

Перша аналітична група аніонів

Загальна характеристика групи

У ролі групового реактиву використовують барій хлорид $BaCl_2$ в нейтральному або слабколужному середовищі. У результаті взаємодії аніонів першої групи з катіонами Барію Ba^{2+} в розчинах утворюються осаді солей Барію, які розчинні в кислотах, крім $BaSO_4$. У сульфатній кислоті ці осаді розчиняються, проте з одночасним утворенням білого осаду $BaSO_4$. Тому недоцільно розчиняти осаді солей Барію в сульфатній кислоті.

Солі Аргентуму аніонів першої групи мало розчинні у воді, крім сульфату аргентуму, однак, на відміну від солей Аргентуму аніонів другої групи, вони добре розчинні в нітратній кислоті.

Розчинні у воді солі аніонів першої групи в основному безбарвні. Лише хромат-іони CrO_4^{2-} забарвлені у жовтий колір.

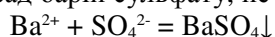
Прилади і реактиви: тиглі, фільтри, амоній хлорид, етиловий спирт.

Розчини: натрію сульфат(0,5н), барію хлорид (0,5н), срібла нітрат (0,1н), свинцю нітрат або ацетат (0,5н), натрію або калію гідроксид (2н), натрію сульфід (0,5н), хлороводнева кислота (2н), йодна вода, калію перманганат (0,1н), натрію або калію карбонат (0,5н), вапняна або баритова вода, натрію гідрофосфат (0,5н), натрію силікат (0,5н), натрію тіосульфат(0,5н), натрію тетраборат (0,5н), сірчаної кислоти (конц.), магнію хлорид (0,5н), амонію гідроксид (2н), амонію хлорид (0,5н), амонію молібдат або молібденова рідина, азотна кислота (конц.), кальцію хлорид (0,5н).

Якісні реакції аніонів SO_4^{2-} , SO_3^{2-} , PO_4^{3-} , CO_3^{2-} , $C_2O_4^{2-}$, $S_2O_3^{2-}$, SiO_3^{2-} , $B_4O_7^{2-}$

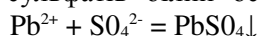
Реакції сульфат-іонів SO_4^{2-}

1. Реакція з груповим реактивом $BaCl_2$. Барій хлорид осаджує з розбавлених розчинів сульфатів білий осад барій сульфату, не розчинний у кислотах і лугах:



Виконання. До 2 – 4 крапель натрій сульфату додають 2-3 краплі розчину барій хлориду. Спостерігають випадання білого осаду.

2. Реакція з плюмбум (II) нітратом або ацетатом. Розчинні солі Плюмбуму (II) осаджують з розчинів сульфатів білий осад плюмбум(II) сульфату:

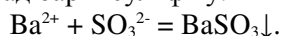


Осад не розчинний у нітратній кислоті і важкорозчинний при нагріванні у розчинах лугів.

Виконання. До 2 – 3 крапель розчину натрій сульфату додають 2– 3 краплі розчину плюмбум (II) нітрату. Спостерігають утворення білого осаду.

Реакції сульфід-іонів SO_3^{2-}

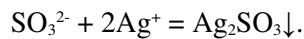
1. Реакція з груповим реактивом $BaCl_2$. Барій хлорид осаджує з нейтральних розчинів сульфідів білий осад барій сульфіту:



Осад розчиняється в розбавленій хлоридній та нітратній кислотах.

Виконання. До 4 крапель натрій сульфіту додають 4 краплі розчину барій хлориду. Спостерігають випадання білого осаду і розчинення його в кислотах. Якщо осад не повністю розчиняється в кислотах, то це пояснюється наявністю в осаді барій сульфату, оскільки сульфід часто буває забруднений домішками сульфату.

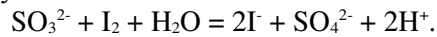
2. Реакція з аргентум нітратом $AgNO_3$. Аргентум нітрат осаджує з нейтральних розчинів сульфідів білий кристалічний осад аргентум сульфіту:



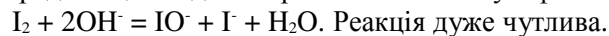
Осад розчиняється в розбавленій нітратній кислоті і розчині амоніаку. У надлишку розчину сульфїту лужного металу осад також розчиняється за рахунок утворення комплексної сполуки.

В и к о н а н н я. До 5 крапель розчину натрій сульфїту добавляють 6 крапель розчину аргентум нітрату. Розчин з осадом ділять на три частини і спостерігають розчинення осаду в розбавленій нітратній кислоті, розчині амоніаку і надлишку натрій сульфїту.

3. Реакція з розчином іоду I₂. Внаслідок окиснення сульфїт-іонів SO₃²⁻ відбувається знебарвлення розчину:



Реакцію з розчинами сульфїтів потрібно проводити в слабо кислотному середовищі, оскільки в лужному середовищі йод знебарвлюється і без сульфїт-іонів:



В и к о н а н н я. До 3 крапель водного розчину йоду добавляють 1 краплю розбавленої хлоридної кислоти і по одній краплі розчину натрій сульфїту.

Спостерігають поступове знебарвлення розчину йоду.

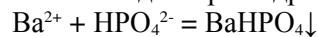
4. Реактив перманганат калію. Обезбарвлення перманганату калію в кислому середовищі.

В и к о н а н н я. Наливають в пробірку 4-5 крапель сульфїту натрію, 5 крапель сірчаної кислоти і 2-3 краплі розчину перманганату калію. Складіть рівняння реакцій.

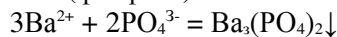
Реакції фосфат-іонів PO₄³⁻

Фосфат-іон є аніоном ортофосфорної кислоти H₃PO₄. У воді розчинні солі лужних металів, амонію і Ca(H₂PO₄)₂. Решту солей не розчинні у воді, але розчинні в мінеральних кислотах, а також в оцтовій кислоті.

1. Реакція з груповим реактивом BaCl₂ Барій хлорид осаджує з нейтральних розчинів фосфатів білий осад барій гідрогенфосфату:



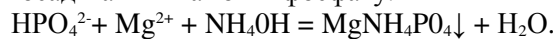
Осад розчиняється в мінеральних, крім H₂SO₄, та ацетатній кислотах. У лужних розчинах утворюються середні солі (фосфати):



Осад розчиняється в мінеральних та ацетатній кислотах.

В и к о н а н н я. До 4 крапель розчину натрій фосфату добавляють 4 краплі барій хлориду. Перевіряють розчинність осаду в кислотах.

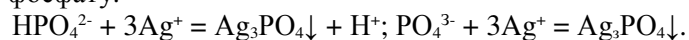
2. Реакція з магnezіальною сумішшю. Магnezіальна суміш (водний розчин амоніаку, амоній хлориду та магній хлориду) виділяє навіть з дуже розбавлених розчинів фосфатів білий кристалічний осад магній - амоній фосфату:



Осад легко розчиняється у мінеральних кислотах. Ця реакція характерна для фосфат-іонів і застосовується для виявлення фосфатів у сечі.

В и к о н а н н я. До 3 крапель розчину магній хлориду добавляють 2 краплі 2 M розчину амоніаку, 4 краплі розчину амоній хлориду і 2 краплі розчину натрій гідрогенфосфату. Спостерігають випадання білого осаду. Перевіряють розчинення утвореного осаду в кислотах.

3. Реакція з аргентум нітратом AgNO₃. Аргентум нітрат утворює з фосфат-іонами жовтий осад аргентум фосфату:



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

В и к о н а н н я. До 4 крапель розчину натрій гідрогенфосфату або натрій

фосфату додають 4 краплі розчину аргентум нітрату. Спостерігають випадання жовтого осаду і розчинення його в HNO_3 і NH_4OH .

4. Реакція з молібденовою рідиною. Молібденова рідина (розчин амоній молібдату $(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4$ і амоній нітрату NH_4NO_3 в нітратній кислоті) осаджує фосфат-іони у вигляді жовтого кристалічного осаду амоній фосформолібдату:

$\text{HPO}_4^{2-} + 3\text{NH}_4^+ + 12\text{MoO}_4^{2-} + 23\text{H}^+ = (\text{NH}_4)_3\text{H}_4[\text{P}(\text{Mo}_2\text{O}_7)_6]\downarrow + 10\text{H}_2\text{O}$, або в молекулярному вигляді:

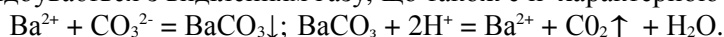


Осад розчиняється в амоніаку і розчинах лугів. Крім того, він розчиняється в надлишку фосфату лужного металу, тому реактив потрібно брати в надлишку. Реакція дуже чутлива і характерна для фосфат-іонів, застосовується для виявлення фосфатів. Йони SO_3^{2-} та інші відновники перешкоджають реакції.

В и к о н а н н я. До 1-2 крапель розчину фосфату додають 8-10 крапель молібденової рідини і суміш трохи підігривають (до $40-60^\circ\text{C}$). Випадання через деякий час жовтого осаду свідчить про наявність фосфатіонів PO_4^{3-} .

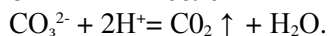
Реакції карбонат-іонів CO_3^{2-}

1. Реакція з груповим реактивом BaCl_2 Карбонат-іони CO_3^{2-} осаджуються з розчинів карбонатів барій хлоридом. Утворюється білий осад барій карбонату, розчинний у розбавлених мінеральних та ацетатній кислотах. Реакція розчинення BaCO_3 в кислотах відбувається з виділенням газу, що також є її характерною ознакою:

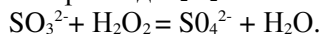


В и к о н а н н я. До 5 крапель розчину натрій карбонату додають 2-3 краплі розчину барій хлориду і спостерігають розчинення осаду в кислотах з одночасним виділенням бульбашок газу.

2. Реакція з кислотами. Мінеральні кислоти, а також ацетатна кислота виділяють із солей карбонатної кислоти вуглекислий газ:

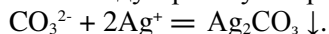


Виділення карбон (IV) оксиду легко підтвердити за допомогою газовідвідної трубки, зануреної у вапняну воду $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Випадає білий осад кальцій карбонату CaCO_3 . Проведенню реакції перешкоджають сульфат-іони SO_4^{2-} , оскільки при дії кислот може утворюватися сульфур (IV) оксид, який при взаємодії з $\text{Ca}(\text{OH})_2$ утворює білий осад кальцій сульфату CaSO_4 . Тому перед виявленням карбонат-іонів доцільно окиснити йони SO_3^{2-} до йонів SO_4^{2-} , додаючи гідроген пероксид H_2O_2 :



В и к о н а н н я. До 10 крапель розчину натрій карбонату додають 10 крапель 2 М розчину хлоридної кислоти. Спостерігають бурхливе виділення газу. Для дослідження цього газу у верхню частину пробірки вставляють корок з трубкою, в якій міститься 2 - 3 краплі вапняної води. Спостерігають її помутніння.

3. Реакція з аргентум нітратом AgNO_3 . Аргентум нітрат осаджує карбонат-іони з розчинів у вигляді білого осаду аргентум карбонату:



Осад легко розчиняється в нітратній кислоті з одночасним виділенням карбон (IV) оксиду, а також у розчині амоніаку.

В и к о н а н н я. До 5 крапель розчину натрій карбонату додають 5 крапель розчину аргентум нітрату. Отриманий осад розділяють у дві пробірки і випробовують на розчинення в розбавленій нітратній кислоті та розчині амоніаку.

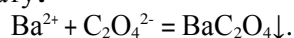
4. Реактив вапняна або баритова вода. Виділення CO_2 можна виявити по помутнінню вапняної води (або баритової води).

В и к о н а н н я. В пробірку поміщають 5-8 крапель розчину карбонату натрію і додають такий же об'єм 2н хлороводневої

кислоти. В пробірку вставляють піпетку з 2-3 каплями вапняної води. Спостерігають помутніння вапняної води в піпетці. Складіть рівняння реакцій.

Реакції оксалат-іонів $C_2O_4^{2-}$

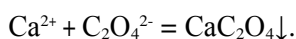
1. Реакція з груповим реактивом $BaCl_2$ Барій хлорид з аніонами $C_2O_4^{2-}$ утворює білий осад барій оксалату:



Осад розчиняється в хлоридній та нітратній кислотах, а в ацетатній - лише при нагріванні.

В и к о н а н н я. У пробірку вносять 5 крапель розчину оксалату і стільки ж реактиву. Отриманий білий осад розділяють у дві пробірки і перевіряють розчинність осаду в кислотах.

2. Реакція з кальцій хлоридом $CaCl_2$ Кальцій хлорид утворює з оксалат-іонами білий дрібнокристалічний осад, який розчиняється в мінеральних кислотах і не розчиняється в ацетатній кислоті:



В и к о н а н н я. До 3 - 4 крапель розчину амоній оксалату додають 4 краплі реактиву. Спостерігають випадання білого осаду і розчинення його в хлоридній кислоті.

3. Реакція з калій перманганатом $KMnO_4$. При нагріванні калій перманганату з амоній чи калій оксалатом або оксалатною кислотою в середовищі сульфатної кислоти спостерігається знебарвлення розчину внаслідок відновлення йонів MnO_4^- до Mn^{2+} :

$5C_2O_4^{2-} + 2MnO_4^- + 16H^+ = 2Mn^{2+} + 10CO_2 \uparrow + 8H_2O$. Цю реакцію використовують у кількісному аналізі.

В и к о н а н н я. До 4 крапель розчину амоній, калій оксалату або оксалатної кислоти додають 5 крапель сульфатної кислоти і суміш нагрівають до 70-80° С. До отриманого гарячого розчину додають краплями розчин калій перманганату і спостерігають його знебарвлення.

Характерні реакції аніонів SiO_3^{2-}

1. Реакція з хлоридом барію $BaCl_2$. Розчин $BaCl_2$ з SiO_3^{2-} утворює білий осад $BaSiO_3$, який розкладається кислотами з утворенням драглистого осаду суміші кремнієвих кислот.

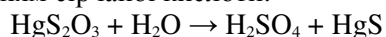
2. Реакція з солями амонію. Сіль амонію (NH_4Cl) виділяє із розчинів кремнієву кислоту повніше, ніж кислоти, так як іони амонію сприяють коагуляції кремнієвої кислоти, зміщуючи рівновагу гідролізу в сторону її утворення.

В и к о н а н н я. До 4-5 крапель розчину силікату додають 4-5 крапель води, кидають в пробірку 2-3 кристалики хлориду амонію та нагрівають.

3. Реакція з розведеними кислотами. Розведені кислоти при повільному додаванні до розчину силікату натрію виділяють білий драглистий осад (гель) кремнієвої кислоти. Складіть рівняння вище вказаних реакцій.

Характерні реакції аніонів $S_2O_3^{2-}$

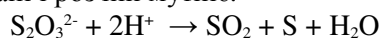
Тіосульфати важких металів гідролізують з виділенням важкорозчинних сульфідів і утворенням сірчаної кислоти:



1. Реакція з реактивом барію хлорид $BaCl_2$. Хлорид барію виділяє із розчинів тіосульфатів білий осад тіосульфату барію.

2. Реакція з реактивом нітрат срібла AgNO_3 . При додаванні розчину нітрату срібла до розчину $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ виділяється білий осад $\text{Ag}_2\text{S}_2\text{O}_3$, який в недовзі жовтіє, буріє, і нарешті стає чорним внаслідок утворення Ag_2S . Складіть рівняння вищевказаних реакцій.

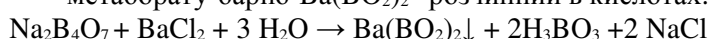
3. Реакція з розчинами кислот. При дії розведених кислот на тіосульфати виділяється сірка у вільному стані і розчин мутніє.



Характерні реакції аніонів $\text{V}_4\text{O}_7^{2-}$ і VO_2^-

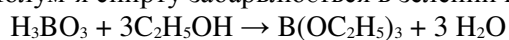
Для проведення реакцій використовують розчин тетраборату натрію $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$ (бура).

1. Реакція з хлоридом барію. Хлорид барію утворює з бурою білий осад метаборату барію $\text{Ba}(\text{BO}_2)_2$ розчинний в кислотах:



2. Реакція з забарвленням полум'я.

В и к о н а н н я. Розчин бури (5-6 крапель) випарюють в тиглі насухо, після чого приливають 2-3 краплі концентрованої сірчаної кислоти, 5-6 крапель спирту, перемішують і запалюють. Полум'я спирту забарвлюється в зелений колір:



Контрольні запитання та завдання

1. Для чого використовують групові реактиви під час аналізу аніонів?
2. Наведіть склад першої аналітичної групи аніонів.
3. Який аніон першої групи утворює з катіоном Барію сіль, не розчинну в кислотах?
4. Чому недоцільно розчиняти осад солей Барію аніонів першої групи в сульфатній кислоті?
5. Які аніони першої аналітичної групи утворюють солі Аргентуму, мало розчинні у воді, зате легко розчинні в нітратній кислоті?
6. У чому розчиняється осад плюмбум (ІІ) сульфату? 7. Яка реакція найхарактерніша для фосфат-іонів?
8. Яку реакцію використовують для виявлення фосфатів?
9. Як можна пояснити розчинність аргентум ортофосфату в розчині амніаку?
10. Якими реакціями можна виявити карбонат-іони?
11. Чим можна пояснити розчинність аргентум карбонату в нітратній кислоті і нерозчинність його в хлоридній та сульфатній кислотах?
12. Чому йони SO_3^{2-} перешкоджають виявленню йонів CO_3^{2-} кислотами? Як позбутись у такому разі йонів SO_3^{2-} ?
13. Чому розчин йоду під час взаємодії з сульфат-іонами знебарвлюється?
14. При дії AgNO_3 на розчин, що містить один з аніонів першої групи, утворюється жовтий осад. Який аніон був у розчині?
15. При дії BaCl_2 на досліджуваний розчин, що містить аніони першої групи, випав білий осад, розчинний у хлоридній кислоті з виділенням газу. Чи можна стверджувати, що це карбонат-іони?
16. Яка реакція найбільш характерна для оксалат-іонів?