**ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ № 6**

***Тема:*** Якісні реакції катіонів VI аналітичної групи: Сu2+, Ni2+, Со2+, Cd2+, Hg2+. Аналіз суміші катіонів VI аналітичної групи.

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

***Контрольні запитання***

1. Чому груповим реактивом на катіони VI групи є надлишок розчину NH3?
2. Чому катіони Cu2+ можна відкривати надлишком розчину NH3 в присутності всіх інших катіонів?
3. Які катіони заважають відкриттю іона Ni2+ розчином диметилгліоксиму? Як можна відкрити катіониNi2+ в присутності катіонів Fe2+?
4. Яким чином маскують іони Fe3+, які заважають відкриттю іонівCo2+?
5. Для чого використовують тіосечовину при відкритті іонів Cd2+ сірководневою водою?
6. Чому при дії 2н розчину NH3 на суміш катіонів VI групи в осад переходять тільки катіони Co2+ і Hg2+?
7. На чому базується різна здатність іонів Cd2+, Cu2+, Ni2+ до взаємодії з Na2S2O3?

**ХАРАКТЕРИСТИКА VI АНАЛІТИЧНОЇ ГРУПИ КАТІОНІВ**

До VI аналітичної групи катіонів відносяться катіони Cu2+, Hg2+, Со2+, Ni2+, Cd2+. Хлориди, сульфати і нітрати цих катіонів добре розчиняються у воді. Розчини солей Купруму (II) пофарбовані в блакитний колір, Кобальту(II) – в рожевий, а Нікелю (II) – в зелений.

**Груповим реагентом на катіони шостої групи є Амоній гідроксид (NH4ОН) у надлишку.**

Гідроксиди катіонів цієї групи є важко-розчинними слабкими електролітами. Гідроксиди Cu(ОН)2 та Hg(OH)2 нестійкі і розкладаються на відповідні оксиди і воду, Cu(ОН)2 при нагріванні, a Hg(OH)2 при звичайній температурі.

Солі катіонів VI аналітичної групи піддаються гідролізу у водних розчинах.

Для катіонів цієї групи **характерні реакції комплексоутворення**. Розчини аміаку осаджують Сu, Hg, Со, Ni, Cd у вигляді гідрооксидів та основних солей. При надлишку амоніаку вони розчиняються, утворюючи комплексні сполуки [Cu(NH3)4]2+, [Hg (NH3)4]2+, [Co(NH3)6]2+, [Ni(NH3)6]2+, [Cd(NH3)4]2+.

Купрум, Гідраргірум і Кобальт мають змінну ступінь окиснення, тому для них характерні окисно-відновні реакції. Деякі з цих реакцій використовуються для відкриття окремих іонів. Наприклад, іон Hg2+ відкривають відновленням його до Hg (I) і потім до вільної ртуті дією SnCl2.

Купрум належить до числа мікроелементів, дуже малі кількості яких необхідні для нормальної життєдіяльності живих організмів. Добрива, що містять Купрум, сприяють зростанню рослин на деяких малородючих ґрунтах, підвищують їх стійкість проти посухи і холоду. У людському організмі Купрум виявлений в складі еритроцитів. Він помітно впливає на підвищення стійкості організму до шкідливого впливу деяких факторів зовнішнього середовища.

***ЛАБОРАТОРНА РОБОТА***

**Характерні реакції катіонів Сu2+**

**Реактив Амоній гідроксид**.

Загально аналітична реакція з надлишком Амонію є характерною на катіони Cu2+ внаслідок утворення аміакату [Cu(NH3)4]2+ яскравого синього кольору. Аміакати Ni2+, Co2+, Cd2+, Hg2+, які утворюються, безбарвні або мають невиразне забарвлення і не заважають відкриттю катіонів Купруму.

Напишіть рівняння реакції в молекулярному вигляді:

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

***Дослід 1.*** У пробірку відбирають 3 -4 краплі досліджуваного розчину і добавляють краплями розчин амоніаку. У присутності іонів Сu2+ спочатку утворюється осад зеленого кольору (утворюється основна сіль Сu2(ОН)2SO4), який при дії надлишку аміаку розчиняється з утворенням [Сu(NН3)4]SO4.

**Реактив Калій гексаціаноферат (ІІ)**.

З калій гексаціанофератом (ІІ) K4[Fe(CN)]6 катіони Сu2+ утворюють червоно-бурий осад Сu2[Fe(CN)6], який не розчиняється в розбавлених кислотах, але розкладається в лужному середовищі з виділенням осаду Cu(OH)2, тому реакцію треба проводити в кислому або нейтральному середовищі.

Напишіть рівняння реакції в молекулярному вигляді:

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

***Дослід 2.*** У пробірці до 3-5 крапель солі Купруму(ІІ) добавляють стільки ж розчину реактиву. При перемішуванні спостерігають утворення червоно-бурого осаду.

**Реактив активні метали**.

Активні метали (алюміній, цинк, залізо) відновлюють катіони Cu2+ до вільної міді у вигляді пористої маси червоного кольору.

Напишіть рівняння реакції в молекулярному вигляді:

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

***Дослід 3***. На чисту, знежирену етиловим спиртом цинкову або алюмінієву пластину нанесіть підкислену сульфатною кислотою краплю розчину солі Купруму. Через деякий час на місті краплі з’явиться червона пляма вільної міді.

**Характерні реакції катіонів Ni2+**

**Реактив диметилгліоксим (реактив Чугаева).**

Диметилгліоксим в аміачному середовищі утворює з катіонами Ni2+ яскраво-рожевий осад комплексної солі:

***\_\_\_\_\_\_\_\_\_NiSO4 +*** ***2C4H8N2O2 + 2NH3 → Ni(C4H7N2O2)2↓+ (NH4)2SO4\_\_\_\_\_***

Осад Нікель диметилгліоксиму розчинний в сильних лугах і кислотах. Цій реакції заважають катіони Сu2+, які в аміачному середовищі утворюють яскраво-синій аміакат Купруму, який маскує колір Нікель диметилгліоксиму. Із катіонів інших груп заважають катіони Fe2+, які утворюють з диметилгліоксимом червоне забарвлення. У зв’язку з цим цю реакцію зручніше проводити крапельним методом.

***Дослід 4***. До 2-3 крапель досліджуваного розчину добавляють 3 краплі 1%-ного спиртового розчину диметилгліоксиму i розчин амоніаку до появи запаху. У присутності йонів Ніколу утворюється яскраво-червоний осад.

Реакцію можна виконати краплинним способом. Для цього на смужку фільтрувального паперу наносять краплю досліджуваного розчину, добавляють краплю Натрій флуориду (для зв’язування йонів Fe3+), 2-3 краплі спиртового розчину диметилгліоксиму i 1-2 краплі концентрованого розчину амоніаку. У присутності йонів Ніколу з’являється червоне забарвлення

**Характерні реакції катіонів Со2+**

**Реактив Калій або Амоній роданід (тіоціонат)**.

З надлишком роданід-іонів катіони Кобальту утворюють розчинний комплекс яскраво-синього кольору. Реакція зворотня, тому необхідний надлишок реактиву:

Напишіть рівняння реакції в молекулярному вигляді:

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

***\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_Co2+ + 4CNS— ↔[Co(CNS)4]2-\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_***

Амоній тетрароданокобальт(ІІ) (NH4)2 [Co(SCN)4] має красиве синьо – блакитне забарвлення; іон [Co(SCN)4 ]2- нестійкий і легко розпадається у водних розчинах. Але якщо до розчину додати аміловий спирт і розколотити, то це комплексне сполука переходить в суміш розчинників і забарвлює спиртовий шар в синій колір. При проведенні даної реакції необхідно мати на увазі, що для зменшення дисоціації іона [Co(SCN)4] слід ввести надлишок іонів SCN-

***[Co(CNS)4] 2- = Co2+ + 4CNS -.***

***Дослід 5***. У пробірку поміщають 3-4 краплі розчину солі Кобальту, додають 0,5 мл амілового спирту з ефіром і 3-5 крапель насиченого розчину NH4CNS або розчину КCNS. Вміст пробірки струшують і спостерігають колір органічного шару. Фарбування верхнього шару в яскраво-синій колір – ознака присутності катіона Co2+ .

Цій реакції заважають катіони Fe3+, які утворюють з іонами CNS-  сполуки інтенсивного червоного кольору, які маскують колір комплексної сполуки іонів Co2+. Тому, якщо в розчині присутні іони Fe3+, спочатку присипають порошок Натрій флуориду, з яким іони Fe3+ утворюють безбарвний стійкий комплекс, а потім додають амоній або калій роданід.

**Характерні реакції катіонів Cd2+**

**Реактив Гідроген сульфід або солі суфідної кислоти.**

Катіони Кадмію утворюють з сульфід-іонами жовтий осад CdS.

Напишіть рівняння реакції в молекулярному вигляді:

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Цій реакції заважають всі катіони VI групи, тому катіони Cd2+ повинні бути відокремлені від решти катіонів в ході аналізу. Для зв’язування решти іонів VI групи можна використати властивість катіонів Co2+ утворювати нестійкий безбарвний комплекс з тіосечовиною:

***\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_CdCl2 + 2SCN2H4 → [Cd(SCN2H4)2]Cl2\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_***

Цей комплекс легко розкладається при дії сульфідних іонів, випадає осад CdS. Комплекси інших катіонів стійкі і сірководнем не розкладаються.

***Дослід 6***.У пробірку наливають 3-4 краплі розчину солі Кадмію, додають 3-4 кристалики тіосечовини, перемішують, дають постояти 2-3 хвилини а потім додають 5-6 крапель Гідроген сульфіду (сірководневої води).

**Реактив** **Калій йодид КІ за участі надлишку амоніаку**

КІ за участі надлишку амоніаку з катіоном Cd2+ утворює малорозчинну комплексну сполуку білого кольору тетраамін кадмій йодид [Cd(NH3)4]I2:

***\_\_\_\_\_\_\_\_CdSO4 + 4 NH3 H2O + 2 KI = [Cd(NH3)4] I2 ↓+ K2SO4 + 4 H2O\_\_\_\_\_***

***Дослід 7***. До 2-3 крапель розчину CdSO4 добавляють 2 краплі розчину Амоній нітрату, декілька крапель розчину амоніаку (до повного розчинення утвореного осаду), 3-4 краплі 30% -ного розчину КІ. Через деякий час утворюється білий осад.

**Характерні реакції катіонів Hg2+**

**(Солі ртуті отруйні!)**

**Реактив Калій йодид**.

Катіони Hg2+ з невеликою кількістю Калій йодиду утворюють характерний червоний осад HgJ2, який розчинний в надлишку KJ з утворенням комплексної солі K2[HgI4]. Даній реакції заважають катіони Ag+, Pb2+, тому катіони Hg2+ можна відкривати після повного осадження катіонів ІІ і ІІІ груп.

Напишіть рівняння реакції утворення осаду та комплексної солі в молекулярному вигляді:

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

***Дослід 8***. Беруть 4-5 крапель розчину Гідраргірум нітрату (ІІ), додають 1 краплю розчину KJ, або опускають в розчин паличку, змочену розчином KJ. В останньому випадку навкруги палички утворюється яскраво-червона пляма HgJ2, яка швидко зникає.

Цю ж реакцію можна проводити на фільтрувальному папері: на смужку фільтрувального паперу нанесіть одну краплю розведеного розчину Калій йодиду. Потім візьміть капілярною піпеткою розчин солі Гідраргірум (ІІ), торкніться обережно центру плями і потримайте 5-6 сек. Утворюється червона пляма.

**Реактив Станум(ІІ) хлорид.**

При дії на розчин з катіонами Hg2+ (2-3 краплі) надлишком розчину Станум хлориду (3-4 краплі) утворюється спочатку білий осад Hg2Cl2, який потім чорніє внаслідок виділення вільної ртуті. Інші катіони VI групи не заважають цій реакції

Напишіть рівняння реакції утворення осаду та вільної ртуті в молекулярному вигляді:

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

**Систематичний хід аналізу катіонів VІ групи**

Блакитний колір розчину свідчить про присутність іонів Cu2+, світло-зелений – іонів Ni2+, рожевий – іонів Co2+, безбарвний – іонів Hg2+ і Cd2+.

В окремих порціях розчину, який аналізується, виконують попередні проби на наявність катіонів:

1. Cu2+– надлишком NH3,
2. Hg2+– Калій йодидом,
3. Ni2+– диметилгліоксимом в аміачному середовищі,
4. Cd2+– Гідроген сульфідом в присутності тіосечовини,
5. Co2+– реакцією з Na2S2O3 в спиртовому середовищі.

До розчину, який аналізується, додають 1,5-2-хкратний об’єм 2н розчину амоніаку і нагрівають 2-3 хвилини. Відокремлюють осад (І), в якому знаходяться солі Cо(OH)Cl, [HgNH2]Cl і розчин (І), який містить аміакати: [Cd(NH3)4]Cl2; [Cu(NH3)4]Cl2; [Ni(NH3)6]Cl2.

Осад (І) обробляють 5-6 краплями 2н розчину H2SO4, при цьому Cо(OH)Cl розчиняється, а [HgNH2]Cl залишається в осаді. У фільтраті відкривають Со2+ розчином NH4CNS. Осад розчиняють, додавши 5 крапель нітратної кислоти, приливають 6-8 крапель води і відкривають катіон Hg2+ реакцією з KJ.

Розчин (І) підкисляють 2н розчином H2SO4, додають декілька кристалів Na2S2O3 і нагрівають на киплячій бані 3 хвилини до повного осадження купрум сульфіду чорного або чорно-бурого кольору.

Осад (ІІ) відокремлюють від розчину (ІІ), в якому знаходяться іони і Ni2+ і розчиняють в гарячій 2н HNO3. Іон Cu2+ відкривають характерними реакціями.

Розчин (ІІ) ділять на дві частини. В першій відкривають катіон Cd2+ реакцією з сірководневою водою, а в другій – катіон Ni2+ реакцією з диметилгліоксимом.

***Висновок***

Реакції катіонів VI аналітичної групи

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ***Реактив*** | *Cu2+* | *Co2+* | *Ni2+* | *Cd2+* | *Hg2+* |
| NH3 без надлишку | (CuOH)2SO4 , блакитно-зелений | CoOHCl, синій | (NiOH)2SO4, світло – зелений | Cd(OH)2, білий | (HgNH2)Cl  білий |
| NH3, надлишок | Cu(NH3)42+, яскраво –синій | Co(NH3)62+, жовто – бyрий | Ni(NH3)62+, синій | Cd(NH3)42+, безбарвний | Hg(NH3)42+,  безбарвний |
| NaOH, KOH, | Cu(OH)2, блакитний | Co(OH)2, рожевий | Ni(OH)2, світло – зелений | Cd(OH)2, білий | HgO,  жовтий |
| K4[Fe(CN)6] | Cu2[Fe(CN)6] , червоно – бурий | Зелений осад змінного складу | Блідо-зелений осад змінного складу | Cd2[Fe(CN)6], білий | Hg2[Fe(CN)6] , жовтий |
| Реактив Чугаєва | Розчинна сполука бурого кольору |  | Ni(C4H7N2O2)2, яскраво – червоний |  |  |
| Окисники |  | Co(III) |  |  |  |
| Відновники | Сполуки Cu(I), або елементний Cu(0) |  |  |  | Сполуки Hg22+, осад Hg |

***ТЕСТОВІ ЗАВДАННЯ***

*1. Указати груповий реагент на катіони VI аналітичної групи:*

а) концентрований розчин натрій гідроксиду;

б) 2 н розчин хлоридної кислоти;

в) 25% розчин амоніаку;

г) 2 н розчин сульфатної кислоти;

д) групового реагенту немає.

*2. Указати розчин, який містить лише катіони VI аналітичної групи:*

а) Ca2+, Hg2+, Mg2+, Mn2+, Fe2+;

б) Hg22+, Cd2+, Pb2+, Ag+, Ni2+;

в) Zn2+, Fe2+, Cr3+, Ba2+, Al3+;

г) Sr2+, Mn2+, Bi3+, Sb3+, As5+;

д) Cu2+, Сd2+, Hg2+, Co2+, Ni2+.

*3. При додаванні до суміші катіонів VI аналітичної групи реактиву натрій гідроксиду утворюється осад зеленого кольору. Це свідчить про наявність катіонів:*

а) Cr3+;

б) Ni2+;

в) Co2+;

г) Mg2+;

д) Cu2+.

*4. При додаванні реактиву калій йодиду до розчину меркурій (ІІ) нітрату спостерігається випадіння осаду. Указати колір осаду:*

а) синьо-зелений;

б) жовто-оранжевий;

в) червоно-бурий;

г) синій;

д) оранжево-червоний.

*5. На розчин, що містить катіони Hg2+, подіяли невідомим реактивом. При цьому випав білий кристалічний осад, який потім почорнів. Указати реактив, який використовувався у цій реакції:*

а) Калій йодид;

б) Станум (ІІ) хлорид;

в) Амоній роданід;

г) Натрій тіосульфат;

д) Натрій гідроксид.

*6. У якісному аналізі при дії надлишку групового реагенту на катіони VI аналітичної групи (Cu2+, Cd2+, Hg2+, Co2+, Ni2+) утворюються:*

а) амоніачні комплекси;

б) аквакомплекси;

в) гідроксиди;

г) гідроксокомплекси;

д) основні солі.

*7. Указати аналітичний ефект при дії на розчин, який містить катіони Hg2+, реактиву Калій йодиду:*

а) забарвлення розчину у яскраво-червоний колір;

б) утворення білого осаду;

в) утворення брудно-зеленого осаду;

г) утворення чорного осаду;

д) утворення яскраво-червоного осаду.

*8. При відкритті катіонів VI аналітичної групи застосовують реактив з яким катіони Сd2+ утворюють безбарвний комплекс, що легко розкладається під дією сульфід-аніонів. Указати цей реактив:*

а) Натрій сульфід;

б) 2н сульфатна кислота;

в) 0,5н хлоридна кислота;

г) тіосечовина;

д) дитизон.

*9. Указати аналітичний ефект, який спостерігається при додаванні до солей кобальту (ІІ) кристалічного Натрій тіосульфату (у присутності гліцерину, у лужному середовищі):*

а) утворюються кристали блакитного кольору;

б) утворюється жовтий аморфний осад;

в) розчин знебарвлюється;

г) утворюється білий осад, який з часом розчиняється;

д) розчин набуває темно-зеленого забарвлення.

*10. У ході аналізу катіонів VI аналітичної групи при дії групового реагенту можна не тільки відокремити групу, але й ідентифікувати катіони:*

а) Cd2+;

б) Co2+;

в) Ni2+;

г) Hg2+;

д) Cu2+.