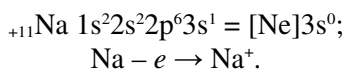


## Тема: Перша аналітична група катіонів

### Загальна характеристика групи

За кислотно-основною класифікацією всі катіони поділяють на шість груп. До першої аналітичної групи належать катіони  $s^1$  – елементів:  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Li}^+$ , а також катіон амонію  $\text{NH}_4^+$ . У всіх відомих аналітичних класифікаціях ці катіони належать до першої аналітичної групи як такої, що не має групового реактиву.

У періодичній системі елементів відповідні хімічні елементи розміщені в ІА групі. При утворенні катіонів вони віддають по одному електрону, утворюючи електронну структуру інертного газу, наприклад:



Віддаючи електрони, атоми  $s^1$  – елементів виявляють сильні відновні властивості. Вони утворюють переважно йонні сполуки, які добре розчиняються у воді. Катіони першої аналітичної групи характеризуються низькими значеннями електронегативностей і малими йонними радіусами.

Для йонів  $\text{Na}^+$  і  $\text{K}^+$  практично не характерні реакції комплексоутворення. У водних розчинах води утворюють нестійкі аквакомплекси типу  $[\text{Na}(\text{H}_2\text{O})_n]^+$ ,  $[\text{K}(\text{H}_2\text{O})_n]^+$ , де  $n$  – координаційне число, яке дорівнює 4, 6 для  $\text{Na}^+$  і 6, 8 – для  $\text{K}^+$ . Дещо більше значення координаційного числа йона  $\text{K}^+$  пов'язане з більшим значенням його йонного радіуса: радіус йона  $\text{Na}^+$  дорівнює 0,98 нм, а  $\text{K}^+$  - 1,33 нм..

## І група катіонів

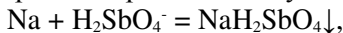
**Прилади та реактиви:** пробірки, скляні палочки, фарфорові чашки (або тиглі), лакмусовий папір, лійки, фільтри, електроплитки, водяні бані.

**Розчини:** калію хлорид (0,5 н), натрію гексанітрокобальтат (III), натрію гідрогентартрат (1 н), розчин Неслера, амонію хлорид (0,5 н), калію гідроксид (2 н), натрію хлорид (0,5 н), калію гексагідроксостибіат (V), калій дигідрогенстибіат (V), цинк ураніл ацетат у розчині ацетатної кислоти.

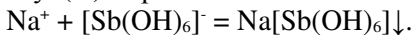
## Якісні реакції катіонів $\text{Na}^+$ , $\text{K}^+$ , $\text{NH}_4^+$

### Реакції катіонів Натрію $\text{Na}^+$

**1. Реакція з калій дигідрогенстибіатом  $\text{KH}_2\text{SbO}_4$  або калій гексагідроксостибіатом (V)  $\text{K}[\text{Sb}(\text{OH})_6]$ .** Калій дигідрогенстибіатом  $\text{KH}_2\text{SbO}_4$  у нейтральному середовищі утворює з йонами Натрію білий кристалічний осад натрій дигідрогенстибіату

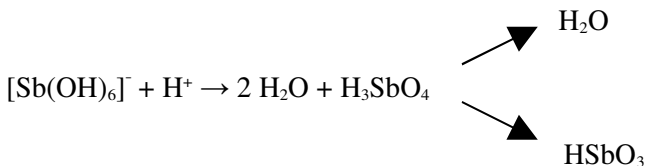


а з гексагідроксостибіатом (V) – такий самий осад натрій гексагідроксостибіату (V) за рівнянням:



*Виконання.* У пробірку вносять 4 – 5 крапель розчину солі Натрію і такий самий об'єм реактиву. Реакцію виконують при охолодженні потиранні стінок пробірки скляною паличкою. Досліджуваний розчин не повинен містити вільних кислот, оскільки вони взаємодіють з цим реактивом, а також солей амонію.

Цю реакцію проводять в нейтральному середовищі, так як в кислому середовищі реактив розкладається з виділенням білого аморфного осаду метасурмяної кислоти  $\text{HSbO}_3$ , що заважає даній реакції:

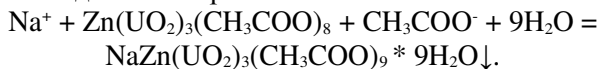


Реакція малочутлива, тому її проводять з надлишком реактиву, при охолодженні та перемішуванні.

В лужному середовищі осад розчиняється:



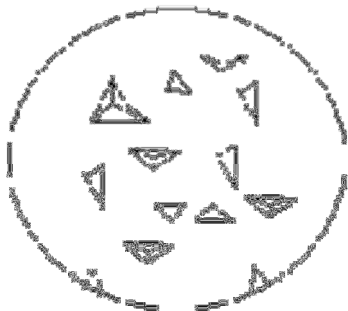
**2. Реакція з цинк уранілацетатом.** Цинк ураніл ацетат у розчині ацетатної кислоти утворює з йонами Натрію жовтий кристалічний осад за таким рівнянням:



Реакція є специфічною і досить чутливою (2,5 мкг).

*В и к о н а н н я.* На предметне скло наносять кілька крапель солі Натрію, випарюють до сухого залишку і додають утворені кристали під мікроскопом. Вони мають вигляд жовто-зелених тетраедрів і октаедрів (дивись малюнок).

Для виконання реакції напівмікрметодом беруть 4 – 5 крапель розчину солі Натрію, додають до нього 5 – 6 крапель розчину реактиву і потирають стінки пробірки скляною паличкою. Випадання кристалічного зеленувато - жовтого осаду свідчить про наявність йонів Натрію.



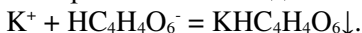
**Забарвлення полум'я.** Солі Натрію забарвлюють полум'я газового пальника у жовтий колір.

*Виконання.* Дослід виконують, вносячи крупинки солі на металевій дротинці в полум'я пальника або беручи на кінчик платинової дротинки краплю розчину солі Натрію, і вносячи її у безбарвне полум'я газового пальника, спостерігають жовте забарвлення, яке має зберігатися впродовж 25 – 30 с.

### **Реакції катіонів Калію $K^+$**

#### **1. Реакція з натрій гідрогентартратом $NaHC_4H_4O_6$ .**

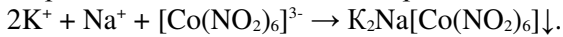
Натрій гідрогентартрат  $NaHC_4H_4O_6$  утворює з йонами Калію білий кристалічний осад калій гідрогентартрату:



*Виконання.* У пробірку вносять 4 – 5 крапель розчину солі Калію і стільки ж розчину реактиву. Розчин охолоджують і потирають об внутрішні стінки пробірки скляною паличкою для прискорення утворення осаду. Середовище має бути нейтральним або слабко кислотним. Чутливість реакції – 50 мкг, граничне розбавлення – 1 : 1000. Катіони  $NH_4^+$  перешкоджають визначенню, тому їх усувають шляхом прожарювання проби.

Цю реакцію необхідно проводити тільки в нейтральному середовищі, так як осад розчиняється в кислотах і лугах. Реакція малочутлива, її слід проводити при надлишку реактиву, охолодженні, перемішуванні розчину. Цій реакції заважають катіони  $NH_4^+$ , так як утворюють осад  $NH_4HC_4H_4O_6$ .

**2. Реакція з натрій кобальтинітридом.** Комплексна сполука  $\text{Na}_3[\text{Co}(\text{NO}_2)_6]$ , яку називають натрій гексанітрокобальтатом (III), або кобальти нітридом, у нейтральному середовищі утворює з йонами Калію жовтий кристалічний осад калій – натрій кобальтинітриду:



Ця реакція характеризується більшою чутливістю, ніж попередня.

*Виконання.* Реакцію можна виконати в пробірці або на крапельній пластинці, додаючи до 3 – 4 крапель солі Калію кілька крапель реактиву. Якщо осад не випадає відразу, потрібно дати суміші трохи постояти.

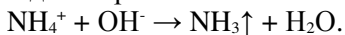
Цю реакцію проводять в слабо кислому або нейтральному середовищі, так як луги розкладають реактив з виділенням бурого осаду  $\text{Co}(\text{OH})_3$ , а мінеральні кислоти розчиняють осад комплексної солі. Цій реакції заважають катіони  $\text{NH}_4^+$ , які утворюють з гексанітрокобальтатом ( III ) натрію осад білого кольору  $(\text{NH}_4)_2\text{Na}[\text{Co}(\text{NO}_2)_6]$ .

**3. Забарвлення полум'я.** Солі Калію при внесенні в полум'я газового пальника забарвлюють його у фіолетовий колір.

*Виконання.* На кінчику платинової дротинки вносять краплю солі Калію в полум'я газового пальника і спостерігають за забарвленням полум'я. Навіть сліди сполук Натрію маскують фіолетове забарвлення йонів Калію. Тому його забарвлення потрібно спостерігати крізь синє скло, яке затримує жовті промені Натрію.

### Реакції катіонів амонію $\text{NH}_4^+$

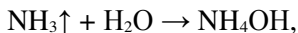
**1. Реакція з гідроксидами лужних металів.** Сильні основи  $\text{NaOH}$ ,  $\text{KOH}$  виділяють із розчинів солей амонію газуватий амоніак, який можна виявити за характерним запахом або за допомогою кислотно – основних індикаторів:



Реакція з лугами дуже чутлива (0,01 мкг) і дає змогу виявити йони амонію за наявності всіх інших катіонів.

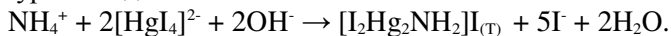
*Виконання.* У пробірку вносять кілька крапель розчину солі амонію і додають 3 – 4 краплі 2М розчину лугу. До отвору пробірки підносять змочений водою червоний лакмусовий папірець і нагрівають пробірку. Спостерігають посиніння лакмусового папірця,

оскільки амоніак, що виділяється, сполучаючись з водою, утворює амоній гідроксид:

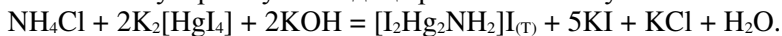


Який забарвлює лакмусовий папірець у синій колір.

**2. Дія реактиву Несслера.** Реактив Несслера – це суміш комплексної солі Меркурію  $\text{K}_2[\text{HgI}_4]$  з  $\text{KOH}$ . Вона утворює з солями амонію бурий осад:

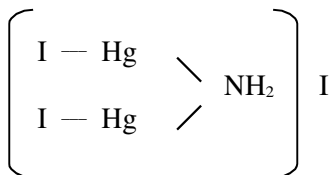


У молекулярному вигляді це рівняння записують так:



Структуру утвореної комплексної сполуки можна зобразити

так:



Реакція характеризується високою чутливістю (0,25 мкг), тому її використовують для перевірки повноти виділення амоніаку з реакційної суміші.

*Виконання.* До 1 – 2 крапель розчину амонійної солі додають 4 – 5 крапель реактиву Несслера і спостерігають утворення бурого осаду. За незначного вмісту солей амонію в пробі (слідові кількості) з'являється жовте забарвлення.

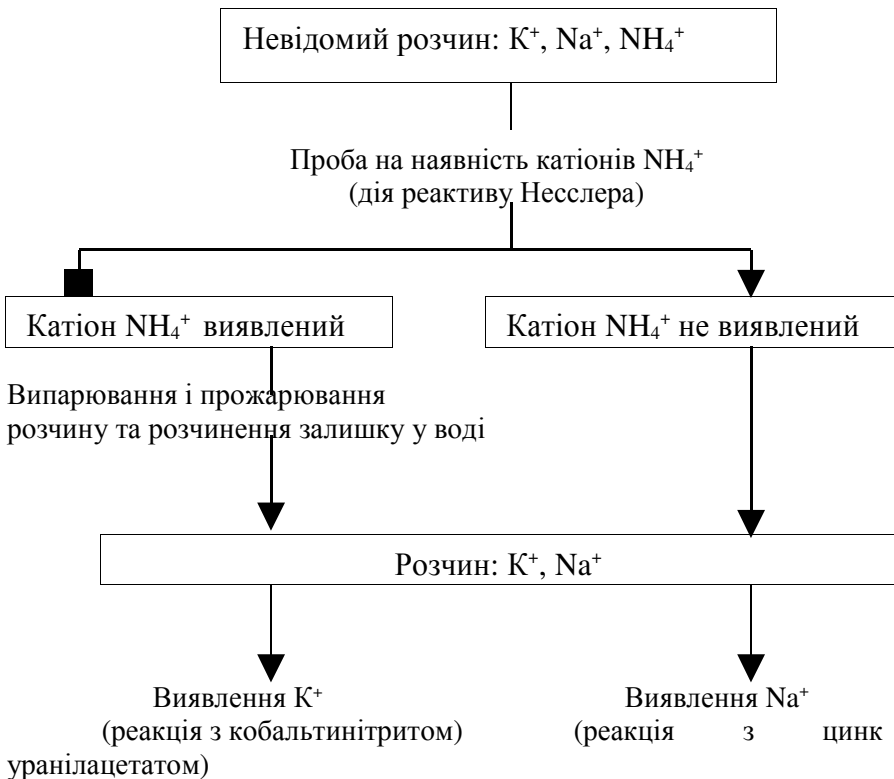
Катіони  $\text{K}^+$  і  $\text{Na}^+$  не мішають відкриттю  $\text{NH}_4^+$  цією реакцією. В присутності катіонів лужних груп відкривати  $\text{NH}_4^+$  цим реактивом не можна, так як всі вони утворюють з лугом, який знаходиться в ньому, осади гідроксидів.

Слід осадити лугом погано розчинні гідроксиди, відкинути осад, а потім відкривати катіони  $\text{NH}_4^+$  реактивом Несслера.

## Систематичний аналіз суміші катіонів першої аналітичної групи

Систематичний аналіз катіонів ґрунтується на застосуванні однієї з аналітичних класифікацій, у даному випадку кислотно-лужної. Ми розглянемо систематичний хід аналізу катіонів першої аналітичної групи, який використовують у тих випадках, коли вони містяться в складних сумішах або за наявності йонів амонію, які перешкоджають виявленню катіонів  $K^+$  і  $Na^+$ . Хід аналізу наведено на схемі:

### Схема систематичного аналізу суміші катіонів першої аналітичної групи



### **1. Проба на наявність катіонів $\text{NH}_4^+$**

Пробу на наявність солей амонію в досліджуваному розчині виконують тому, що йони амонію перешкоджають виявленню йонів  $\text{K}^+$  і  $\text{Na}^+$ . Для їх виявлення відбирають кілька крапель досліджуваного розчину і додають 3 – 4 краплі реактиву Неслера. Поява бурого осаду свідчить про наявність у розчині цих солей.

Цю пробу виконують і іншим способом. У пробірку вносять 3 – 4 краплі досліджуваного розчину, додають 4 – 5 крапель 2*M* розчину лугу і нагрівають на слабкому полум'ї газового пальника до кипіння. Виділення амоніаку свідчить про наявність солей амонію. Амоніак можна виявити за запахом або за посинінням вологого лакмусового папірця.

У разі, коли катіони амонію не виявлені реакціями, описаними у п. 1, виконують якісні реакції виявлення йонів  $\text{Na}^+$  і  $\text{K}^+$ .

### **2. Видалення йонів амонію**

Якщо солі амонію в розчині виявлені, їх потрібно видалити. Для цього весь досліджуваний розчин переливають у фарфорову чашку, обережно випарюють до сухого вигляду і прожарюють на піщаній бані до повного видалення солей амонію. Для перевірки повноти видалення цих солей беруть кілька кристалів сухого залишку, переносять у пробірку, додають кілька крапель води і 1 – 2 краплі реактиву Неслера. Якщо спостерігається утворення бурого осаду, це свідчить про те, що солі амонію повністю не видалені. У такому разі розчин прожарюють далі. Після завершення процесу видалення солей амонію залишок охолоджують і розчиняють у дистильованій воді.

### **3. Виявлення катіонів Натрію і Калію**

В окремих порціях розчину виконують якісні реакції на наявність йонів Натрію реакцією з цинк ураніл ацетатом і пробу на наявність катіонів  $\text{K}^+$  реакцією з кобальтинітридом.

Результати контрольного аналізу і рівняння реакцій, які в процесі аналізу виявилися позитивними, записують у протокол і роблять висновок про наявність у досліджуваному розчині тих чи інших катіонів першої аналітичної групи.



### Контрольні запитання та завдання

1. Що таке *s*-елементи? Де вони розміщені в періодичній системі хімічних елементів?
2. Катіони яких *s*-елементів належать до першої аналітичної групи і чому до неї входить катіон амонію?
3. Як відокремити катіони амонію від інших катіонів першої аналітичної групи?
4. Яким чином перевіряють повноту видалення солей амонію з досліджуваного розчину?
5. Складіть рівняння реакції термічного розкладення таких солей амонію: фосфату, гідроген карбонату, нітрату і броміду.
6. Напишіть формули малорозчинних солей Калію і Натрію. Які з них використовують для виявлення цих йонів у розчині?
7. Який реактив використовують для виявлення йонів  $K^+$  мікрометодом? У чому суть цього методу?
8. Яка дробна реакція на йони Натрію є найчутливішою? Напишіть рівняння цієї реакції.
9. У який колір забарвлюють полум'я солі Натрію і Калію? Поясніть причину цього явища.
10. Які катіони I групи і якими реактивами можна виявити без розділення ?
11. Які катіони заважають відкриттю йонів  $K^+$  та  $Na^+$  ?
12. Чому відкриття катіону  $K^+$  гідрогентартратом натрію необхідно проводити в нейтральному середовищі ? Напишіть рівняння реакції.
13. Чому реакція катіону  $Na^+$  з гексагідроксистибіатом (V) калію повинна проводитись в нейтральному середовищі ?
14. Як можна виявити при сумісній присутності  $K^+$  і  $NH_4^+$ ;  $K^+$  і  $Na^+$ ;  $Na^+$  і  $NH_4^+$ ?