr^{6+} , при цьому у лужному середовищі утворюється CrO_4^{2-} і розчин забарвлюється у жовтий колір, а у кислому – $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ і розчин набуває оранжевого забарвлення. Наприклад, окиснення пероксидом водню H_2O_2 проводиться в лужному середовищі. Оскільки в лужному середовищі хром (III) знаходиться у виді хроміт-іону CrO^{2-} , то реакцію можна представити рівнянням



Якісні реакції на катіони четвертої аналітичної групи. За розчинністю хлоридів катіони 4-ої групи поділяють на дві підгрупи: 1-а (підгрупа срібла) – Ag^+ , Hg_2^{2+} , Pb^{2+} . Хлориди цих металів малорозчинні у воді; 2-а (підгрупа міді) – Cu^{2+} , Bi^{3+} , Cd^{2+} . Хлориди цих металів розчинні у воді. Груповим реагентом для них є розчин сірководню H_2S , який визначає Ag^+ , Pb^{2+} , Cu^{2+} – у вигляді чорних осадів – сульфідів, нерозчинних у розбавлених HCl і H_2SO_4 , але розчинних у HNO_3

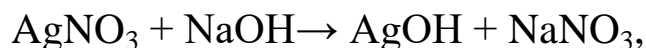


Іон Cd^{2+} (при $\text{pH} \geq 5$) груповим реагентом осаджується у вигляді жовтого осаду

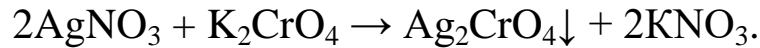


Реакції катіону Аргентуму (Ag^+).

1. З розчином NaOH або NH_4OH випадає бурий осад, розчинний в надлишку лугу

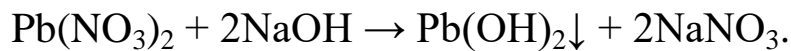


2. З розчином K_2CrO_4 випадає цегляно-червоний осад, розчинний в аміаку, нітратній кислоті, але не розчинний в оцтовій кислоті

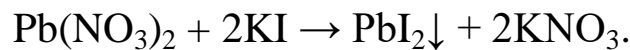


Реакції катіону Плюмбуму (Pb^{2+}).

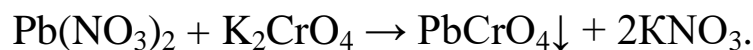
1. З розчином NaOH або NH_4OH випадає бурий осад, розчинний в кислотах і в надлишку лугу



2. З розчином KI випадає жовтий осад, розчинний в гарячій воді

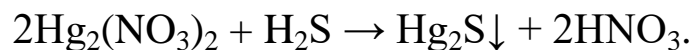


3. З розчином K_2CrO_4 випадає жовтий осад, розчинний в лугах, але нерозчинний в аміаку і оцтовій кислоті



Реакції катіоні Гідраргіруму(I) Hg_2^{2+} .

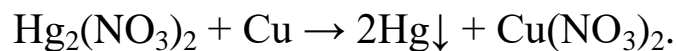
1. З розчином H_2S випадає чорний осад, нерозчинний у розбавлених HCl і H_2SO_4 , але добре розчинний у HNO_3



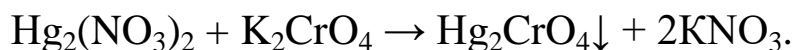
2. З розчином NH_4OH випадає білий осад



3. Більш активні метали витісняють Гідраргірум(I) з її солей

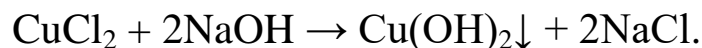


4. З розчином K_2CrO_4 випадає червоний осад, розчинний в лугах і розбавленою HNO_3



Реакції катіону Купрум(II) (Cu^{2+}).

1. З розчином NaOH випадає блакитний осад, розчинний в кислотах і надлишку лугу



2. З розчином NH_4OH утворює зелений осад

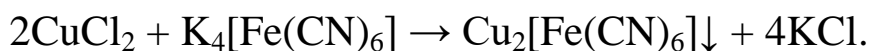


У надлишку розчину NH_4OH осад розчиняється, а розчин забарвлюється у синій колір



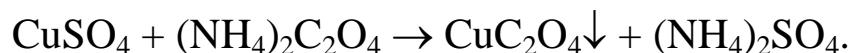
Реакція з концентрованим NH_4OH є специфічною для визначення катіону Cu^{2+} .

3. З розчином калій гексацианоферату(II) $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ утворює червоно-бурий осад



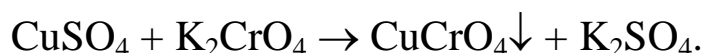
Реакція з $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ є специфічною для визначення катіона Cu^{2+} , якщо катіон Fe^{3+} відсутній.

4. З розчином $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$ утворює осад оксалату блакитного кольору



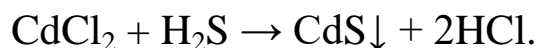
Осад розчинюється в мінеральних кислотах і в гідроксиді амонію.

5. З розчином K_2CrO_4 утворює червоний осад купрум хромату

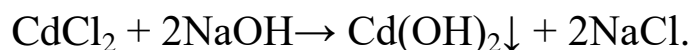


Реакції катіону Кадмію (Cd^{2+}). Іон Cd^{2+} не забарвлює водні розчини.

1. З розчином H_2S у присутності аміачного буфера випадає чорний осад



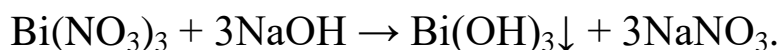
2. З розчином NaOH і NH_4OH випадає білий осад, розчинний у кислотах і надлишку лугу



3. З розчином NaOH у присутності гліцерину випадає осад $\text{Cd}(\text{OH})_2\downarrow$. Цю властивість використовують для роз суміші катіонів Cd^{2+} , Bi^{3+} , Cu^{2+} , Pb^{2+} , так як в осаді знаходиться іони Cd^{2+} .

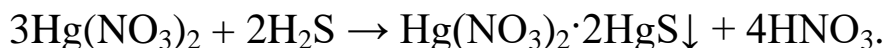
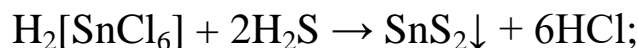
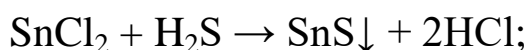
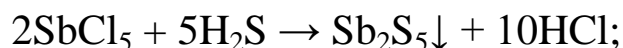
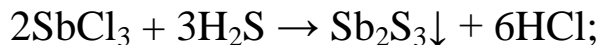
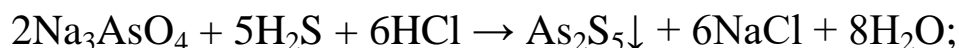
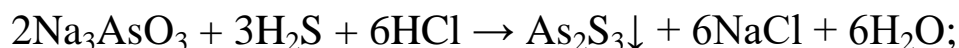
Реакції катіону Бісмуту (Bi^{3+}).

1. З розчином NaOH і NH_4OH випадає білий осад, розчинний у кислотах



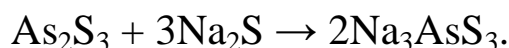
2. З розчином 8-оксихинолін і калій йодидом випадає оранжево-червоний осад.

Якісні реакції на катіони п'ятої аналітичної групи. Сульфід катіонів цієї групи, так само як і сульфід IV аналітичної групи, відрізняються малими величинами добутку розчинності. Тому катіони V аналітичної групи також можна осадити H_2S у кислому середовищі з утворенням сульфідів, які мають кислотні властивості



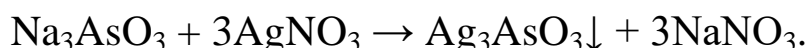
Осади сульфідів As_2S_3 , As_2S_5 , SnS_2 – жовтого кольору, Sb_2S_3 , Sb_2S_5 – оранжевого кольору, SnS – червоно-бурого, $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2 \cdot 2\text{HgS}$ – білий.

Відмінністю катіонів V групи від катіонів IV групи полягає в тому, що сульфід катіонів V групи (станум(II) сульфід SnS) розчиняються у сульфідах Na_2S , K_2S , $(\text{NH}_4)_2\text{S}$

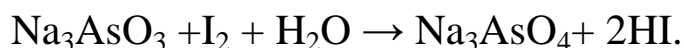


Реакції арсеніт-іону (AsO_3^{3-}).

1. З розчином AgNO_3 випадає жовтий осад, розчинний у NH_4Cl і HNO_3

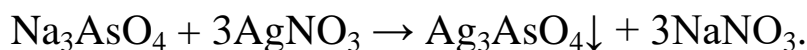


2. З йодидною водою окислюються до арсенатів (знебарвлення йодидної води)

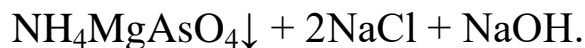


Реакції арсенат-іону (AsO_4^{3-}).

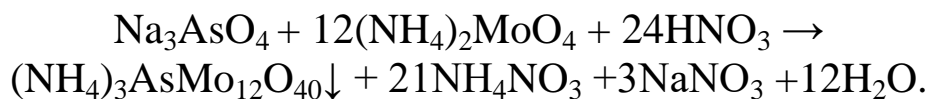
1. З розчином AgNO_3 випадає коричневий осад, розчинний у NH_4OH і HNO_3



2. З магnezіальною сумішшю ($\text{MgCl}_2 + \text{NH}_4\text{Cl} + \text{NH}_4\text{OH}$) білий кристалічний осад, нерозчинний у NH_4OH



3. З молібденовою рідиною (розчин $(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4 + \text{HNO}_3$) випадає жовтий кристалічний осад, нерозчинний у HNO_3 , але розчинний у лугах і NH_4OH



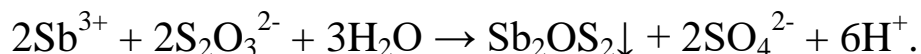
4. З розчином KI у присутності бензолу розчин забарвлюється у фіолетовий колір.

Реакції іонів Стібіуму (Sb^{3+} і Sb^{5+}).

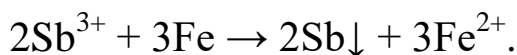
1. З розчинами лугів випадає білий осад, розчинний в надлишку лугу і сильних кислотах



2. З розчином натрій тіосульфату $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ при нагріванні випадає осад червоного кольору

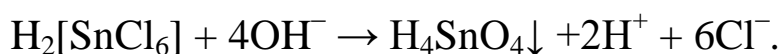
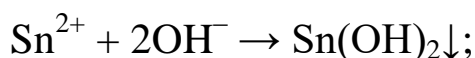


3. З металами, що стоять в ряду напруг лівіше Стібіуму (Zn, Mg, Fe, Al та ін.) відновлюються до металевого стану

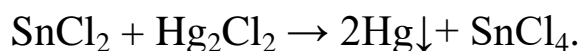
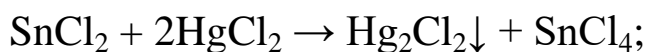


Реакції іонів Стануму (Sn^{2+} і Sn^{4+}).

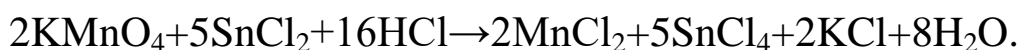
1. З розчинами лугів і NH_4OH випадає білий аморфний осад



2. Sn^{2+} з сулемою HgCl_2 утворює білий осад, який швидко темніє, оскільки виділяється металева ртуть



3. Sn^{2+} – сильний відновник. Він вступає в окисно-відновні реакції з окисниками, при цьому відбувається перехід до Sn^{4+}

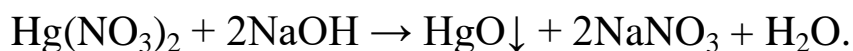


4. З металевим залізом Sn^{4+} відновлюється до Sn^{2+} , який виявляють за допомогою розчину HgCl_2



Реакції іонів Гідраргіуму (Hg^{2+}).

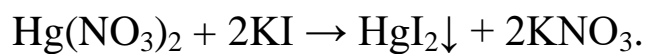
1. З розчинами лугів випадає жовтий осад, розчинний у кислотах, але нерозчинний в надлишку лугів



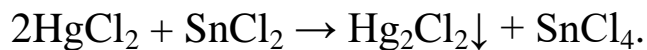
2. З розчином NH_4OH випадає білий осад, розчинний у кислотах



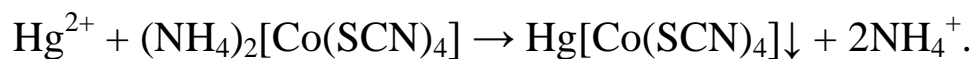
3. З розчином KI випадає оранжево-червоний осад, розчинний в надлишку KI



4. З розчином SnCl_2 відновлюється до металевої ртуті



5. З розчином $(\text{NH}_4)_2[\text{Co}(\text{SCN})_4]$ випадають сині кристали



Лабораторна робота

Якісні реакції на деякі катіони

Ціль роботи: навчитися визначати деякі катіони біогенних елементів методом якісного аналізу.

Якісні реакції на катіони біогенних елементів першої групи

1. Реакції катіона Калію (K^+)

а) У пробірку внести дві-три краплі 0,5 н розчину KCl, додати стільки ж розчину натрій гідротартрату $NaHC_4H_4O_6$.

Спостереження _____

Рівняння реакції:



б) У безбарвне полум'я газового пальника вмістит на ніхромовому дротику декілька кришталіків солі KCl.

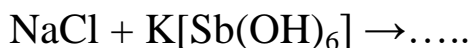
Спостереження _____

2. Реакції катіона Натрію (Na^+)

а) У пробірку внести три краплі розчину NaCl, додати стільки ж розчину калій гексагідроксостібіату (V) $K[Sb(OH)_6]$. Розчин треба охолодити під струменем водопровідної води та потерти скляною паличкою у середині по стінці пробірки.

Спостереження _____

Рівняння реакції:



б) Внести ніхромовий дріт у розчин NaCl та підігріти у полум'ї газового пальника.

Спостереження _____

3. Реакції катіона амонію (NH_4^+)

а) У пробірку внести дві-три краплі розчину NH_4Cl , додати стільки ж 2 н розчину NaOH, підігріти розчин у полум'ї газового пальника. Обережно понюхати та до отвору пробірки піднести зволожений лакмусовий папірець.

Спостереження _____

- 1) _____
 2) _____

Рівняння реакції:



б) У пробірку внести дві краплі розчину NH_4Cl , додати три краплі реактиву Неслера $\text{K}_2[\text{HgI}_4]$.

Спостереження _____

Рівняння реакції:



4. Реакції катіона Магнію (Mg^{2+})

а) У пробірку внести дві-три краплі розчину MgCl_2 та п'ять крапель 2 н розчину NaOH або NH_4OH .

Спостереження _____

Рівняння реакції:



До одержаного осаду додати дві-три краплі 2 н розчину HCl .

Спостереження _____

б) У пробірку внести дві-три краплі розчину MgCl_2 , додати по одній краплі амоній гідроксиду NH_4OH , амоній хлориду NH_4Cl (буферна суміш з $\text{pH}=9$) та дві-три краплі розчину натрій гідрофосфату Na_2HPO_4 .

Спостереження _____

Рівняння реакції:



Якісні реакції на катіони біогенних елементів другої групи

1. Реакції катіона Барію (Ba^{2+})

а) У пробірку внести дві-п'ять крапель розчину BaCl_2 , додати по одній краплі амоній гідроксиду NH_4OH та амоній хлориду NH_4Cl , дві краплі розчину амоній карбонату $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$.

Спостереження _____

Рівняння реакції:



До одержаного осаду додати дві-три краплі 2 н розчину HCl.

Спостереження _____

б) У пробірку внести дві-п'ять крапель розчину BaCl₂, додати одну-дві краплі розчину CH₃COONa та дві-три краплі розчину калій дихромату K₂Cr₂O₇.

Спостереження _____

Рівняння реакції:



До одержаного осаду додати дві-три краплі 2 н розчину HCl.

Спостереження _____

Реакція с K₂Cr₂O₇ є специфічною для виявлення катіона Ba²⁺ в сумішах.

в) У пробірку внести дві-три краплі розчину BaCl₂, додати стільки ж 2 н розчину H₂SO₄.

Спостереження _____

Рівняння реакції:



2. Реакції катіона Кальцію (Ca²⁺)

а) У пробірку внести три-чотири краплі розчину CaCl₂, додати по три краплі розчинів амоній гідроксиду NH₄OH та амоній хлориду NH₄Cl, три краплі насиченого розчину амоній карбонату (NH₄)₂CO₃.

Спостереження _____

Рівняння реакції:



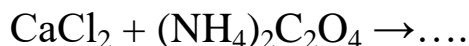
До одержаного осаду додати дві-три краплі 2 н розчину HCl.

Спостереження _____

б) У пробірку внести дві-три краплі розчину CaCl₂, додати стільки ж розчину амоній оксалату (NH₄)₂C₂O₄.

Спостереження _____

Рівняння реакції:



Реакція з (NH₄)₂C₂O₄ є якісною для виявлення катіона Ca²⁺ при відсутності катіона Ba²⁺.

Якісні реакції на катіони біогенних елементів третьої групи (та катіон Cu^{2+})

1. Реакції катіона Алюмінію (Al^{3+})

а) У пробірку внести дві-три краплі розчину $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, додати дві краплі розчину амоній сульфідру ($\text{NH}_4)_2\text{S}$ у присутності аміачної буферної суміші

Спостереження _____

Рівняння реакції:



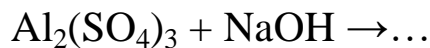
До одержаного осаду додаємо дві-три краплі 2 н розчину HCl .

Спостереження _____

б) У пробірку внести розчин $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, додати п'ять крапель 2 н розчину NaOH .

Спостереження _____

Рівняння реакції:



Одержаний осад розподілити у дві пробірки. У першу додати надлишок 2 н розчину NaOH .

Спостереження _____

У другу пробірку додати дві-три краплі 2 н розчину HCl .

Спостереження _____

в) У пробірку внести дві-три краплі розчину $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, додати дві-три краплі розчину амоній гідроксиду NH_4OH та одну-дві краплі розчину амоній хлориду NH_4Cl .

Спостереження _____

Рівняння реакції:



Реакція з амонійною буферною сумішшю є якісною для виявлення катіона Al^{3+} .

2. Реакції катіона Цинку (Zn^{2+})

а) У пробірку внести дві-три краплі розчину $ZnCl_2$, додати три-чотири краплі розчину амоній сульфідру $(NH_4)_2S$ в присутності аміачної буферної суміші.

Спостереження _____

Рівняння реакції:



До одержаного осаду додати дві-три краплі 2 н розчину HCl .

Спостереження _____

б) У пробірку внести дві-три краплі розчину $ZnCl_2$, додати п'ять крапель 2 н розчину $NaOH$.

Спостереження _____

Рівняння реакції:



Одержаний осад розподілити у дві пробірки. У першу додати надлишок 2 н розчину $NaOH$.

Спостереження _____

У другу пробірку додати дві-три краплі 2 н розчину HCl .

Спостереження _____

в) У пробірку вносимо три-чотири краплі розчину $ZnCl_2$, додаємо одну-дві краплі розчину калій гексаціаноферату (III) $K_3[Fe(CN)_6]$.

Спостереження _____

Рівняння реакції:



Реакція з $K_3[Fe(CN)_6]$ є якісною для виявлення катіона Zn^{2+} , якщо іони Cu^{2+} та Fe^{2+} в розчині відсутні.

3. Реакції катіона Феруму(III) (Fe^{3+})

а) У пробірку внести дві-три краплі розчину $FeCl_3$, додати дві краплі розчину амоній сульфідру $(NH_4)_2S$ у присутності аміачної буферної суміші.

Спостереження _____

Рівняння реакції:



До одержаного осаду додати дві-три краплі 2 н розчину HCl.

Спостереження _____

б) У пробірку внести п'ять-шість крапель розчину FeCl₃, додати три-чотири краплі води та п'ять крапель 2 н розчину NaOH або NH₄OH.

Спостереження _____

Рівняння реакції:



До одержаного осаду додати надлишок розчину NaOH.

Спостереження _____

Гідроксид феруму (III) на відміну від Al(OH)₃, Cr(OH)₃ та Zn(OH)₂ не розчинний в надлишку лугів.

в) У пробірку внести дві-три краплі розчину FeCl₃, додати три-чотири краплі води, одну-дві краплі 2 н розчину HCl та дві краплі розчину калій гексацианоферату (II) K₄[Fe(CN)₆].

Спостереження _____

Рівняння реакції:



Реакція з K₄[Fe(CN)₆] є специфічною для виявлення катіона Fe³⁺.

г) У пробірку внести дві-три краплі розчину FeCl₃, додати три-чотири краплі води, одну краплю розчину амоній роданіду NH₄SCN.

Спостереження _____

Рівняння реакції:



Реакція з NH₄SCN є специфічною для виявлення катіона Fe³⁺.

4. Реакції катіона Феруму(II) (Fe²⁺)

а) У пробірку внести дві-три краплі розчину FeSO₄, додати дві краплі розчину амоній сульфідру (NH₄)₂S у присутності аміачної буферної суміші.

Спостереження _____

Рівняння реакції:



До одержаного осаду додати дві-три краплі 2 н розчину HCl.

Спостереження _____

б) У пробірку внести п'ять-шість крапель розчину FeSO₄ додаємо дві-три краплі 2 н розчину NaOH або дві-три краплі розчину амоній гідроксиду NH₄OH.

Спостереження _____

Рівняння реакції:



в) У пробірку внести дві-три краплі розчину FeSO₄, додати три-чотири краплі води, одну-дві краплі 2 н HCl та дві краплі розчину калій гексаціаноферату (III) K₃[Fe(CN)₆].

Спостереження _____

Рівняння реакції:



Реакція з K₃[Fe(CN)₆] є специфічною для виявлення катіона Fe²⁺.

5. Реакції катіона Мангану (Mn²⁺)

а) У пробірку внести дві-три краплі розчину MnCl₂, додати дві краплі розчину амоній сульфіді (NH₄)₂S у присутності аміачної буферної суміші.

Спостереження _____

Рівняння реакції:



Специфічне забарвлення осаду сульфіді мангану (II) дає змогу вважати реакцію з (NH₄)₂S якісною для виявлення катіона Mn²⁺, якщо інші катіони в розчині відсутні.

До одержаного осаду додати дві-три краплі 2 н розчину HCl.

Спостереження _____

б) У пробірку внести п'ять-шість крапель розчину MnCl₂, додати дві-три краплі 2 н розчину NaOH.

Спостереження _____

Рівняння реакції:



6. Реакції катіона Кобальту Co^{2+}

а) У пробірку внести дві-три краплі розчину $CoCl_2$, додати дві краплі розчину амоній сульфідру $(NH_4)_2S$ у присутності аміачної буферної суміші.

Спостереження _____

Рівняння реакції:



До одержаного осаду додати дві-три краплі 2 н розчину HCl .

Спостереження _____

б) У пробірку внести розчин $CoCl_2$, додаємо дві-три краплі 2 н розчину $NaOH$

Спостереження _____

Рівняння реакції:



в) У пробірку внести дві-три краплі розчину $CoCl_2$, додати вісім-десять крапель насиченого розчину амоній роданіду NH_4SCN та п'ять-шість крапель амілового спирту (пентанол-1) і перемішуємо.

Спостереження _____

Рівняння реакції:



Реакція з NH_4SCN є якісною для виявлення катіона Co^{2+} .

7. Реакції катіона Нікелю (Ni^{2+})

а) У пробірку внести дві-три краплі розчину $NiCl_2$, додати одну краплю розчину амоній сульфідру $(NH_4)_2S$ у присутності аміачної буферної суміші.

Спостереження _____

Рівняння реакції:



До одержаного осаду додати дві-три краплі 2 н розчину HCl .

Спостереження _____

б) У пробірку внести дві-три краплі розчину $NiCl_2$, додати три-чотири краплі 2 н розчину $NaOH$.

Спостереження _____

Рівняння реакції:



Спостереження _____

До одержаного осаду додати дві-три краплі 2 н розчину HCl.

Спостереження _____

в) У пробірку внести дві-три краплі розчину NiCl₂, додати три-п'ять крапель реактиву Чугаєва (1% спиртового розчину диметилглюксиму).

Спостереження _____

Рівняння реакції:



8. Реакції катіона Купруму (II) (Cu²⁺)

а) У пробірку внести розчин CuCl₂, додати три-чотири краплі 2 н розчину NaOH.

Спостереження _____

Рівняння реакції:



Одержаний осад розподілити у дві пробірки. У першу додати дві-три краплі 2 н розчину HCl.

Спостереження _____

У другу пробірку додати дві-три краплі 2 н розчину NaOH.

Спостереження _____

б) У пробірку внести чотири-п'ять крапель розчину CuCl₂, додати одну краплю концентрованого розчину NH₄OH.

Спостереження _____

Рівняння реакції:



До одержаного осаду додати надлишок розчину NH₄OH.

Спостереження _____

Реакція з концентрованим NH₄OH є специфічною для виявлення катіона Cu²⁺.

Питання для самоконтролю

1. Якою реакцією можна відрізнити іони Al^{3+} від іонів Zn^{2+} ?

2. Який колір має осад при визначенні Fe^{2+} специфічною реакцією з $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$:

- а) білий; б) синій; в) червоний; г) чорний?

Скласти рівняння реакцій у молекулярному та іонному вигляді.

3. Який колір має осад при визначенні Fe^{3+} специфічною реакцією з NH_4SCN :

- а) білий; б) синій; в) червоний; г) чорний?

Скласти рівняння реакцій у молекулярному та іонному вигляді.

4. Який колір має розчин сульфиду мангану (II):

- а) білий; б) чорний; в) синій; г) бежевий?

Скласти рівняння реакції Mn^{2+} з амоній сульфідом.

5. Яка реакція є специфічною для виявлення Fe^{3+} ? Напишіть рівняння реакції в іонному та молекулярному вигляді.

Лабораторна робота

Аналіз суміші аніонів та катіонів

Ціль роботи: навчитися визначати аналіз суміші аніонів та катіонів методом якісного аналізу.

Аналіз суміші аніонів та катіонів достатньо складне завдання. Для його виконання використовують систематичний аналіз, який потребує багато часу. Мета цієї роботи – визначення одного катіона та одного аніона в сухій середній солі. Такий аналіз є по суті дробовим. Групові реагенти використовуються тільки для визначення групи.

Проведення даної роботи може мати певне значення для визначення неорганічного реактиву, якщо етикетку з його назвою було втрачено. Роботу починають з попередніх спостережень та визначення розчинності солей у різних розчинниках, слідкуючи за забарвленням розчину. Відомо, що солі Феруму (II) мають зелений колір, солі Феруму (III) – жовтий, солі Кобальту (II) – рожевий, а солі Купруму (II) – блакитний. Таке саме забарвлення мають і розчини цих солей.

Аналітична реакція проводиться у розчині, тому суху сіль, яку аналізують, спочатку потрібно розчинити. Проби на розчинність починають з обробки 0,1–0,2 г солі дистильованою водою в пробірці при кімнатній температурі, а якщо потрібно – при нагріванні. Сіль перемішують у воді скляною паличкою. Якщо сіль у дистильованій воді не розчиняється або розчиняється в ній погано, випробовують її розчинність поступово: спочатку в оцтовій кислоті, а потім у хлоридній кислоті (розбавленій та концентрованої), нітратній кислоті (розбавленій та концентрованої) і навіть у суміші хлоридної та нітратної кислот (3:1).

Після визначення розчинника 0,1–0,3 г сухої солі розчиняють у 10 мл певного розчинника. Аналіз катіона та аніона проводять дробовим методом. Групові реагенти використовують при цьому для визначення аналітичної групи. Для проведення кожної якісної реакції використовують кілька крапель (0,3–0,5 мл) одержаного розчину.

Для виконання аналізу солі, яка містить катіони першої-третьої аналітичної групи (та Cu^{2+}) доцільно дотримуватися такої послідовності у проведенні роботи.

1. Проба на катіони третьої аналітичної групи. У пробірку внести 0,5 мл аналізованого розчину (розчин, який утворився після розчинення солі) та додати по дві краплі амоній гідроксиду NH_4OH і амоній хлориду NH_4Cl (буферна суміш з $\text{pH}=9$) та одну-дві краплі розчину $(\text{NH}_4)_2\text{S}$. Поява чорного осаду свідчить про присутність у розчині катіонів Fe^{2+} , Fe^{3+} або катіону Cu^{2+} , а поява білого осаду – катіонів Al^{3+} , Zn^{2+} . За допомогою дробового аналізу, використовуючи специфічні реакції, знайти один з катіонів третьої аналітичної групи. Після визначення одного із катіонів третьої аналітичної групи пошук катіонів припинити і починати аналіз аніонів біогенних елементів. Якщо ж осад при дії групового реагенту не утворився, то виконання пункту 1.1. не проводити і приступати до пошуку катіонів біметалів другої аналітичної групи.

1.1. Специфічні реакції на катіони третьої аналітичної групи та катіон Cu^{2+}

а) проба на катіон Fe^{2+} . У пробірку внести дві-три краплі аналізованого розчину та додати стільки ж розчину $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$. Синій осад – ознака присутності у розчині іона Fe^{2+} .

б) проба на катіон Fe^{3+} . а) У пробірку внести дві-три краплі аналізованого розчину та додати стільки ж розчину $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$. Синій осад – ознака присутності у розчині іона Fe^{3+} . б) У пробірку внести дві-три краплі аналізованого розчину та додати стільки ж розчину NH_4SCN . Червоне забарвлення розчину – ознака присутності іона Fe^{3+} .

в) проба на катіон Cu^{2+} . У пробірку внести дві-три краплі аналізованого розчину та додати стільки ж розчину NH_4OH . Блакитний осад – ознака присутності у розчині іона Cu^{2+} .

г) проба на катіон Al^{3+} . У пробірку внести дві-три краплі аналізованого розчину та додати стільки ж розчину аміачної буферної суміші ($\text{NH}_4\text{OH}+\text{NH}_4\text{Cl}$). Білий осад, який не розчиняється в надлишку розчину NH_4OH , – ознака присутності у розчині іона Al^{3+} .

д) проба на катіон Zn^{2+} . а) У пробірку внести дві-три краплі аналізованого розчину та додати стільки ж розчину аміачної буферної суміші (NH_4OH+NH_4Cl). Білий осад, який розчиняється в надлишку розчину NH_4OH , – ознака присутності у розчині іона Zn^{2+} . б) У пробірку внести дві-три краплі аналізованого розчину та додати стільки ж розчину $K_3[Fe(CN)_6]$. Жовтий осад – ознака присутності у розчині іона Zn^{2+} .

2. Проба на катіони другої аналітичної групи. До пробірки внести 0,5 мл аналізованого розчину, додати по дві краплі амоній гідроксиду NH_4OH та амоній хлориду NH_4Cl (буферна суміш з рН=9) та одну-дві краплі розчину $(NH_4)_2CO_3$. Білий осад – ознака присутності катіонів другої групи (Ba^{2+} або Ca^{2+}). За допомогою дробового аналізу, використовуючи специфічні реакції, знайти катіон Ba^{2+} або Ca^{2+} . Після визначення одного із катіонів другої аналітичної групи, пошук катіонів припиняємо і починаємо аналіз аніонів біогенних елементів. Якщо ж осад при дії групового реагенту не утворився, то виконання пункту 2.1. не проводити і приступати до пошуку катіонів біметалів першої аналітичної групи.

2.1. Специфічні реакції на катіони другої аналітичної групи.

а) проба на катіон Ba^{2+} . До пробірки внести дві-п'ять крапель аналізованого розчину, додати одну-дві краплі розчину CH_3COONa та дві-три краплі розчину $K_2Cr_2O_7$. Жовтий осад – ознака присутності у розчині іона Ba^{2+} .

б) проба на катіон Ca^{2+} . До пробірки внести дві-три краплі аналізованого розчину та додати стільки ж розчину $(NH_4)_2C_2O_4$. Білий осад – ознака присутності у розчині іона Ca^{2+} .

3. Проба на катіони першої аналітичної групи. Катіони першої аналітичної групи не мають групового реагенту, тому їх можна визначити за допомогою дробового аналізу та специфічних реакцій (п. 3.1.). Якщо один із катіонів біметалів першої аналітичної групи встановлено, їх аналіз припинити і переходити до аналізу аніонів біогенних елементів.

3.1. Специфічні (якісні) реакції на катіони першої аналітичної групи.

а) проба на катіон Na^+ . а) До пробірки внести дві-три краплі аналізованого розчину та додати стільки ж розчину $K[Sb(OH)_6]$. Білий осад – ознака присутності у розчині іона Na^+ . 2) Внести ніхромовий дріт в аналізований розчин та підігріти у полум'ї газового пальника. Забарвлення безбарвного полум'я газового пальника в яскраво-жовтий колір – ознака присутності у розчині іону Na^+ .

б) проба на катіон K^+ . До пробірки внести дві-три краплі аналізованого розчину та додати стільки ж розчину $Na_3[Co(NO_2)_6]$. Жовтий осад – ознака присутності у розчині іону K^+ .

в) проба на іон Mg^{2+} . До пробірки внести дві-три краплі аналізованого розчину та п'ять крапель 2 н розчину $NaOH$ або Na_2HPO_4 (з додаванням буферної амонійної суміші). Білий осад – ознака присутності у розчині іону Mg^{2+} .

г) проба на катіон NH_4^+ . а) До пробірки внести дві - три краплі аналізованого розчину, додати стільки ж 2 н розчину $NaOH$, підігріти розчин у полум'ї газового пальника. Обережно до отвору пробірки піднести зволожений лакмусовий папірець. Забарвлення лакмусового папірця в синій колір – ознака присутності в розчині іону NH_4^+ . б) До пробірки внести дві-три краплі аналізованого розчину та додати стільки ж розчину реактиву Неслера $K_2[HgI_4]$. Червоно-бурий осад – ознака присутності в розчині іону NH_4^+ .

4. Аналіз аніонів (SO_4^{2-} , CO_3^{2-} , PO_4^{3-} , Cl^- , NO_3^- , CH_3COO^-). При виконанні аналізу аніонів доцільно дотримуватися послідовності за планом лабораторної роботи «Аналіз суміші аніонів біонеметалів».

5. Як тільки один з аніонів буде знайдено, аналіз припинити. За наявності катіона та аніона визначити склад речовини, яку досліджували.

Результати дослідження вносимо до табл. 4.

Таблиця 4 – Результати дослідження

№		Аналізована речовина	Реагент, який додають	Спостереження	Виснов

Питання для самоконтролю

1. Яким методом аналізують суміш катіонів та аніонів? Дати пояснення.

2. Визначити груповий реагент на II групу катіонів:

а) $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$; б) AgNO_3 ; в) $(\text{NH}_4)_2\text{S}$; г) немає.

Напишіть рівняння реакції.

3. Сульфіді яких аналітичних груп катіонів не розчинні в розведених кислотах?

4. Яке повинно бути середовище при визначенні катіона Магнію (Mg^{2+}) натрій гідрофосфатом Na_2HPO_4 . Чому? Напишіть рівняння реакції.

5. Напишіть рівняння якісної реакції для виявлення іона Ni^{2+} .

6. Напишіть реакцію в молекулярному та іонному вигляді для відкриття іона Кальцію, якщо іони барію відсутні.

7. Яка реакція є якісною для виявлення катіона Zn^{2+} , якщо іони Cu^{2+} та Fe^{2+} в розчині відсутні? Напишіть рівняння реакції в іонному та молекулярному вигляді.

8. Якою реакцією можна відрізнити іони Al^{3+} від іонів Zn^{2+} ?

9. Який іон (Ca^{2+} або Ba^{2+}) визначається раніше, якщо обидва іони присутні в розчині? Відповідь пояснити.

10. Який колір має осад при визначенні Fe^{2+} специфічною реакцією з $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$? Скласти рівняння реакцій у молекулярному та іонному вигляді.