

*Основные понятия
и методы
качественного
химического
анализа.*

План:

1. Введение. Методы качественного анализа.
2. Классификация методов.
3. Характеристика аналитических реакций.
Дробный и систематический методы анализа.
4. Гетерогенные равновесия и процессы.
ПР (константа растворимости K_s).
5. Условия образования осадков
6. Аналитическая классификация катионов и анионов.

Аналитическая химия

– это наука о методах качественного и количественного исследования состава веществ и смесей.

- **Основной целью изучения её является овладение теоретическими основами и навыками аналитических операций, необходимых для анализа минеральных удобрений, пестицидов, почв, кормов и других объектов.**

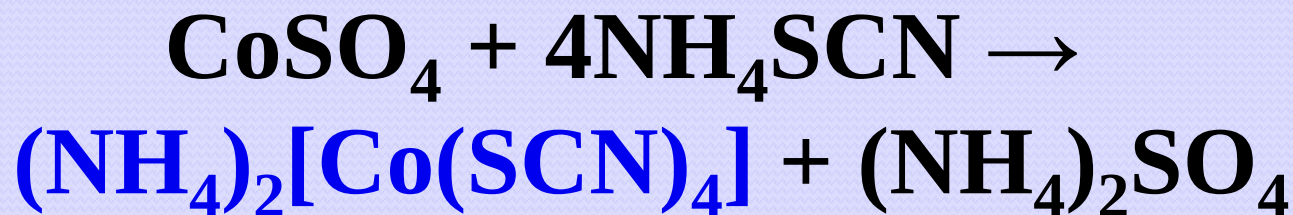
- Испытания ***сухим способом***
проводятся при высокой
температуре
(пирохимический метод)
или при нормальных условиях
(метод растирания порошков).

- При пирохимическом методе исследуемое вещество на конце платиновой проволоки вносят в бесцветное пламя горелки.
- Цвет перла после прокаливания укажет на наличие определенных элементов (марганец – фиолетовый, хром – зелёный).

Метод растирания порошков

**основан на образовании
окрашенных соединений в
результате реакции между двумя
твёрдыми веществами.**

Пример:



синий цвет

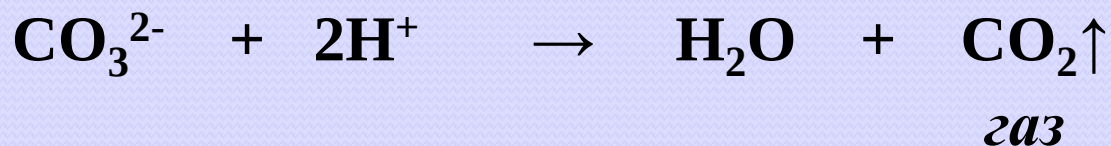
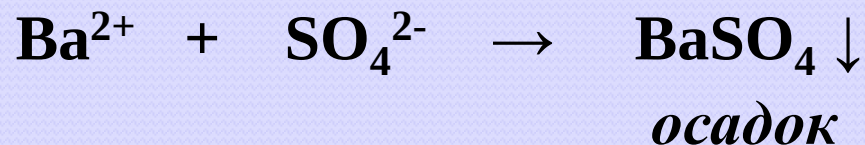
Главную роль играют реакции, проводимые *мокрым путём*, происходящие между веществами в водных растворах.

Вещество должно быть растворено в дистиллированной воде или кислотах. Происходят реакции ионного обмена.

Качественный анализ основан на применении качественных *аналитических реакций*, т.е. химических реакций, сопровождающихся определенным *внешним эффектом* или *аналитическим сигналом*

(выпадением или растворением осадка, выделением газа,

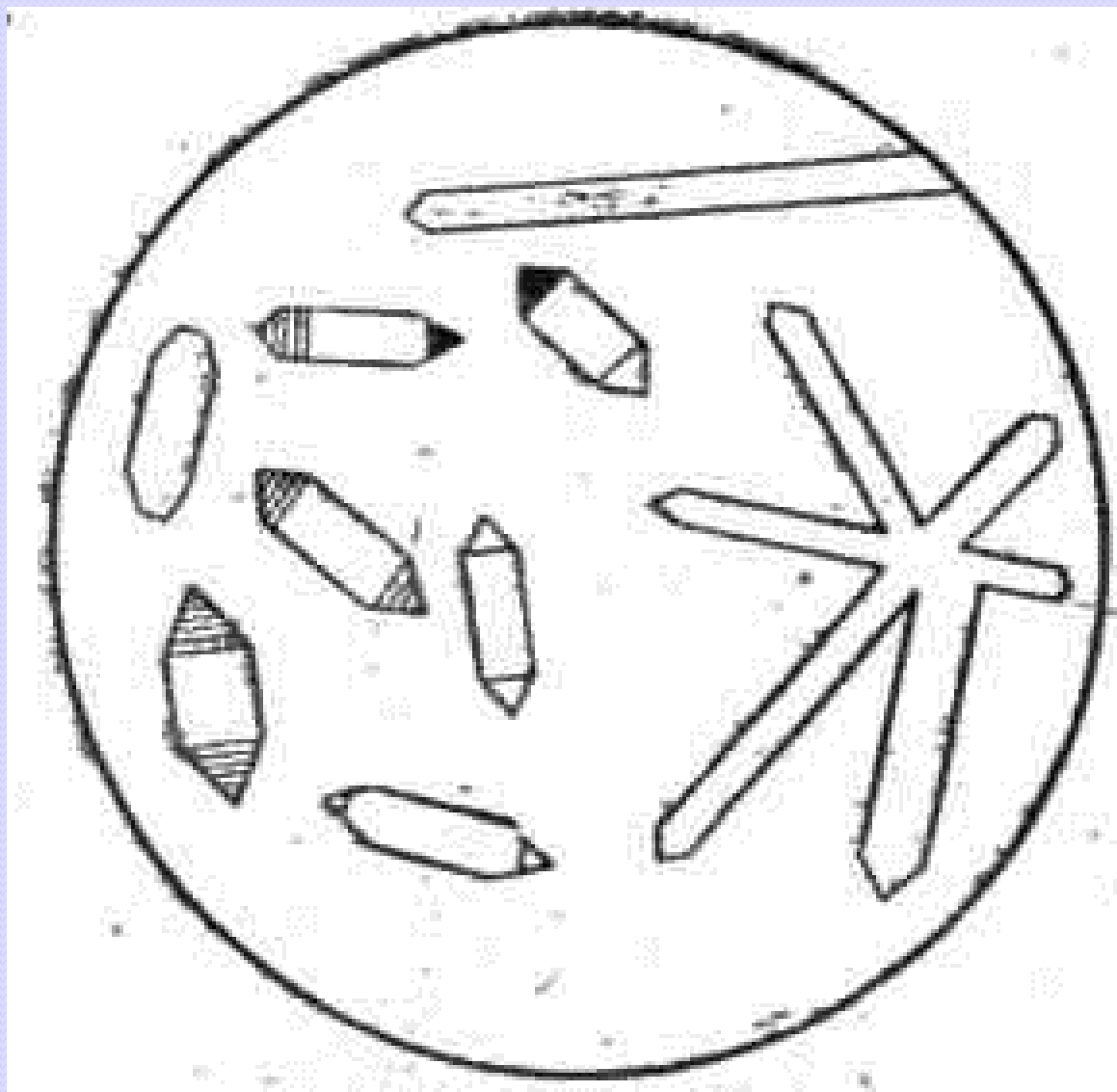
изменением окраски раствора),



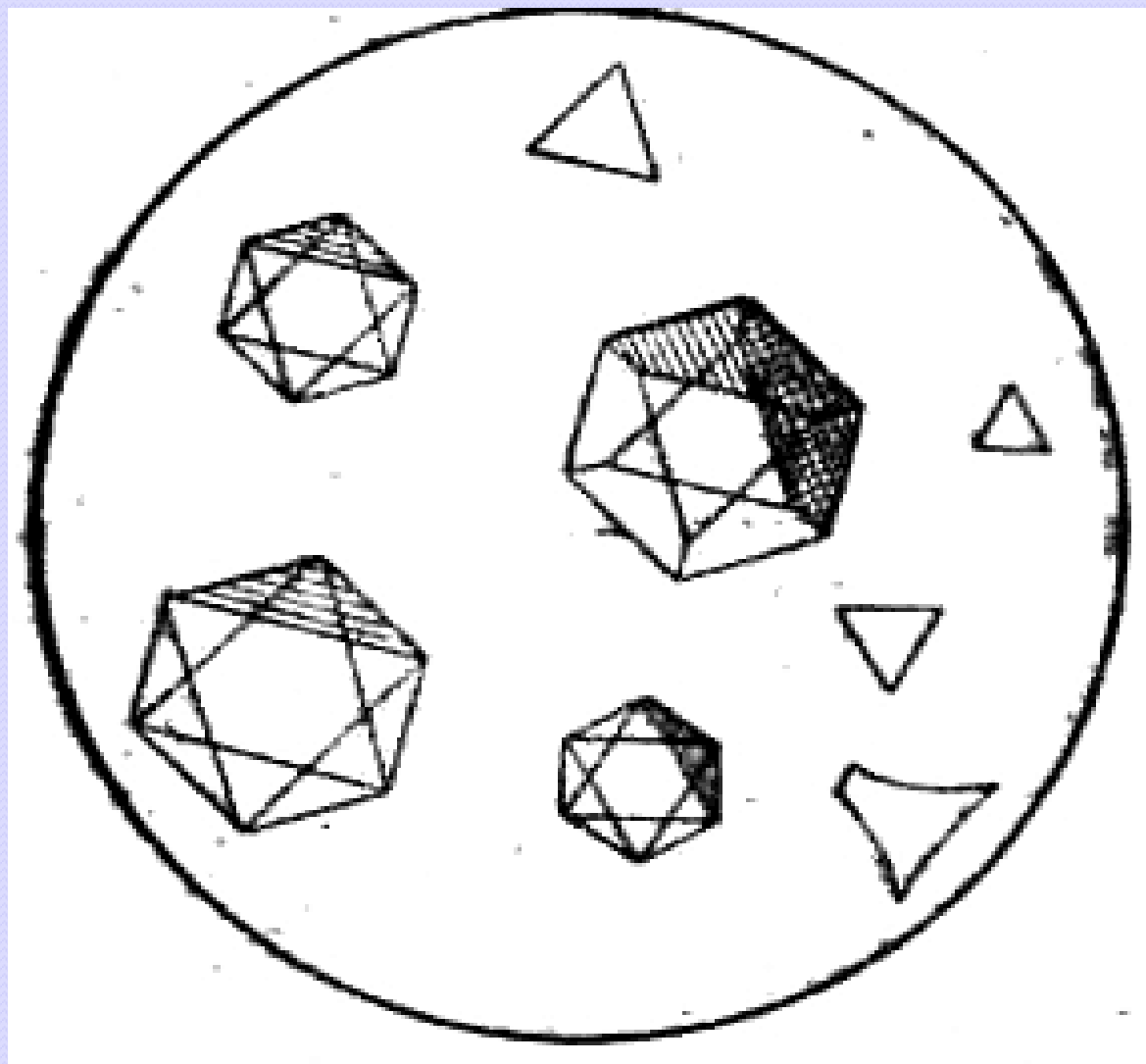
Голубой раствор

Ярко-синий раствор

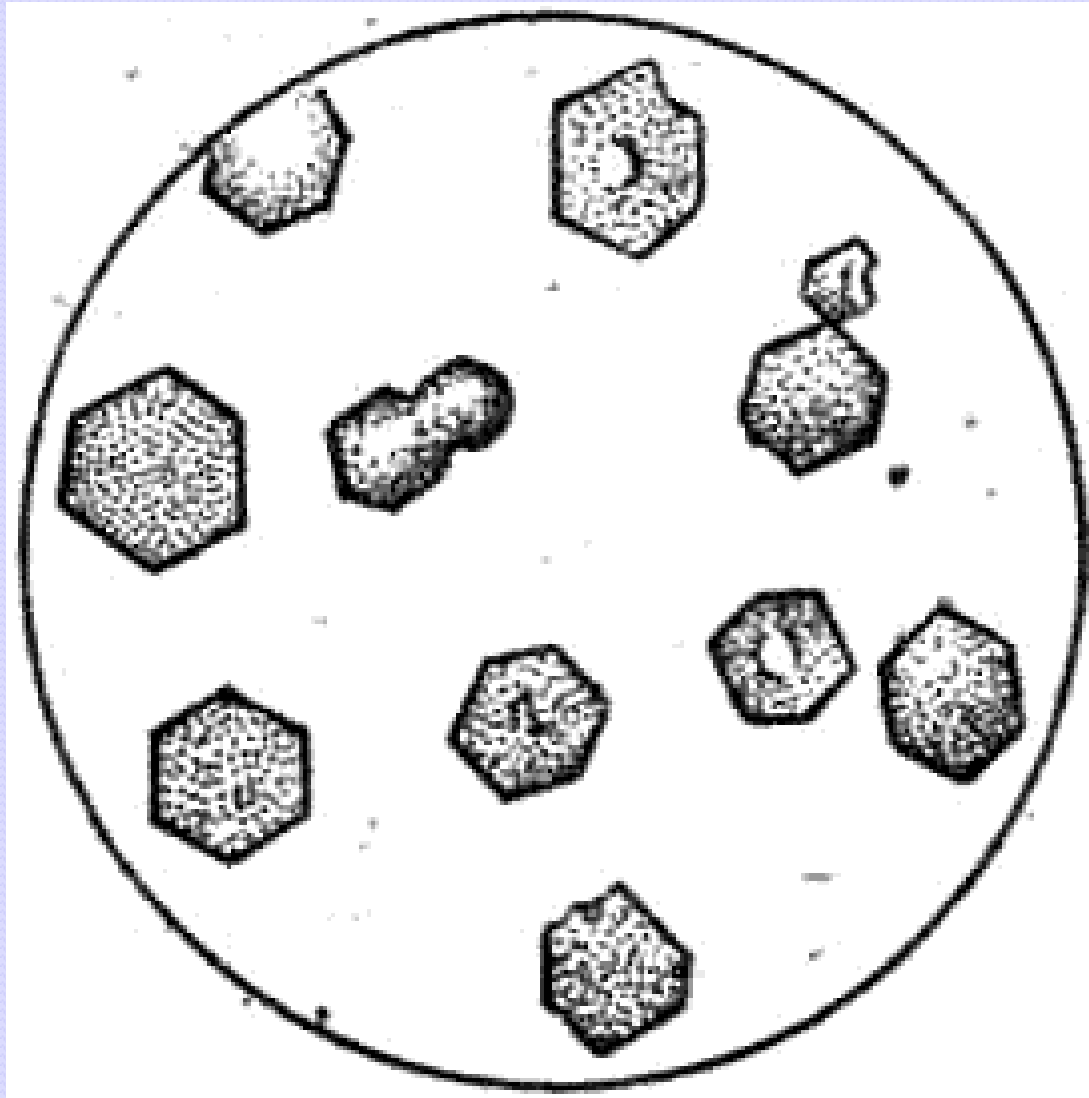
Кристаллы фосфата магния-аммония



Кристаллы натрий уранилацетата



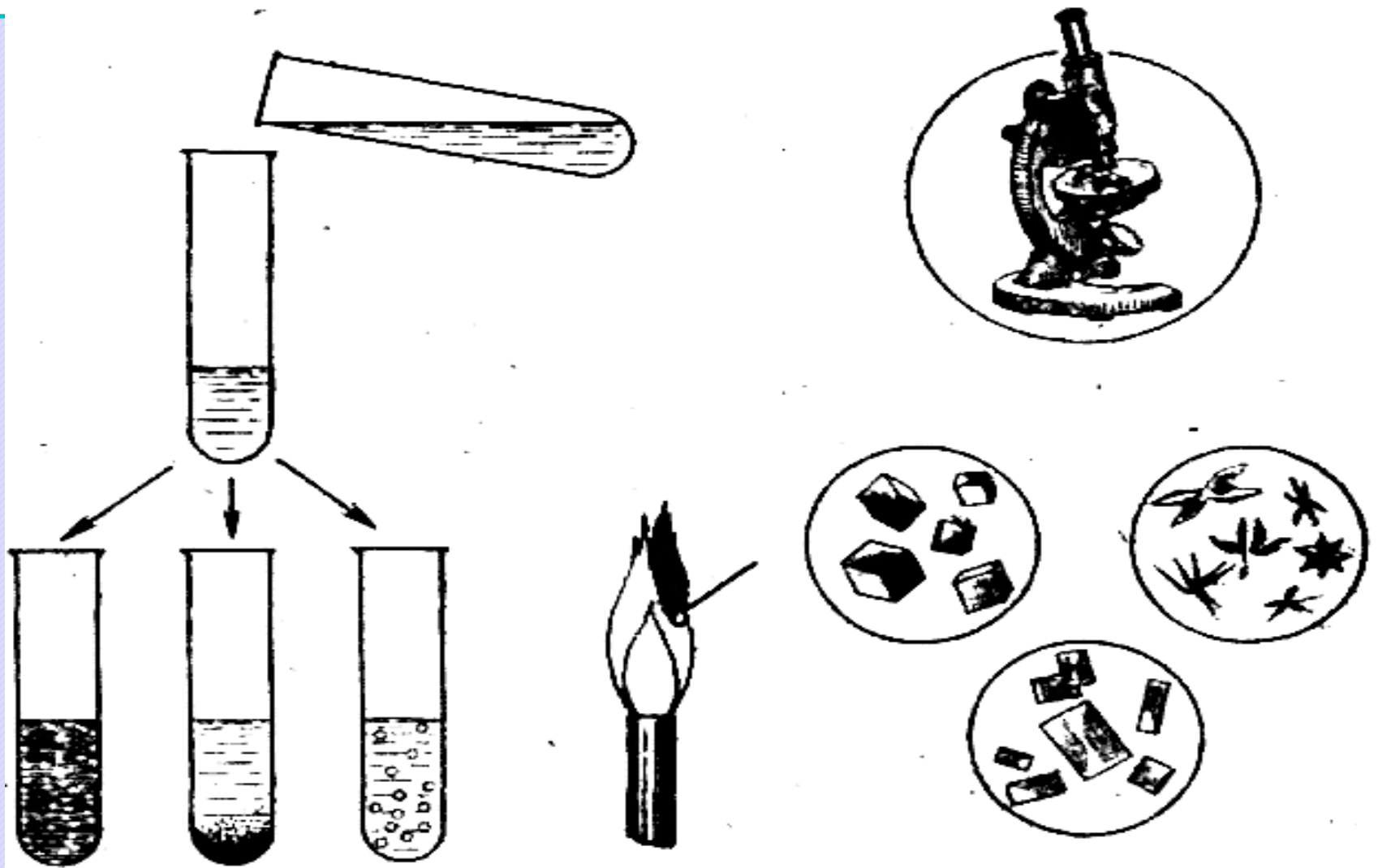
Кристаллы иодида свинца



Кристаллы гипса $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$



Примеры аналитических сигналов



ЛАБОРАТОРНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ОПЫТОВ ПРИ ПОВЫШЕННОЙ ТЕМПЕРАТУРЕ

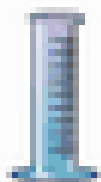


МЕРНАЯ ПОСУДА

Мерный
стакан



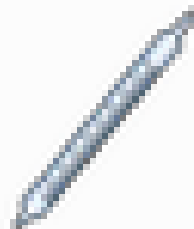
Мерный
цилиндр



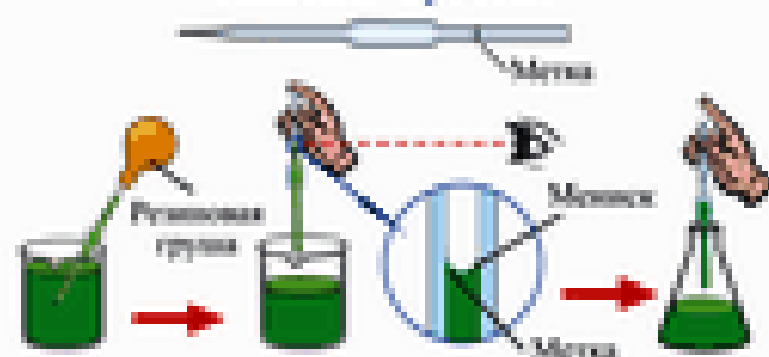
Мерная
колла



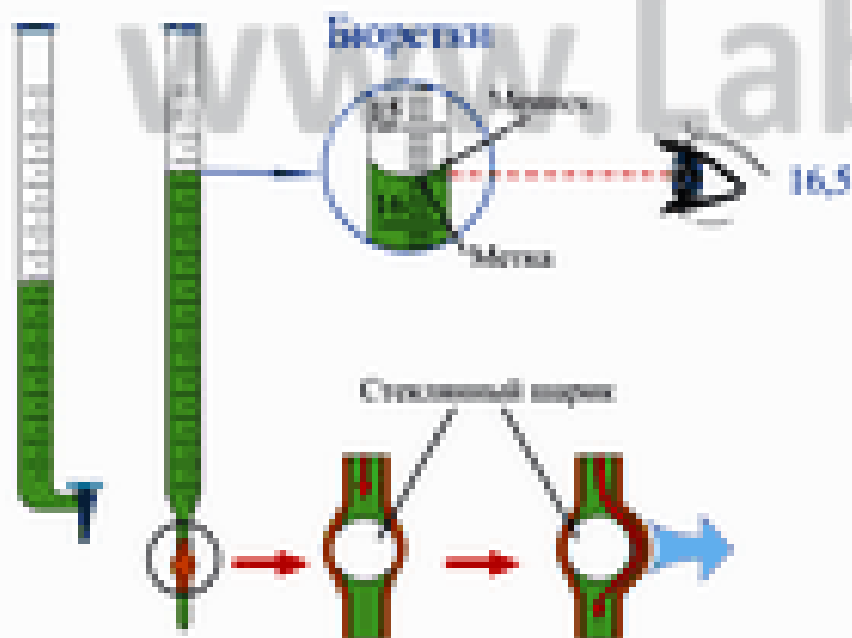
Пипетка
калиброванная



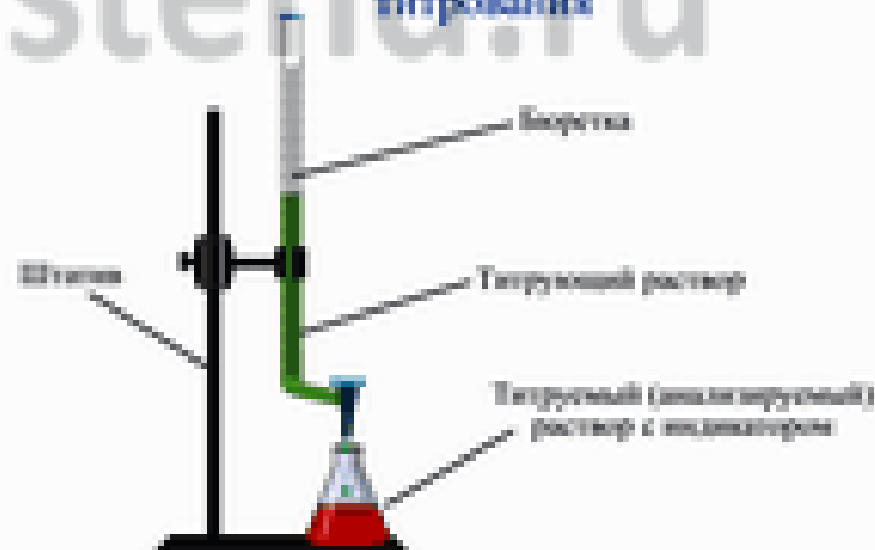
Пипетка простая



Бюретка



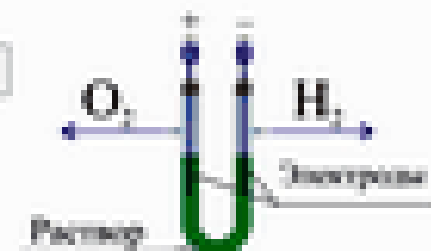
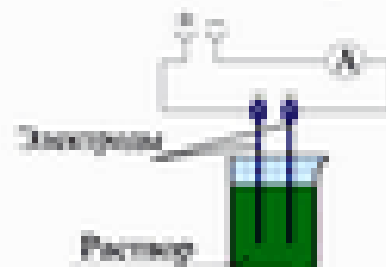
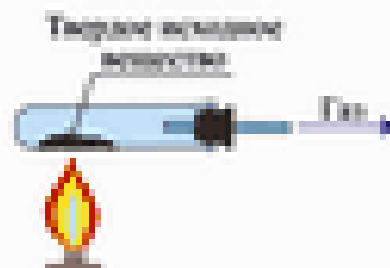
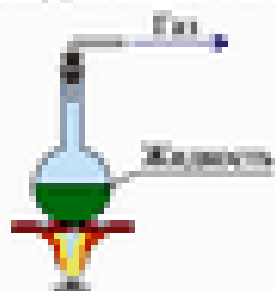
Установка для
титрования



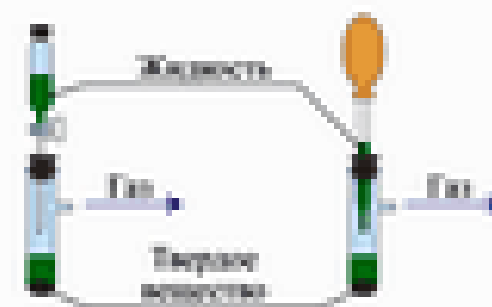
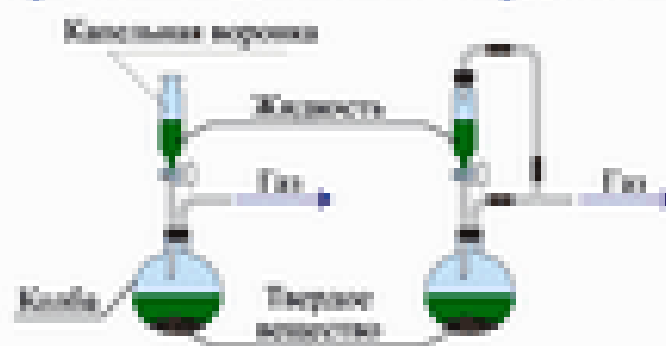
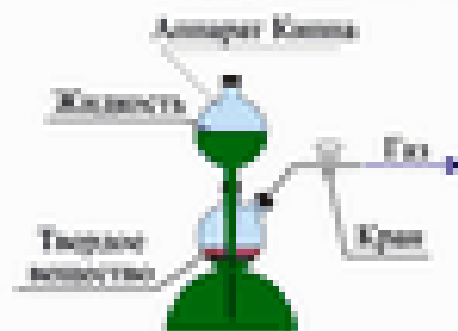
ПОЛУЧЕНИЕ ГАЗОВ

Выделение газов при нагревании веществ.

Электролиз раствора

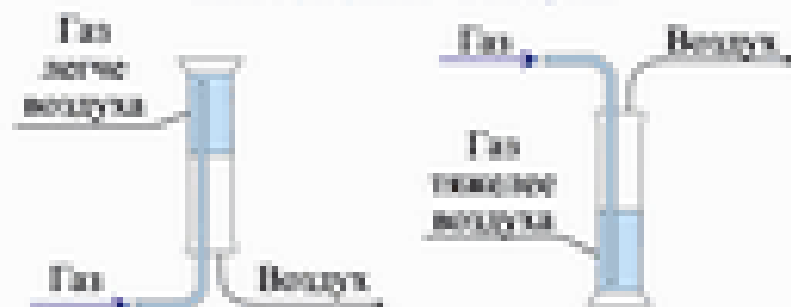


Выделение газа при взаимодействии твердого вещества с жидкостью.

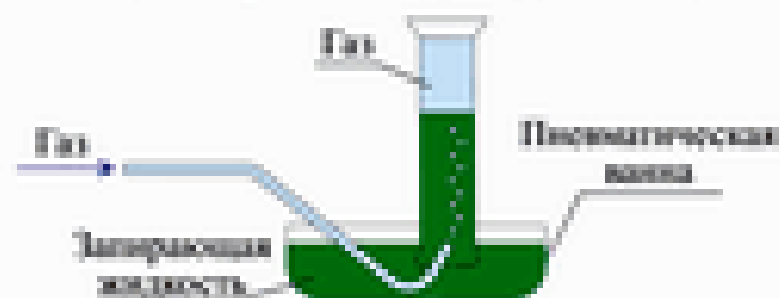


СОБИРАНИЕ, ОЧИСТКА И ОСУШЕНИЕ ГАЗОВ

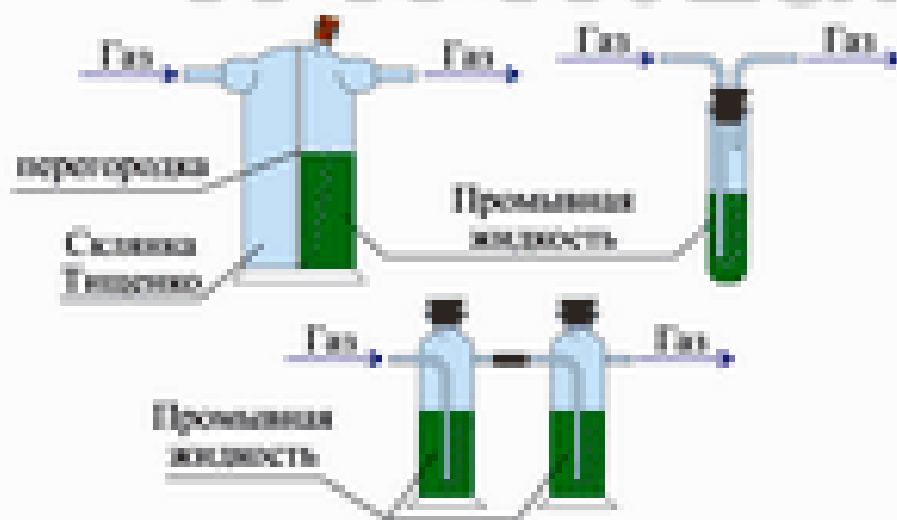
Улавливание газов путем вытеснения воздуха



Пневматическое улавливание газов (собирается над жидкостью)



Очистка и осушение газов жидкостями

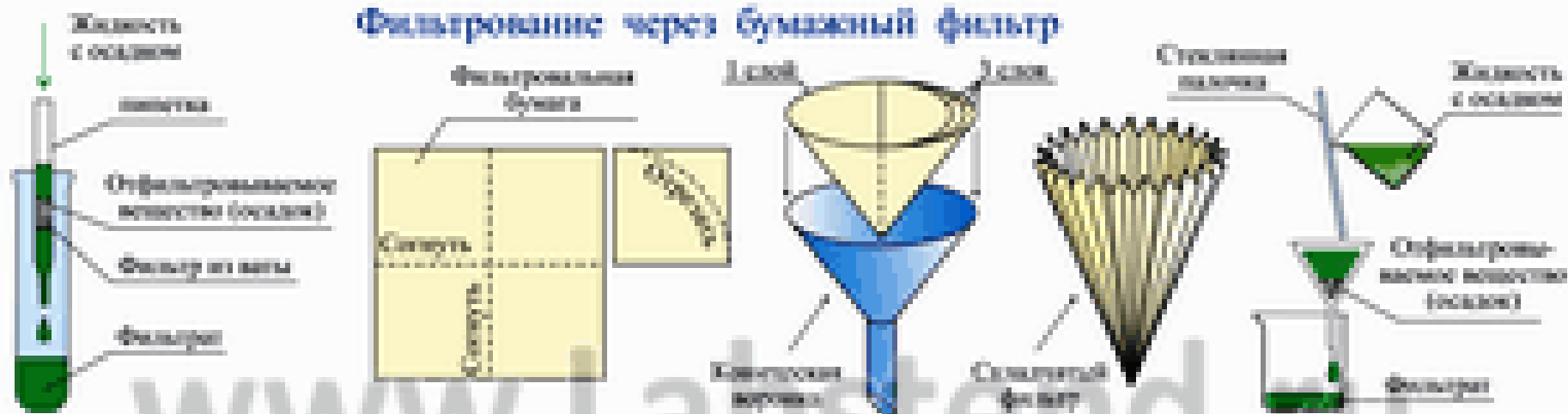


Очистка и осушение газов твердыми веществами



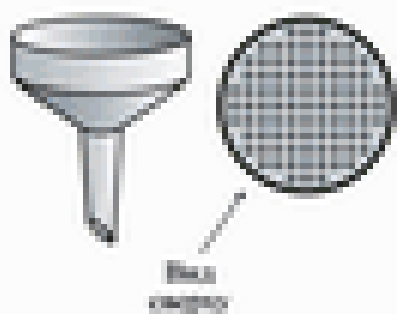
РАЗДЕЛЕНИЕ И ОЧИСТКА ТВЕРДЫХ ВЕЩЕСТВ. ФИЛЬТРОВАНИЕ.

Фильтрация через бумажный фильтр

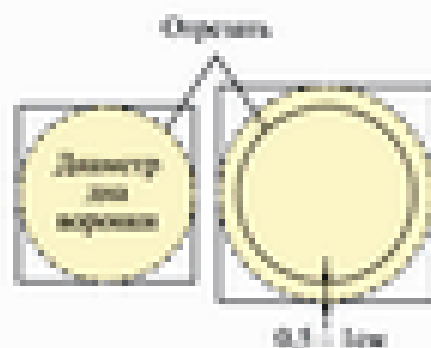


Фильтрация при пониженном давлении (фильтрация под вакуумом)

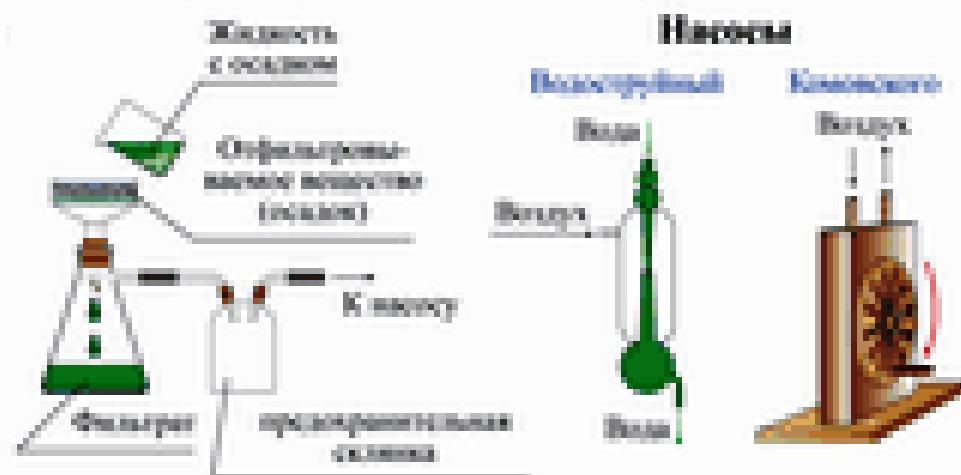
Воронка Бюхнера



Изготовление фильтра



Насосы



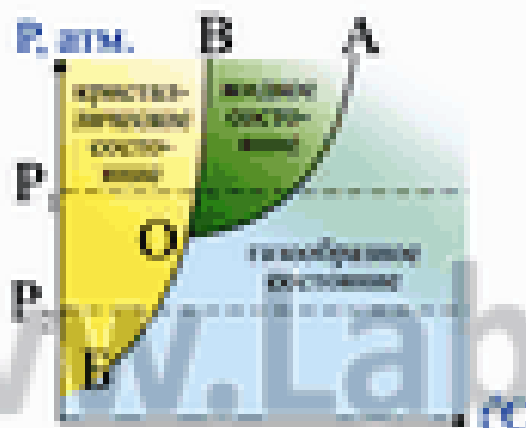
РАЗДЕЛЕНИЕ И ОЧИСТКА ТВЕРДЫХ ВЕЩЕСТВ

Выпаривание

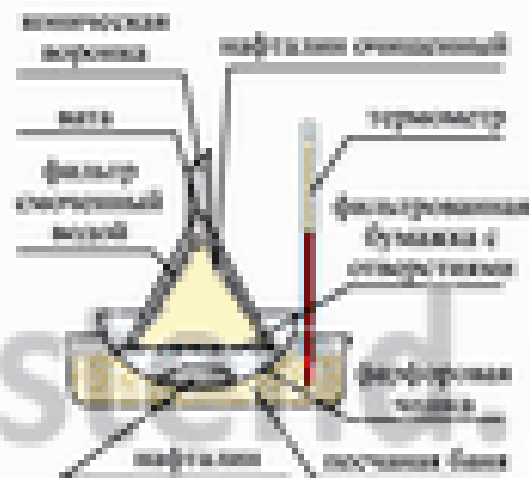


Возгонка (сублимация)

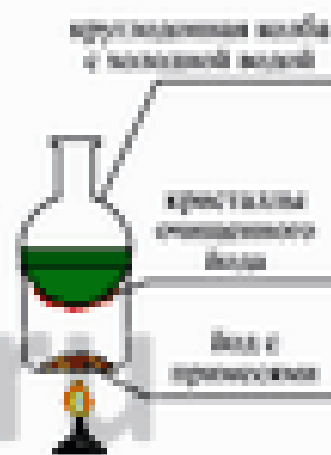
Диаграмма состояния однокомпонентной системы



Возгонка нафталина



Возгонка воды



Перекристаллизация

1



Растворение вещества в горячей воде.

2



Фильтрация через складчатый фильтр на воронке для горячего фильтрования.

3



Охлаждение водой и льдом.

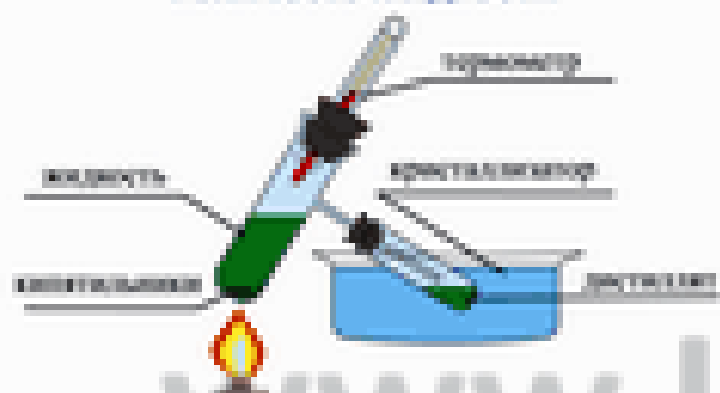
4



Фильтрация на воронке Бюхнера "под вакуумом".

РАЗДЕЛЕНИЕ И ОЧИСТКА ЖИДКИХ ВЕЩЕСТВ

Перегонка малых количеств жидкости



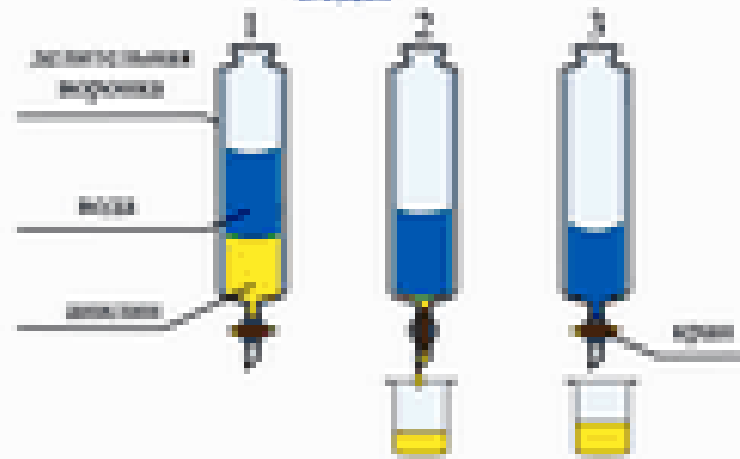
Перегрев двигателя с водяным паром



Перегонка не горючих жидкостей



Отделението измисля от
вод



2. Классификация методов.

Название	Новое название	Масса и объём исследуемого вещества	
		г	мл
Макроанализ	Грамм-метод	1 – 10	1 – 100
Полумикроанализ	Сантиграмм-метод	0,05 – 0,5	1 – 10
Микроанализ	Миллиграмм-метод	10^{-6} – 10^{-3}	10^{-4} – 10^{-1}
Ультрамикроанализ	Микрограмм-метод	10^{-9} – 10^{-6}	10^{-6} – 10^{-4}
Субмикроанализ	Нанограмм-метод	10^{-12} – 10^{-9}	10^{-10} – 10^{-7}
Субультрамикроанализ	Пикограмм	10^{-12}	10^{-10}

3. Характеристика аналитических реакций.

- **Чувствительность реакции** характеризуется минимальным количеством определяемого компонента или минимальной его концентрацией в растворе, при которых с помощью данного реагента этот компонент может быть обнаружен.
- **Предельная концентрация $C_{\min}$** - это минимальная концентрация вещества в растворе, при которой данная реакция еще дает положительный результат.
- **Предельное разбавление G** - величина, обратная предельной концентрации. Предельную концентрацию выражают отношением $1:G$, которое показывает, в какой массе растворителя должна содержаться одна массовая часть вещества, чтобы внешний эффект был еще заметен.

Условия проведения аналитических реакций:

- **Поддержание точного значения реакции среды – рН раствора.**
- **Температура опыта.**
- **Соответствующая концентрация раствора.**

**Аналитическая реакция,
свойственная только
данному иону, называется
*специфической реакцией.***

**Это, например, реакция
обнаружения иона NH_4^+
действием щелочи в газовой
камере, синее окрашивание
крахмала при действии йода.**

Дробный анализ.

- Открытие ионов специфическими реакциями в отдельных пробах всего исследуемого раствора в произвольно выбранной последовательности называется *дробным анализом*.

Систематический анализ.

- Систематический ход анализа применяют в том случае, когда открытию искомого иона будут мешать другие ионы, присутствующие в растворе. Сущность его состоит в том, что к открытию каждого иона приступают лишь после того, когда из раствора удален ион, который мешает открытию первого иона.
- Он состоит в том, что смесь ионов с помощью особых групповых реагентов предварительно разделяют на отдельные группы. Из этих групп каждый ион выделяют в строго определенной последовательности, а потом уже открывают характерной для него аналитической реакцией.

Реактивы, позволяющие в определенных условиях разделять ионы на аналитические группы, называются групповыми реагентами (реактивами).

- В основе использования групповых реагентов лежит избирательность их действия. В отличие от специфических *избирательные (или селективные) реакции* проходят с несколькими ионами или веществами и обладают одинаковым внешним эффектом.

4. Гетерогенные равновесия и процессы. ПР (константа растворимости K_s)

- **Гетерогенными** называются такие системы, которые состоят из нескольких фаз и имеют реальную физическую границу раздела.
- Межфазные процессы заканчиваются установлением гетерогенных динамических равновесий.
- Знание общих закономерностей установления и смещения гетерогенного равновесия в системе
осадок $\leftrightarrow$ раствор
позволяет управлять процессами разделения, растворения и определения веществ.



$$K_s = C(\text{Ba}^{2+}) \cdot C(\text{SO}_4^{2-})$$

$$K_s = C^m(A^{n+}) \cdot C^n(B^{m-}).$$

Произведение растворимости (ПР) или константа растворимости K_s – это константа, которая характеризует растворимость осадка в насыщенном растворе при определенной температуре.

- **Величиной K_s принято пользоваться только в отношении электролитов, растворимость которых в воде не превышает 0,01 моль/л.**

Осаждение считается практически полным, когда остаточная концентрация осаждаемого иона в растворе меньше, чем 10^{-6} моль/л.

	PbCl_2	PbSO_4	PbS
K_s	$1,6 \cdot 10^{-5}$	$1,6 \cdot 10^{-8}$	$2,5 \cdot 10^{-27}$
S , моль/л	$0,4 \cdot 10^{-2}$	$1,26 \cdot 10^{-4}$	$5,0 \cdot 10^{-14}$

5. Условия образования осадков.

- Если произведение концентрации ионов, образующих малорастворимый сильный электролит, в степенях, равных стехиометрическим коэффициентам, будет больше K_s , то произойдет образование твердой фазы, т.е. осадка A_mB_n .

достигается условие

$$C^m(A^{n+}) \cdot C^n(B^{m-}) > K_s$$

Процесс образования осадка можно разделить на три основные стадии:

- **1) возникновение зародышей кристаллизации;**
- **2) рост кристаллов из зародышей;**
- **3) агрегация кристаллов с образованием поликристаллического осадка.**

Эти стадии протекают с разной скоростью.

6. Аналитическая классификация ионов.

- В основу классификации ионов в аналитической химии положено **различие в растворимости** образуемых ими солей и гидроксидов, что позволяет отделять или различать одни группы от других.

Существует

- аналитическая классификация катионов
- и аналитическая классификация анионов.

**Для определения катионов
применяют разные системы
группового разделения ионов:
кислотно-основная,
сероводородная, аммиачно-фосфатная и др.
Каждая из этих систем имеет свои
преимущества и недостатки.**

- **Классический систематический метод
качественного анализа катионов основан на
сульфидной классификации катионов,
которая базируется на положении катионов
в периодической системе и различной
растворимости их сульфидов, хлоридов,
карбонатов, гидроксидов в воде.**

Сульфидная классификация катионов

Группа катионов	Характеристика группы		Катионы	Групповой реагент
I	Сульфиды и карбонаты растворимы в воде.		$\text{Na}^+, \text{K}^+, \text{NH}_4^+$	нет
II	Сульфиды растворимы в воде, карбонаты – нет.		$\text{Ca}^{2+}, \text{Ba}^{2+}, \text{Sr}^{2+}, \text{Mg}^{2+}$	$(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$
III	Сульфиды или гидроксиды растворимы в разбавленных кислотах	Гидроксиды амфотерные.	$\text{Al}^{3+}, \text{Cr}^{3+}, \text{Zn}^{2+}$	$(\text{NH}_4)_2\text{S}$ в присутствии NH_4OH и NH_4Cl
		Гидроксиды неамфотерные.	$\text{Fe}^{2+}, \text{Fe}^{3+}, \text{Ni}^{2+}, \text{Mn}^{2+}, \text{Co}^{2+}$	
IV	Сульфиды нерастворимы в разбавленных кислотах.	Сульфиды нерастворимы в Na_2S	$\text{Cu}^{2+}, \text{Cd}^{2+}, \text{Bi}^{3+}, \text{Hg}^{2+}$	H_2S в присутствии HCl
		Сульфиды растворимы в Na_2S	$\text{As(III,V)}, \text{Sb(III,V)}, \text{Sn}^{2+}, \text{Sn(IV)}, \text{Hg}^{2+}$	
V		Хлориды нерастворимы в воде	$\text{Ag}^+, \text{Hg}_2^{2+}, \text{Pb}^{2+}$	HCl

Кисотно-основная классификация катионов

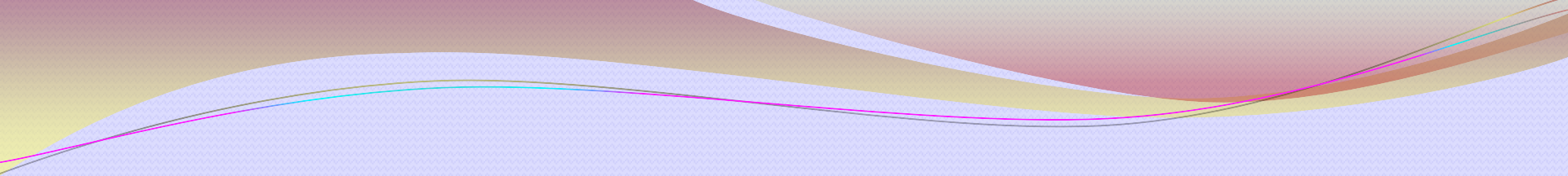
Группа катионов	Характеристика группы	Катионы	Групповой реагент
I	-	$\text{Na}^+, \text{K}^+, \text{NH}_4^+$	нет
II	Хлориды нерастворимы в воде и разбавленных растворах кислот	$\text{Ag}^+, \text{Hg}_2^{2+}, \text{Pb}^{2+}$	HCl
III	Сульфаты нерастворимы в воде и разбавленных растворах кислот	$\text{Ca}^{2+}, \text{Ba}^{2+}, \text{Sr}^{2+}$	H_2SO_4
IV	Гидроксиды растворимы в избытке гидроксида натрия	$\text{Al}^{3+}, \text{Cr}^{3+}, \text{Zn}^{2+}$	NaOH(изб)
V	Гидроксиды нерастворимы в избытке гидроксида натрия и аммиаке	$\text{Fe}^{2+}, \text{Fe}^{3+}, \text{Ni}^{2+}, \text{Mn}^{2+}, \text{Co}^{2+}, \text{Mg}^{2+}$	NaOH
VI	Гидроксиды нерастворимы в NaOH, но растворимы в избытке аммиака	$\text{Cu}^{2+}, \text{Cd}^{2+}, \text{Hg}^{2+}$	Водный раствор аммиака

***Классификация анионов
основывается в большинстве
случаев на растворимости
солей бария и серебра
соответствующих кислот.***

- В отличие от катионов анионы в большинстве случаев не мешают открытию друг друга.
- По этой причине анионы обнаруживают дробным методом в отдельных порциях раствора.

Классификация анионов

Группа анионов	Характеристика группы	Анионы	Групповой реагент
I	Соли бария труднорастворимы в воде	SO_4^{2-} , SO_3^{2-} , $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$, CO_3^{2-} , SiO_3^{2-} , $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$, CrO_4^{2-} , $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$, PO_4^{3-} , BO_2^- , $\text{B}_2\text{O}_7^{2-}$	BaCl_2 в нейтральной и слабощелочной среде
II	Соли серебра труднорастворимы в воде и разбавленной HNO_3	Cl^- , Br^- , I^- , S^{2-} , SCN^-	AgNO_3 в присутствии HNO_3
III	Соли бария и серебра растворимы в воде	NO_3^- , MnO_4^- , NO_2^- , CH_3COO^-	нет



Спасибо за внимание!