

# КАЧЕСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ

## 1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ

**Задачей** качественного анализа является установление состава вещества, то есть выяснение из каких атомов, молекул, ионов и т.д. состоит вещество.

**Методы качественного анализа:**

химические, физико-химические и физические .

**Химические методы** основаны на использовании аналитических реакций, проводимых с анализируемым веществом с помощью реактивов. *Аналитическая реакция должна сопровождаться такими изменениями в системе, которые можно зафиксировать визуально (химические методы) или с помощью того или иного прибора (ф.-хим.методы).* Качественный анализ может быть осуществлен и без помощи аналитической реакции, а путем проведения определенных физических операций. Соответствующие методы относятся к **физическим**. Так как при проведении анализа физико-химическими и физическими методами применяют специальные приборы, эти методы часто называют *инструментальными*.

### **Макро-, полумикро-, микрометоды анализа**

В зависимости от массы анализируемого вещества и объема растворов методы анализа делят на макро-, полумикро-, микрометоды. Соответственно различают и технику выполнения отдельных операций.

Наиболее широкое применение в качестве анализа получил полумикрометод с элементами микроанализа.

### **«Сухой» метод анализа**

При выполнении анализа «сухим» методом исследуемые вещества и реактивы находятся в твердом состоянии. К ним относят метод окрашивания пламени, метод окрашивания «перлов» буры, соды и других соединений. К «сухим» методам анализа относят и метод растирания порошков.

**Метод окрашивания пламени** основан на способности некоторых элементов и их соединений (щелочные, щелочноземельные металлы, медь, бор и др.) окрашивать пламя в определенный цвет. Например:

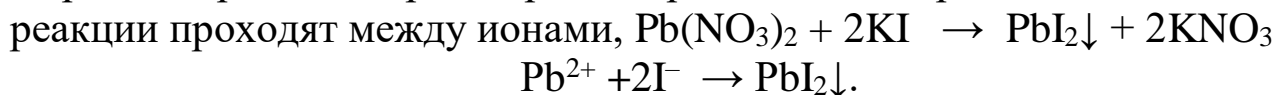
**натрий** – желтый, **калий** – фиолетовый,  
**кальций** – кирпично-красный, **стронций** – карминово-красный,  
**барий** – желтовато-зеленый, **медь** – ярко-зеленый.

Пробу на присутствие иона проводят с помощью тщательно очищенной платиновой или нихромовой проволоочки, один конец которой вплавлен в стеклянную трубку небольшого диаметра, а другой согнут в маленькую петлю (ушко). Ушко раскаленной проволоочки вводят в анализируемое вещество, а затем вносят в наиболее горячую часть газовой горелки.

**Метод растирания порошков.** *KNCS с солями  $Fe^{3+}$  - красно-бурое окрашивание*, а с солями  $Co^{2+}$  – синее. Растирание проводят в фарфоровой ступке.

## «Мокрый» метод анализа

Большинство аналитических реакций выполняют «мокрым» методом, т. е. проводят реакции с растворами. При анализе неорганических веществ



### 2. АНАЛИТИЧЕСКАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ КАТИОНОВ

В качественном химическом анализе преимущественно имеют дело с водными растворами электролитов, поэтому аналитическими реакциями открывают образующиеся при диссоциации катионы и анионы.

С помощью групповых реактивов из общей смеси катионов можно выделить отдельные группы катионов со сходными аналитическими свойствами – *аналитические группы*.

**Групповые реактивы** – реактивы, способные отделить одну группу катионов от других групп.

**Кислотно-основная классификация** основана на различной растворимости гидроксидов, хлоридов, сульфатов. Групповыми реактивами этого метода являются растворы кислот и оснований.

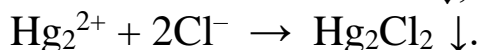
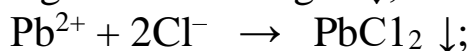
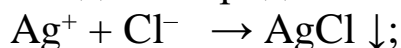
#### Кислотно-основная классификация катионов

№ группы	Катионы	Название группы	Групповой реагент	Характеристика группы
I	$\text{Ag}^+$ , $\text{Pb}^{2+}$ , $[\text{Hg}_2^{2+}]$	Хлоридная	2М HCl	Образование малорастворимых хлоридов
II	$\text{Ba}^{2+}$ , $\text{Sr}^{2+}$ , $\text{Ca}^{2+}$	Сульфатная	2М $\text{H}_2\text{SO}_4$	Образование малорастворимых в воде и кислотах сульфатов
III	$\text{Al}^{3+}$ , $\text{Cr}^{3+}$ , $\text{Zn}^{2+}$ , $\text{Sn}^{2+}$ , $\text{Sn}^{4+}$ , $\text{As}^{3+}$ , $\text{As}^{5+}$	Амфолитная	2М NaOH	Образование растворимых солей типа $\text{NaAlO}_2$ , $\text{Na}_2\text{ZnO}_2$ , $\text{NaCrO}_2$ , $\text{Na}_2\text{SnO}_2$
IV	$\text{Fe}^{2+}$ , $\text{Fe}^{3+}$ , $\text{Mn}^{2+}$ , $\text{Mg}^{2+}$ , $\text{Bi}^{3+}$ , $\text{Sb}^{3+}$ , $\text{Sb}^{5+}$	Гидроксидная	2М NaOH	Образование малорастворимых гидроокисей
V	$\text{Cu}^{2+}$ , $\text{Cd}^{2+}$ , $\text{Co}^{2+}$ , $\text{Ni}^{2+}$ , $\text{Hg}^{2+}$	Аммиакатная	2М $\text{NH}_4\text{OH}$ (избыток)	Образование растворимых комплексов аммиакатов
VI	$\text{K}^+$ , $\text{Na}^+$ , $\text{NH}_4^+$	Растворимая	Нет группового реагента	Хлориды, сульфаты, гидроксиды растворимы в воде

### 3. I АНАЛИТИЧЕСКОЙ ГРУППЫ

#### Действие группового реактива на катионы I группы

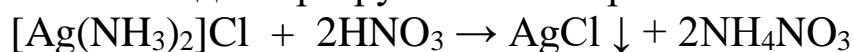
Групповой реактив – 2М раствор HCl – дает с катионами Ag<sup>+</sup>, Pb<sup>2+</sup>, Hg<sub>2</sub><sup>2+</sup> осадки хлоридов белого цвета:



**1. Осадок AgCl** растворяется в растворе аммиака. Эту реакцию используют для отделения AgCl от Hg<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>:



При подкислении образовавшегося амминокомплекса азотной кислотой последний разрушается с образованием осадка AgCl:



**2. Осадок PbCl<sub>2</sub>** растворяется в горячей воде. Это свойство осадка используют для его отделения от AgCl и Hg<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>.

#### Частные аналитические реакции ионов Ag<sup>+</sup>

- Растворы бромидов и иодидов (ионы Br<sup>-</sup> и I<sup>-</sup>)

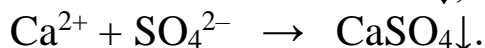
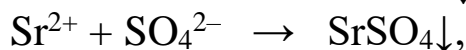
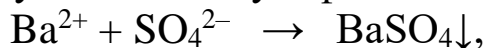
#### Частные аналитические реакции ионов Pb<sup>2+</sup>

- Хромат калия K<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub> с ионами Pb<sup>2+</sup> образуют желтый осадок PbCrO<sub>4</sub>  
Иодид калия KI дает с ионами Pb<sup>2+</sup> желтый осадок

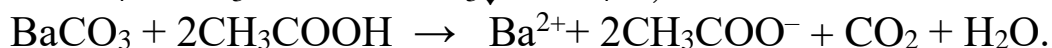
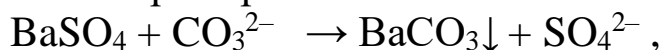
### 4. КАЧЕСТВЕННЫЕ РЕАКЦИИ КАТИОНОВ II АНАЛИТИЧЕСКОЙ ГРУППЫ

#### Действие группового реактива на катионы II группы

**Серная кислота** и растворимые сульфаты с катионами Ba<sup>2+</sup>, Sr<sup>2+</sup>, Ca<sup>2+</sup> образуют осадки сульфатов белого цвета:

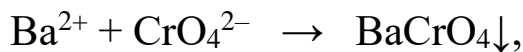


Сульфаты катионов второй группы нерастворимы в кислотах и щелочах. Поэтому для получения в растворе свободных ионов Ba<sup>2+</sup>, Sr<sup>2+</sup>, Ca<sup>2+</sup> сульфаты переводят в карбонаты, а последние растворяют в уксусной кислоте. Например:



#### Частные аналитические реакции ионов Ba<sup>2+</sup>

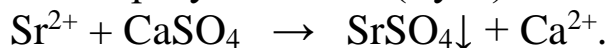
- Хромат калия K<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub> желтый кристаллический осадок BaCrO<sub>4</sub>:



- Реакция окрашивания пламени. Соли бария - зеленый цвет.

### **Частные аналитические реакции ионов $\text{Sr}^{2+}$**

- Гипсовая вода (насыщенный раствор гипса  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) с катионами  $\text{Sr}^{2+}$  образует осадок (муть)  $\text{SrSO}_4$ :

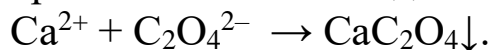


Появление мути  $\text{SrSO}_4$  объясняется малой концентрацией ионов  $\text{SO}_4^{2-}$  в гипсовой воде за счет незначительной растворимости  $\text{CaSO}_4$ .

Реакция окрашивания пламени. Соли стронция-карминно-красный цвет.

### **Частные аналитические реакции ионов $\text{Ca}^{2+}$**

- Оксалат аммония  $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$  и другие растворимые соли щавелевой кислоты образуют с катионом  $\text{Ca}^{2+}$  белый кристаллический осадок  $\text{CaC}_2\text{O}_4$ :



- Реакция окрашивания пламени. Соли кальция окрашивают бесцветное пламя в кирпично-красный цвет.

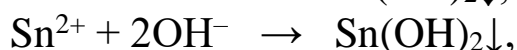
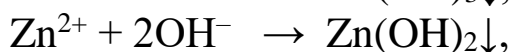
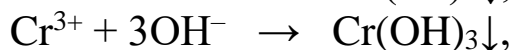
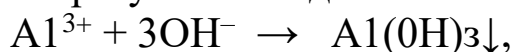
## ***5. КАЧЕСТВЕННЫЕ РЕАКЦИИ КАТИОНОВ III АНАЛИТИЧЕСКОЙ ГРУППЫ***

### **Общая характеристика катионов III группы**

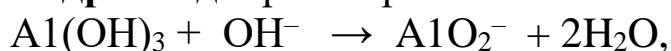
К третьей группе относят катионы  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Cr}^{3+}$ ,  $\text{Sn}^{2+}$ ,  $\text{Sn}^{4+}$ , гидроксиды которых проявляют амфотерные свойства. Групповыми реактивами являются щелочи:  $\text{KOH}$ ,  $\text{NaOH}$ .

### **Действие группового реактива на катионы III группы**

При взаимодействии катионов III группы с гидроксидами натрия или калия образуются осадки соответствующих гидроксидов:



Гидроксиды растворяются в избытке щелочи

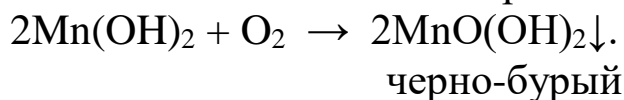
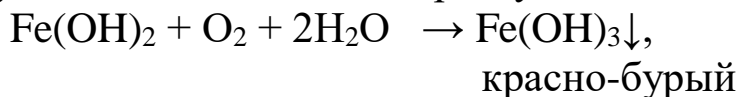


## ***6. КАЧЕСТВЕННЫЕ РЕАКЦИИ КАТИОНОВ IV АНАЛИТИЧЕСКОЙ ГРУППЫ***

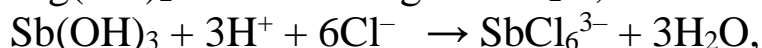
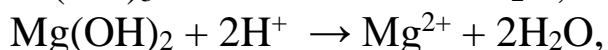
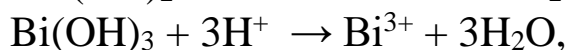
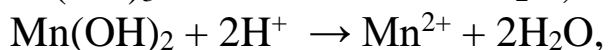
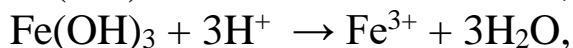
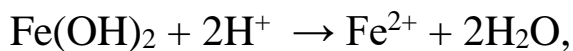
### **Действие группового реактива на катионы IV группы**

Групповой реактив – 2М раствор щелочи  $\text{KOH}$ ,  $\text{NaOH}$  – осаждает катионы IV группы  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Bi}^{3+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Sb}$  (III), в виде гидроксидов  $\text{Fe}(\text{OH})_2$  грязно-зеленого цвета,  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  красно-бурого цвета,  $\text{Mn}(\text{OH})_2$ ,  $\text{Bi}(\text{OH})_3$ ,  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ ,  $\text{Sb}(\text{OH})_3$ ,  $\text{SbO}(\text{OH})_3$  белого цвета:

Осадки  $\text{Fe}(\text{OH})_2$  и  $\text{Mn}(\text{OH})_2$  постепенно окисляются кислородом воздуха и изменяют свою окраску:



Гидроксиды катионов IV группы растворяются в разбавленных сильных кислотах, но не растворяются в избытке щелочи и в растворе аммиака:



#### **Частные аналитические реакции ионов $\text{Fe}^{2+}$**

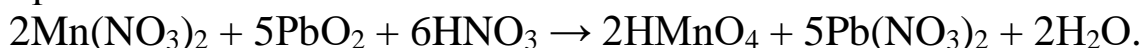
- Гексацианоферрат(III) калия  $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  с катионом  $\text{Fe}^{2+}$  образует синий осадок «турнбулевой сини»:

#### **Частные аналитические реакции ионов $\text{Fe}^{3+}$**

- Гексацианоферрат(II) калия  $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  с катионами  $\text{Fe}^{3+}$  образует темно-синий осадок «берлинской лазури»:
- Тиоцианат (роданид) калия  $\text{KNCS}$  с ионами  $\text{Fe}^{3+}$

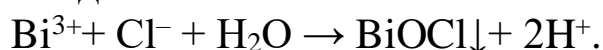
#### **Частные аналитические реакции ионов $\text{Mn}^{2+}$**

- Окисление двуокисью свинца  $\text{PbO}_2$  в азотнокислой среде при нагревании:



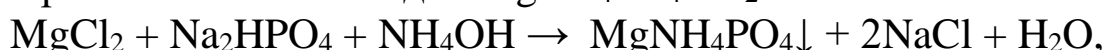
#### **Частные аналитические реакции ионов $\text{Bi}^{3+}$**

- Гидролиз – одна из характерных реакций катиона  $\text{Bi}^{3+}$ . При разбавлении растворов солей висмута –  $\text{Bi}(\text{NO}_3)_3$  и особенно  $\text{BiCl}_3$  – выпадает белый осадок основной соли:



#### **Частные аналитические реакции ионов $\text{Mg}^{2+}$**

- Гидрофосфат натрия  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  образует с катионами  $\text{Mg}^{2+}$  в присутствии  $\text{NH}_4\text{OH}$  и соли аммония при  $\text{pH} = 9$  белый кристаллический осадок  $\text{MgNH}_4\text{PO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ :



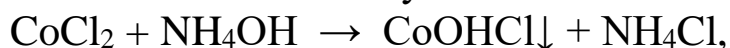
## **7. КАЧЕСТВЕННЫЕ РЕАКЦИИ КАТИОНОВ V АНАЛИТИЧЕСКОЙ ГРУППЫ**

**Действие группового реактива на катионы V группы**

Раствор  $\text{NH}_4\text{OH}$ , прибавленный к растворам солей катионов V группы в эквивалентных количествах, осаждает эти катионы в виде белых или окрашенных основных солей, гидроксидов и амидокомплексов:



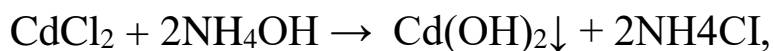
голубовато-зеленый



синий



светло-зеленый

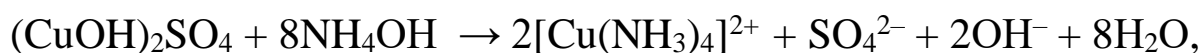


белый

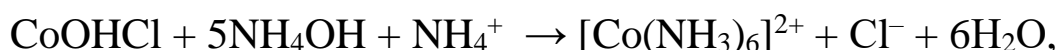


белый

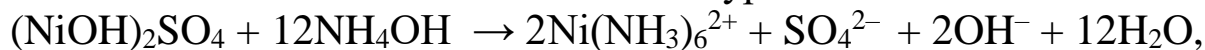
В избытке  $\text{NH}_4\text{OH}$  эти осадки растворяются с образованием амминокомплексов различной окраски. Образование комплекса гексаамминкобальта (II) и тетраамминртути(II) происходит в присутствии  $\text{NH}_4\text{Cl}$  при нагревании:



ярко-синий



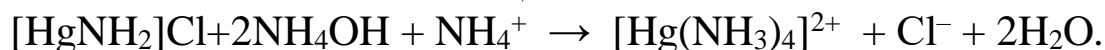
желто-бурый



синий



бесцветный



бесцветный

### Частные аналитические реакции ионов $\text{Cu}^{2+}$

- Гексацианоферрат(II) калия  $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  осаждает ион  $\text{Cu}^{2+}$  в виде гексацианоферрата(II) меди красно-бурого цвета:
- Реакция окрашивания пламени. Соли меди окрашивают бесцветное пламя горелки в синий или зеленый цвет.

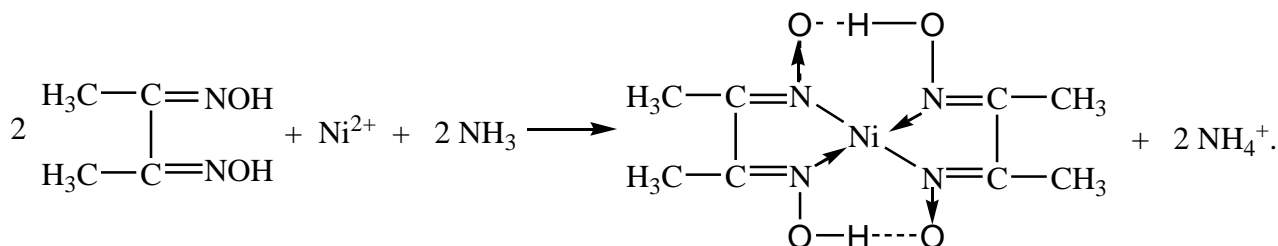
### Частные аналитические реакции ионов $\text{Co}^{2+}$

- Роданид аммония  $\text{NH}_4\text{NCS}$  в присутствии амилового спирта образует с катионами  $\text{Co}^{2+}$  тетрацианоаткобальтата (II) аммония синего цвета, экстрагируемый амиловым спиртом:



### Частные аналитические реакции ионов $\text{Ni}^{2+}$

- Диметилглиоксим (реактив Чугаева) осаждает катионы  $\text{Ni}^{2+}$  в аммиачной среде в виде внутримолекулярного соединения ало-красного цвета:



### Частные аналитические реакции ионов $\text{Cd}^{2+}$

- Сероводород  $\text{H}_2\text{S}$  в кислых, нейтральных и щелочных растворах (при  $\text{pH} \geq 0,5$ ) образует с ионами кадмия желтый осадок  $\text{CdS}$ ,

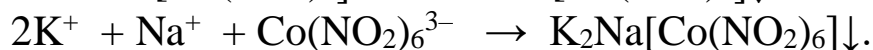
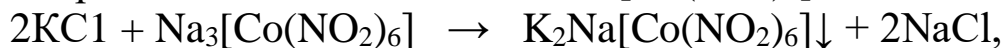
## 8. КАЧЕСТВЕННЫЕ РЕАКЦИИ КАТИОНОВ VI АНАЛИТИЧЕСКОЙ ГРУППЫ

### Общая характеристика катионов VI аналитической группы

К шестой аналитической группе катионов относят катионы  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  и  $\text{NH}_4^+$ . Группа не имеет группового реактива.

### Частные аналитические реакции ионов $\text{K}^+$

- Гексанитрокобальтат (III) натрия  $\text{Na}_3[\text{Co}(\text{NO}_2)_6]$  дает с катионом  $\text{K}^+$  желтый кристаллический осадок  $\text{K}_2\text{Na}[\text{Co}(\text{NO}_2)_6]$ :



- Окрашивание пламени. Ионы  $\text{K}^+$  окрашивают пламя в бледно-фиолетовый цвет.

### Частные аналитические реакции ионов $\text{Na}^+$

- Гексагидроксостибиат (V) калия  $\text{K}[\text{Sb}(\text{OH})_6]$  образует с катионом  $\text{Na}^+$  белый кристаллический осадок  $\text{Na}[\text{Sb}(\text{OH})_6]$
- Окрашивание пламени. Соли натрия окрашивают пламя в желтый цвет.

### Частные аналитические реакции ионов $\text{NH}_4^+$

- Едкие щелочи  $\text{NaOH}$ ,  $\text{KOH}$  при нагревании разлагают соли и гидроксид аммония с выделением газообразного аммиака:  
Поэтому красная лакмусовая бумага синее, а бесцветная фенолфталеиновая бумага окрашивается в малиновый цвет.