## **КЛАСИФІКАЦІЯ АНІОНІВ**

За класифікацією, яка найбільш часто застосовується, всі аніони поділяють на три групи залежно від розчинності солей барію та аргентуму, які вони утворюють.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Група | Аніони | Груповий реагент | Характеристика групи |
| І | SO42-, SO32-, S2O32-, CO32-, PO43-, SiO32-, B4O72- | Барій хлорид BaCl2 в нейтральному або слабко лужному середовищі | Солі барію практично нерозчинні в воді |
| ІІ | Cl-, Br-, J-, S2- | Аргентум нітрат AgNO3 в присутності HNO3 | Солі аргентуму практично нерозчинні в воді і в розбавленій нітратній кислоті |
| ІІІ | NO3-, NO2-,  CH3COO- | Групового реагенту немає | Солі барію і аргентуму розчинні в воді |

**ОСОБЛИВОСТІ АНАЛІЗУ АНІОНІВ**

Методика якісного аналізу аніонів відрізняється від методики аналізу катіонів. В основі розділення аніонів на аналітичні групи лежить різна розчинність солей барію і аргентуму. Можливі різні варіанти розділення аніонів на групи. У практикумі пропонується найбільш поширене розділення аніонів на три аналітичні групи.

**І група аніонів**: фосфат-іон РО43-, сульфат-іон SO42-, сульфіт-іон SO32-, карбонат-іон СОЗ2-, тіосульфат-іон S2O32-, метаборат-іон BO2- (або тетраборат-іон В4О72-) і оксалат-іон С2О42-. Перераховані іони утворюють з іонами барію Ва2+ важкорозчинні у воді солі. Груповим реактивом є ВаCl2 в нейтральному або слабколужному середовищі.

**ІІ група аніонів**: хлорид-іон С1-, бромід-іон Вr-, йодид-іон I-, сульфід-іон S2-. Аніони другої групи утворюють з іонами Ag+ важкорозчинні у воді і нерозчинні в розведеній нітратній кислоті солі. Груповим реактивом є AgNО3 в присутності розведеної нітратної кислоти.

**ІІІ група аніонів**: нітрат-іон NО3-, нітрит-іон NO2- і ацетат-іон СН3СОО-. Солі аргентуму і барію добре розчинні у воді. Групового реактиву немає.

Загальноприйнятого систематичного ходу аналізу аніонів немає. На відміну від аналізу катіонів при аналізі аніонів найбільш доцільно виявляється безпосереднє виявлення окремих аніонів без попереднього розділення. Ця можливість обумовлена тим, що аніони здебільшого не заважають відкриттю один одного. Відповідно до цього групові реактиви застосовуються не для розділення груп, а для їх виявлення.

При виконанні часткових реакцій на аніони необхідно мати на увазі, що зовнішній вигляд осадів багатьох іонів, отриманих з солями барію або аргентуму, однаковий. Тому особливу увагу слід приділяти характеру і ступеню розчинності тих чи інших осадів в кислотах або інших реактивах. Розчинним у вказаній кислоті ми вважаємо такий осад, який отриманий з 2-3 крапель розчину, розчиняється при додаванні кількох крапель розведеної кислоти без залишку або з дуже незначним залишком. Але якщо при додаванні приблизно 10 крапель кислоти або іншого реактиву розчинення не настає або не відбувається помітного просвітління розчину, осад вважається нерозчинним.

**ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ № 6**

***Тема:*** Якісні реакції аніонів І аналітичної групи: SO42- , SO32-, CO32-, PO43-, SiO32-, S2O32-, B4O7 2- і BO2-. Аналіз суміші аніонів І аналітичної групи.

***Мета:*** Вивчити якісні реакції аніонів І аналітичної групи, експериментально дослідити умови виконання аналітичних реакцій, властивості отриманих сполук та провести аналіз суміші аніонів І аналітичної групи.

***Контрольні запитання***

1. Яким чином класифікують аніони?
2. Які аніони виявляють властивості окисників?
3. Які аніони виявляють властивості відновників?
4. Чому барій карбонат розчиняється в хлоридній кислоті і не розчиняється в сульфатній?
5. Чим можна пояснити розчинність арґентум карбонату в нітратній кислоті і нерозчинність у хлоридній та сульфатній кислоті?
6. Поясніть, чому посилюється гідроліз натрій силікату за наявності солей амонію.
7. Як можна виявити аніони Cl-, Br-, J- при їх сумісній присутності?
8. Поясніть розчинність арґентум хлориду у розчині аміаку.
9. Як виявляють аніони летких кислот?
10. Як позбуваються дії S2- іонів при відкритті аніонів ІІ групи?
11. Чи можна відкрити аніони NO3- в присутності аніонів NO2-?
12. Яку реакцію виявлення аніонів NO2- ви вважаєте найхарактернішою?
13. Які аніони можуть бути присутніми в розчині з:

а) сильно-кислим середовищем?

б) лужним середовищем?

в) нейтральним середовищем?

1. Які іони заважають відкриттю аніона PO43- і як відкривають PO43- аніон в присутності цих іонів?

**ХАРАКТЕРИСТИКА АНІОНІВ** **І АНАЛІТИЧНОЇ ГРУПИ**

До І групи аніонів відносяться аніони РО43-, SO42-, SO32-, СОЗ2-, S2O32-, BO2-, В4О72- і С2О42-. Груповим реактивом є ВаCl2 в нейтральному або слабколужному середовищі, так як важкорозчинні барієві солі цих аніонів, за винятком BaSО4, розчинні в кислотах. Іон Ag+ утворює з аніонами даної групи (крім SO42-) важкорозчинні у воді солі, легко розчинні в розведеній нітратній кислоті. Всі аніони цієї групи безбарвні.

Для організму людини велике значення мають фосфати і карбонати. Фосфатні і гідрокарбонатні буферні суміші підтримують певну величину рН внутрішнього середовища живого організму.

Наявність карбонатів і сульфатів у питній воді визначає її побутові та смакові якості. Крім того, присутність сульфатів немінерального походження є показником санітарного забруднення води (наприклад, стічними водами).

В якості лікарських речовин використовують магній сульфат (проносний і гіпотензивний засіб), натрій гідрокарбонат (при шлункових захворюваннях), борну кислоту і натрій тіосульфат (антисептичні засоби).

**Характерні реакції аніонів SO42-**

1. Реактив BaCl2.

Барій хлорид утворює з аніоном SO42- білий осад BaSO4, нерозчинний в кислотах і лугах.

2. Реактив солі плюмбуму.

Солі плюмбуму – Pb(NO3)2 – дають білий осад PbSO4, розчинний в надлишку лугів. Складіть рівняння всіх реакцій.

**Характерні реакції аніонів SO32-**

1. Реактив BaCl2.

Барій хлорид з аніонами SO32- утворює білий осад BaSO3, легко розчинний в кислотах.

2. Реактив йодна вода.

Йодна вода стає безбарвною при додаванні сульфітів. До 4-5 крапель розчину натрій сульфіту додають 5 крапель розчину хлоридної кислоти і 2-3 краплі розчину йоду.

3. Реактив калій перманганат.

Знебарвлення калій перманганату в кислому середовищі. Наливають в пробірку 4-5 крапель натрій сульфіту, 5 крапель сульфатної кислоти і 2-3 краплі розчину калій перманганату. Складіть рівняння реакцій.

**Характерні реакції аніонів CO32-**

1. Реактив BaCl2.

Розчин барій хлориду осаджує аніони CO32- у вигляді білого осаду BaCO3, розчинного в кислотах (за винятком сульфатної).

2. Реактив вапняна або баритова вода.

Виділення CO2 можна виявити за помутнінням вапняної води (або баритової води).

У пробірку поміщають 5-8 крапель розчину натрій карбонату і додають такий же об’єм 2н хлоридної кислоти. В пробірку вставляють піпетку з 2-3 краплями вапняної води. Спостерігають помутніння вапняної води в піпетці. Складіть рівняння реакцій.

## **Характерні реакції аніонів PO43-**

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

1. Реактив BaCl2.

Розчин BaCl2 з Na2HPO4 утворює білий осад ВаHPO4, розчинний в кислотах (крім сульфатної).

2. Реактив аргентум нітрат.

Аргентум нітрат з Na2HPO4 утворює жовтий осад Ag3PO4, розчинний в аміаці.

3. Реактив магнезіальна суміш (MgCl2, NH3, NH4Cl).

Реактив магнезіальна суміш з фосфат-іонами утворює білий кристалічний осад NH4MgPO4, розчинний в кислотах. До 5-6 крапель розчину магній хлориду додають декілька крапель розчину аміаку, після цього приливають декілька крапель розчину натрій гідрофосфату. Складіть рівняння вище вказаних реакцій.

4. Реактив молібденова рідина.

Молібденова рідина (розчин (NH4)2MoO4 в HNO3) утворює з фосфат-іонами при нагріванні жовтий кристалічний осад:

PO43- + 3NH4+ + 12MoO42- + 24H+→ (NH4)3[P(Mo3O10)4]↓ + 12H2O

До 8 крапель амоній молібдату додають 8 крапель концентрованої нітратної кислоти. До суміші додають 2-3 краплі натрій фосфату і нагрівають до 40-50о С на водяній бані.

**Характерні реакції аніонів SiO32-**

1. Реактив BaCl2.

Розчин BaCl2 з SiO32- утворює білий осад BaSiO3, який розкладається кислотами з утворенням драглистого осаду суміші кремнієвих кислот.

2. Реактив солі амонію.

Сіль амонію (NH4Cl) виділяє із розчинів кремнієву кислоту повніше, ніж кислоти, так як іони амонію сприяють коагуляції кремнієвої кислоти, зміщуючи рівновагу гідролізу в сторону її утворення.

До 4-5 крапель розчину силікату додають 4-5 крапель води, кидають в пробірку 2-3 кристалики амоній хлориду та нагрівають.

3. Реактив розведені кислоти.

Розведені кислоти при повільному додаванні до розчину натрію силікату виділяють білий драглистий осад (гель) кремнієвої кислоти.

Складіть рівняння вище вказаних реакцій.

**Характерні реакції аніонів S2O32-**

Тіосульфати важких металів гідролізують з виділенням важкорозчинних

сульфідів і утворенням сульфатної кислоти:

HgS2O3 + H2O → H2SO4 + HgS

1. Реактив BaCl2.

Барій хлорид виділяє із розчинів тіосульфатів білий осад барію тіосульфату.

2. Реактив AgNO3.

При додаванні розчину аргентум нітрату до розчину Na2S2O3 виділяється білий осад Ag2S2O3, який в невдовзі жовтіє, буріє, і нарешті стає чорним внаслідок утворення Ag2S. Складіть рівняння вищевказаних реакцій.

3. Реактив розчини кислот.

При дії розведених кислот на тіосульфати виділяється сірка у вільному стані і розчин мутніє.

S2O32- + 2H+ → SO2 + S + H2O

**Характерні реакції аніонів B4O7 2- і BO2-**

Для проведення реакцій використовують розчин натрій тетраборату Na2B4O7·10 H2O (бура).

1. Реактив барій хлорид.

Барій хлорид утворює з бурою білий осад барію метаборату Ba(BO2)2, розчинний в кислотах:

Na2B4O7 + BaCl2 + 3H2O → Ba(BO2)2↓ + 2H3BO3 +2NaCl

2. Забарвлення полум’я.

Розчин бури (5-6 крапель) випарюють в тиглі насухо, після чого приливають 2-3 краплі концентрованої сульфатної кислоти, 5-6 крапель спирту, перемішують і запалюють. Полум’я спирту забарвлюється в зелений колір:

H3BO3 + 3C2H5OH → B(OC2H5)3 + 3H2O

***Тема:*** Якісні реакції аніонів ІІ аналітичної групи: Cl-, Br–, J-,S2-. Аналіз суміші аніонів ІІ аналітичної групи.

***Мета:*** Вивчити якісні реакції аніонів ІІ аналітичної групи, експериментально дослідити умови виконання аналітичних реакцій, властивості отриманих сполук та провести аналіз суміші аніонів ІІ аналітичної групи.

**ХАРАКТЕРИСТИКА** **АНІОНІВ ІІ АНАЛІТИЧНОЇ ГРУПИ**

До ІІ групи аніонів відносяться аніони С1-, Вr-, I-, S2-. Ці аніони утворюють з іонами аргентуму важкорозчинні у воді і нерозчинні в розведеній нітратній кислоті солі.

Груповим реактивом є AgNО3 в присутності розведеної нітратної кислоти. У цих умовах AgNО3 не утворює осаду з аніонами першої групи. Барієві солі аніонів другої групи розчиняються у воді.

Для організму велике значення мають хлориди. Натрій і калій хлориди підтримують осмотичний тиск в клітинах. Хлориди визначають смакові якості води. Недостача йоду в організмі призводить до порушення діяльності щитовидної залози. Тривале вживання питної води з надлишком або нестачею йодидів може служити причиною ендокринних захворювань. Натрій, калій і кальцій хлориди широко застосовуються як ін’єкційні розчини. Калій і натрій броміди застосовуються у складі мікстур як заспокійливі засоби, хлорид калію – при порушенні серцевого ритму. Вільний йод застосовується у розчині як антисептичний засіб, а також при атеросклерозі і захворюваннях щитовидної залози.

**Характерні реакції аніонів Cl-**

1. Реактив AgNO3.

Розчин AgNO3 з аніонами Cl- утворює білий сирнистий осад AgCl, не розчинний в кислотах, але легко розчинний в надлишку NH3 з утворенням комплексної сполуки. При підкисленні розчину HNO3 знову випадає осад AgCl. Складіть рівняння реакції.

AgCl розчиняється також в амоній карбонаті, що відрізняє його від AgBr і AgJ:

AgCl + (NH4)2CO3 → [Ag(NH3)2]Cl + CO2 + H2O

Якщо в розчині присутні іони Cl-, Br-, J-, то розчин підкислюють нітратною кислотою і додають 5-6 крапель розчину AgNO3. Осад відокремлюють, промивають гарячою водою, потім додають до осаду 6-8 крапель 12 % розчину амоній карбонату. Осад відокремлюють, в фільтраті відкривають іони Cl- розчином KBr. Поява світло-жовтого осаду вказує на присутність аніона Cl- в досліджуваному розчині.

2. Реактив солі плюмбуму – Pb(NO3)2 або Pb(CH3COO)2.

Солі плюмбуму утворюють з аніонами Cl- білий осад, розчинний в гарячій воді. Складіть рівняння реакції. Що відбудеться при охолодженні розчину?

**Характерні реакції аніонів Br–**

Іони Br- утворюють нерозчинні у воді солі AgBr, PbBr2, Hg2Br2.

1. Реактив AgNO3.

Розчин AgNO3 з аніонами Br- утворює блідо-жовтий осад AgBr, частково розчинний в надлишку NH3 і нерозчинний в (NH4)2CO3 (на відміну від AgCl).

2. Реактив Н2SO4.

Концентрована сульфатна кислота окислює Br- до вільного брому, що помічаємо за бурим забарвленням розчину або виділенню сірчистого газу. Складіть рівняння реакцій.

3. Реактив хлорна вода.

З хлорною водою бромід-іони окислюються до вільного брому. Для цього в пробірку беруть 2-3 краплі розчину NaBr, підкислюють 2-3 краплями 2н H2SO4 і додають 2-3 краплі хлорної води, добре струшують. Розчин при цьому стає жовто-бурим. Якщо в пробірку прилити 0,5 мл бензолу і збовтати, то бром перейде в бензольний шар і забарвить його в жовтий колір. Напишіть рівняння вищевказаних реакцій.

**Характерні реакції аніонів J-**

1. Реактив AgNO3.

Розчин AgNO3 з аніонами J- утворює жовтий осад AgJ, нерозчинний в NH3 і нерозчинний в (NH4)2CO3 (на відміну від AgCl).

2. Реактив солі плюмбуму Pb(NO3)2.

Солі плюмбуму утворюють з аніонами J- жовтий осад, розчинний в гарячій воді, який при охолодженні кристалізується у вигляді золотих кристалів:

Pb(NO3)2 + 2KI = PbI2↓+ 2KNO3

Pb2++ 2I ‾  = PbI2↓

До 2 крапель розчину Pb(NO3)2 додають 2 краплі розчину KI. До отриманого розчину додають 0,5 мл води і 3-4 краплі розведеної CH3COOH, нагрівають 2 хвилини, а потім охолоджують під холодною водою, з’являються золоті краплинки (реакція «золотого дощу»).

3. Реактив хлорна вода.

Хлорна вода окиснює йодид-іони до вільного йоду. Ця реакція дозволяє виявити J- і Br- при їх сумісній присутності.

Змішують по 1-2 краплі KJ і KBr, розводять водою в 2-3 рази, розчин підкислюють H2SO4, приливають приблизно 0,5 мл бензолу і додають хлорну воду (0,5-1 мл); добре струшують вміст пробірки. Спочатку виділяється J2, який забарвлює бензол в рожево-фіолетовий колір. Якщо ще додати хлорної води (приблизно 1 мл), то це забарвлення зникає (J2 окислюється до HJO3- - йодноватої кислоти) і розчин набуває жовтого кольору, за рахунок виділення Br2. Складіть рівняння всіх вищевказаних реакцій.

**Характерні реакції аніонів S2-**

1. Реактив солі аргентуму або плюмбуму.

Солі аргентуму та плюмбуму з аніоном S2- утворюють осади Ag2S і PbS темно-коричневого кольору, нерозчинні в розбавлених кислотах.

2. Реактив натрій нітропрусид.

Натрій нітропрусид Na2[Fe(CN)5NO] в лужному середовищі з S2- утворює фіолетове забарвлення. До 3-4 крапель розчину Na2S додають 2-3 краплі натрій нітропрусиду і 2-3 краплі розчину NaOH. Напишіть рівняння реакцій.

***Тема:*** Якісні реакції аніонів ІІІ аналітичної групи: NО3-, NO2- і СН3СОО-. Аналіз суміші аніонів І-ІІІ аналітичної групи.

***Мета:*** Вивчити якісні реакції аніонів ІІІ аналітичної групи, експериментально дослідити умови виконання аналітичних реакцій, властивості отриманих сполук та провести аналіз суміші аніонів І-ІІІ аналітичних груп.

**ХАРАКТЕРИСТИКА** **АНІОНІВ ІІІ АНАЛІТИЧНОЇ ГРУПИ**

До ІІІ аналітичної групи аніонів відносяться аніони NО3-, NO2- і СН3СОО-. Солі барію та аргентуму розчиняються у воді, внаслідок чого ні AgNО3, ні ВаCl2 не осаджує аніони ІІІ групи. Групового реактиву у цієї групи немає.

Визначення нітритів і нітратів має велике значення для дослідження питної води. Наявність завищеної кількості нітритів і нітратів є показником забруднення і непридатності води для пиття.

Наявність великої кількості нітритів і нітратів в овочах і фруктах є небезпечним для живих організмів, воно не повинно перевищувати 40 мг/кг.

Органічні похідні нітратної кислоти, наприклад, нітрогліцерин, використовуються як серцево-судинні засоби. Натрій нітрит і деякі похідні нітритної кислоти застосовують при стенокардії. Деякі солі оцтової кислоти входять до складу різних лікарських препаратів.

**Характерні реакції аніонів NO2-**

1. Реактив калій йодид.

Нітрити KNO2 або NaNO2 в оцтовокислому або сірчанокислому розчині окислюють J- до J2:

2NO2- + 2J- + 4H+ → J2 + 2NO + 2H2O

До 4-5 крапель підкисленого сульфатною кислотою розчину нітриту додають стільки ж розчину калій йодиду. При додаванні крохмалю розчин синіє.

2. Реактив мінеральні кислоти.

Кислоти розкладають всі нітрити з виділенням оксидів азоту:

2NaNO2 + H2SO4 → Na2SO4 + NO + NO2 + H2O

**Характерні реакції аніонів NO3-**

1. Реактив дифеніламін (С6H5)2NH.

Дифеніламін (С6H5)2NH. В концентрованій H2SO4 з NO3- утворює інтенсивне синє забарвлення. До 4-5 крапель розчину дифеніламіну в концентрованій H2SO4 додають одну краплю досліджуваного розчину. Запишіть рівняння реакції.

1. Реактив ферум (ІІ) сульфат.

Ферум (ІІ) сульфат в присутності NO3- утворює комплексну сполуку бурого кольору [Fe(NO)]SO4.

На годинникове скло наносять краплю досліджуваного розчину (нітрату), кристалик FeSO4 і краплю конц. H2SO4. В присутності NO3- навкруги кристалика з’являється буре кільце:

6FeSO4 + 2NaNO3 + 4H2SO4 → Fe2(SO4)3 + Na2SO4 + 4H2O + 2NO

2NO + 2FeSO4 → 2[Fe(NO)]SO4

**Характерні реакції аніонів CH3COO-**

1. Реактив ферум (ІІІ) хлорид.

Ацетат-іон з розчином FeCl3 утворює розчин кров’яного червоного кольору, при нагріванні якого в результаті гідролізу випадає червоно-бурий осад Fe(OH)2(CH3COO).

Цій реакції заважають аніони CO32-.

1. Реактив концентрована сульфатна кислота.

Концентрована сульфатна кислота витісняє оцтову кислоту із її солей. До розчину натрій ацетату приливають декілька крапель конц. H2SO4 і нагрівають. Оцтову кислоту виявляють за запахом. Складіть рівняння реакцій.