**ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ № 2**

***Тема:*** Якісні реакції катіонів ІІ аналітичної групи: Ag+, Hg22+, Pb2+. Аналіз суміші катіонів ІІ аналітичної групи.

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

***Контрольні запитання***

1. Які катіони відносяться до II аналітичної групи? Назвати групові реактиви.
2. Чому до суміші катіонів II групи спочатку приливають розчин HCl, а потім NH3?
3. За допомогою яких реакцій можна відкривати Ag+?
4. На чому базується відділення Pb2+ від Ag+, Hg22+?
5. Як відкрити Pb2+?
6. Чому при дії NH3 на суміш AgCl і Hg2Cl2 відбувається почорніння осаду? Що переходить при цьому в розчин?
7. За допомогою яких реакцій можна відкрити іон Hg22+?
8. Яку роль відіграє HNO3 при відкритті Ag+?
9. Який із катіонів II групи проявляє амфотерні властивості?

10. Хід аналізу: а) Pb2+ і Ag+ ;

б) Pb2+ і Hg22+;

в) Ag+ і Hg22+.

**ХАРАКТЕРИСТИКА ІІ АНАЛІТИЧНОЇ ГРУПИ КАТІОНІВ**

До ІІ аналітичної групи катіонів відносяться іони Pb2+,Hg22+, Ag+. Солі цих катіонів майже всі погано розчиняються у воді. Добре розчиняються тільки нітрати катіонів цієї групи, а також Аргентум і Плюмбум ацетат. Катіони Pb2+,Hg22+, Ag+ безбарвні.

Гідроксиди Аргентуму та Гідраргіруму (I) є нестійкими сполуками і в момент утворення розпадаються на відповідний оксид і воду. Рb(ОН)2 є важко розчинним слабким електролітом і має амфотерні властивості, тобто при дисоціації утворюють одночасно і іони гідрогену Н+, і гідроксид-іони ОН-:

Pb2+ + 2OH-↔ Pb(OH)2 + 2H2O ↔ 2H+ + [Рb (ОН)4]2-

При дисоціації Плюмбум гідроксиду (II) за типом кислоти утворюється комплексний іон [Рb(ОН)4]2-. Цим і пояснюється взаємодія амфотерних гідроксидів з кислотами і лугами. При додаванні до Плюмбум(II) гідроксиду кислоти зростає концентрація іонів гідрогену. Згідно з правилом Ле-Шательє, дисоціація Pb(OH)2 по типу кислоти пригнічується, а за типом основи посилюється. У результаті осад Pb(OH)2 розчиняється і утворюється сіль, в якій плюмбум є катіоном:

Pb(OH)2 + 2HNO3 = Pb(NO3)2 + 2Н2O

При додаванні лугу до Плюмбум(II) гідроксиду зростає концентрація іонів ОН-. Рівновага в системі знову порушується, але тепер переважає дисоціація Рb(ОН)2 по типу кислоти. Тоді реакція взаємодії з лугом проходить з утворенням комплексної солі:

Н2[Рb(ОН)4] + 2NaOH = Na2[Pb(ОН)4] + 2Н2O

або

Рb(ОН)2 + 2NaOH = Na2[Рb(ОН)4]

Солі катіонів ІІ групи піддаються гідролізу і їх розчини мають кислу реакцію. Іони Pb2+, Ag+ і Hg22+ здатні утворювати комплексні сполуки. Катіон Ag+ утворює комплексні іони з аміаком, CN-, SO32- та ін. Завдяки цій здатності можна переводити в розчин солі Аргентуму (AgCl, AgBr тощо) у вигляді розчинних комплексних солей, що широко застосовується в якісному аналізі.

**Груповим реактивом для ІІ аналітичної групи є розбавлена хлоридна кислота або її розчинні у воді солі**. При дії групового реактиву утворюються ***білі сирнисті осади*** PbCl2, AgCl, Hg2Cl2, причому іони Рb2+ повністю не осаджуються.

AgNO3+HCl → AgCl↓+HNO3

Аg + +Cl -→AgCl

Pb(NO3)2 +2HCl → PbCl2↓+2HNO3

Pb2+ + 2Cl - → PbCl2

Hg(NO3)2+2HCl → Hg2Cl2↓+2HNO3

Hg2 2+ +2Cl -→ Hg2Cl2

Розчини солей Гідраргіруму (I) містять угруповання – Нg – Нg – при дисоціації утворюють складні катіони [Нg2] 2+ в яких Гідраргірум має ступінь окислення Нg+ , так як два позитивних заряди припадають в цьому іоні на два атоми Гідраргіруму.

Всі розчинні сполуки Плюмбуму і Гідраргіруму отруйні. Сполуки катіонів ІІ групи знаходять широке застосування в медицині і фармації. Іони Аргентуму в дуже низькій концентрації стерилізують воду і пригнічують розвиток бактерій.

***ЛАБОРАТОРНА РОБОТА***

**Характерні реакції катіонів Ag+**

**Реактив НCl, KCl.**

З аніонами Cl¯ катіони Ag+ утворюють відповідно білий аморфний осад аргентум хлориду AgCl, який добре розчинний під дією амоніаку з утворенням комплексної солі [Ag(NH3)2]Cl.

Напишіть рівняння реакції в молекулярному та скороченому іонному вигляді:

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

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

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

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

***Дослід 1***. До 2 крапель розчину AgNO3 додають 2 краплі розведеної НСl. До розчину з осадом додають 5 крапель концентрованого розчину аміаку і збовтують до розчинення, потім ще додають 6 крапель концентрованої нітратної кислоти

**Реактив KJ та КВr.**

З аніонами J¯ катіони Ag+ утворюють жовтий аморфний осад Аргентум йодиду AgJ.

Катіони Ag+ з аніонами Вr - блідо-жовтий осад Аргентум броміду АgВr.

***Дослід 2***. В окремих пробірках до 2 крапель розчину AgNO3 додають 2 краплі Калій йодиду та 2 крапля Калій броміду.

Напишіть рівняння реакції в молекулярному та скороченому іонному вигляді:

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

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

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

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

**Реактив K2CrO4 – калій хромат.**

Хромат іони CrO42- утворюють з катіонами Ag+ осад цегляного кольору Ag2CrO4, розчинний в HNO3  та NH3. . В аміачному сильно кислому середовищі осад не утворюється, тому реакцію можна проводити в нейтральному або слабо лужному середовищі.

***Дослід 3***. Беруть в пробірку 2-3 краплі розчину AgNO3 і добавляють 3-4 краплі дистильованої води і 1-2 краплі розчину K2CrO4.

Напишіть рівняння реакції в молекулярному та скороченому іонному вигляді:

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

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

**Характерні реакції катіонів Hg22+**

**Реактив NaOН.**

Гідроксиди утворюють з катіоном [Нg2] 2+ чорний осад Гідраргірум(І) оксиду.

Напишіть рівняння реакції в молекулярному та скороченому іонному вигляді:

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

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

**Реактив NH3.**

При дії на Гідраргірум хлорид утворюється чорний осад, за рахунок виділення металічної ртуті:

Hg

Hg2Cl2 + NH3 →[Hg2NH2 Cl] [HgNH2]Cl

**Реактив КІ.**

З розчином КІ катіони Hg22+ утворюють осад брудно-зеленого кольору, який у надлишку йодид-іонів дисмутує з утворенням металічної ртуті.

Напишіть рівняння реакцій в молекулярному вигляді:

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

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

**Реактив К2CrO4** .

Іони CrO4 2‾, при нагріванні, утворюють з Hg22+ осад червоно-бурого кольору. Осад нерозчинний в лугах і розведеній CH3COOH, а розчинний в концентрованій HNO3.

Напишіть рівняння реакції в молекулярному та скороченому іонному вигляді:

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

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

**Характерні реакції катіонів Pb2+**

**Реактив КІ.**

З аніонами І‾ утворюють яскраво-жовтий осад PbI2, який розчиняється в надлишку калій йодиду з утворенням комплексної солі К2[РbІ4].

Плюмбум йодид розчиняється у гарячій воді. Після охолодження він знову випадає в осад у вигляді золотистих кристалів. Цією реакцією виявляють йон Рb2+ у присутності катіонів усіх аналітичних груп.

Напишіть рівняння реакції в молекулярному та скороченому іонному вигляді:

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

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

***Дослід 4***. 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»***).

**Реактив H2SO4**.

Іони SO42+ осаджують катіони Pb2+ у вигляді білого кристалічного осаду. Напишіть рівняння реакції в молекулярному та скороченому іонному вигляді:

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

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

Осад розчиняється при нагріванні в лугах:

PbSO4 + 4KOH = K2[Pb(OH)4] + K2SO4

У гарячих концентрованих розчинах Амоній ацетату РbSO4 розчиняється з утворенням комплексної сполуки амоній тетраацетоплюмбат (ІІ):

РbSO4+ 4СН3СООNH4 → (NН4)2[Рb(СН3СОО)4] + (NH4)2SO4

**Реактив К2CrO4**.

З аніонами CrO42− катіони Pb2+ утворюють осад жовтого кольору PbCrO4, який не розчиняється в оцтовій кислоті, але розчиняється в лугах та нітратній кислоті.

Напишіть рівняння реакції в молекулярному та скороченому іонному вигляді:

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

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

***Дослід 5***. У пробірці до 3-4 крапель розчину Рb(NO3)2 добавляють 3 краплі розчину Калій хромату. Утворюється осад жовтого кольору Плюмбум(ІІ) хромату.

**Хід аналізу катіонів ІІ групи.**

До досліджуваного розчину (2-3 мл) додають рівний об’єм спирту або ацетону для зниження розчинності PbCl2 та 2 н розчин хлоридної кислоти. Осад хлоридів, який утворився, відфільтровують. У фільтраті роблять пробу на повноту осадження катіонів ІІ групи, додаючи до нього ще 1-2 краплі хлоридної кислоти. Відсутність помутніння в пробі означає, що катіони ІІ групи осаджені повністю.

Осад хлоридів, не знімаючи з фільтра, промивають невеликими порціями (1-2 мл) гарячої води. Плюмбум хлорид при цьому розчиняється і переходить в промивні води, де його відкривають реакцією з КІ. Якщо катіони Pb2+ відкриті, то осад промивають водою до повного усунення із нього PbCl2.

Після цього осад, який залишився на фільтрі, обробляють невеликою кількістю (1-2 мл) розчину NH3. Почорніння осаду при цьому є ознакою наявності в ньому катіонів гідраргіруму Hg22+. В одержаному аміачному розчині відкривають катіони Ag+. Для цього розчин підкислюють розведеною нітратною кислотою для руйнування аміачного комплексу [Ag(NH3)2]Cl, якщо він є в розчині. Помутніння розчину при підкисленні означає випадання осаду AgCl, тобто наявність в розчині катіонів Ag+.

***ТЕСТОВІ ЗАВДАННЯ***

1. З катіонів ІІ аналітичної групи амфотерні властивості проявляє:

а) Ag+;

б) Hg22+;

в) Hg2+;

г) Pb2+;

д) Cd2+.

2. Указати аналітичний ефект при взаємодії катіонів Ag+ з реактивом калій хроматом:

а) випадає осад цегляно-червоного кольору;

б) випадає осад зеленого кольору;

в) розчин знебарвлюється;

г) випадає білий сирнистий осад;

д) розчин набуває синього забарвлення.

3. Указати аналітичний ефект при взаємодії катіонів Hg22+ з реактивом калій йодидом:

а) випадає осад жовтого кольору;

б) розчин набуває жовтого забарвлення;

в) випадає червоно-бурий осад;

г) випадає осад зеленого кольору;

д) утворюється чорний осад металевого меркурію.

4. У ході систематичного аналізу до розчину, який містить катіони ІІ аналітичної групи, для зниження розчинності катіонів Pb2+ додають:

а) спирт;

б) хлоридну кислоту;

в) оцтову кислоту;

г) воду;

д) амоніак.

5. Указати, який розчин містить лише катіони ІІ аналітичної групи:

а) Hg22+, NH4+, Ві3+;

б) Ag+, Hg22+, Pb2+;

в) Ba2+, Pb2+, Ni2+;

г) Cu2+, Hg2+, NH4+;

д) Fe2+, Co2+, Ca2+.

6. При проведенні аналізу суміші катіонів необхідно відокремити катіони ІІ аналітичної групи. Указати реактив, за допомогою якого здійснюють цю операцію:

а) 2 M HCl;

б) 2 M HNO3;

в) 6 M H2SO4;

г) 3 M NaOH;

д) 0,1 M H2SO4.

7. При визначенні одного з катіонів ІІ аналітичної групи використовують реакцію «золотого дощу». Продуктом цієї реакції є осад:

а) PbCl2;

б) PbJ2;

в) AgJ;

г) HgJ2;

д) Hg2J2.

8. При дії надлишку лугу на розчин, який містить катіони Pb2+, утворюється:

а) білий аморфний осад плюмбум (ІІ) гідроксиду;

б) жовтий кристалічний осад плюмбум (ІІ) гідроксиду;

в) чорний кристалічний осад плюмбум (ІІ) гідроксиду;

г) білий кристалічний осад плюмбум (ІІ) гідроксиду, який потім розчиняється;

д) жовтий осад плюмбум (ІІ) оксиду.

9. До ІІ аналітичної групи катіонів відносять Ag+, Hg22+, Pb2+. Указати груповий реагент:

а) 25% розчин NH3;

б) 2 н розчин HCl;

в) 1 н розчин HNO3;

г) 2 н розчин H2SO4;

д) 4 н розчин NaOH.

10. Указати на чому засновано відділення осаду плюмбум (ІІ) хлориду від інших хлоридів катіонів ІІ аналітичної групи:

а) розчинність у гарячій воді;

б) розчинність у хлоридній кислоті;

в) розчинність у лугах;

г) розчинність у сульфатній кислоті;

д) розчинність у розчині амоніаку.