

Волгоградский государственный медицинский университет  
Кафедра химии

## Занятие лекционного типа 1

**Титриметрические методы  
анализа.**

**Кислотно-основное титрование.**

## ОБЩАЯ ХИМИЯ

Учебник

Базовый учебный план - бакалавриат Биотехнические системы и технологии, направленность (профиль) Инженерное дело в медико-биологической практике, для обучающихся 2023 года поступления.

-	-	-	-	Форма контроля				з.е.	Итого ауд.часов													Курс 1		Курс 2		Курс 3		Курс 4		Закрепленная кафедра	
				Экзам	Зачет	Зачет с оц.	КП		Факт	По плану	Конт. раб.	Ауд.	Лек.	Пр.	Сем.	КСР	Конс.	Самостоятельная работа/ Индивидуальная работа (для практики)	Конт роль	Семестр 1	Семестр 2	Семестр 3	Семестр 4	Семестр 5	Семестр 6	Семестр 7	Семестр 8	Код	Наименование		
																				Ауд.											
<b>Блок 1. Дисциплины (модули)</b>									<b>214</b>	<b>8032</b>	<b>4321</b>	<b>4138</b>	<b>1512</b>	<b>2188</b>	<b>438</b>	<b>150</b>	<b>33</b>	<b>3348</b>	<b>396</b>	<b>658</b>	<b>718</b>	<b>568</b>	<b>426</b>	<b>670</b>	<b>436</b>	<b>496</b>	<b>166</b>				
<b>Обязательная часть</b>									<b>131</b>	<b>5044</b>	<b>2867</b>	<b>2752</b>	<b>1002</b>	<b>1402</b>	<b>348</b>	<b>100</b>	<b>15</b>	<b>2012</b>	<b>180</b>	<b>602</b>	<b>606</b>	<b>518</b>	<b>166</b>	<b>418</b>	<b>226</b>	<b>176</b>	<b>40</b>				
+	Б1.О.1	Алгебра и геометрия			1	4	144	78	76	38	38		2		66		76									71	Физика, математики и информатики				
+	Б1.О.2	Механика и термодинамика			1	4	144	72	70	32	38		2		72		70									71	Физика, математики и информатики				
+	Б1.О.3	Введение в специальность		1		3	108	38	36	18	18		2		70		36									7	Биотехнических систем и технологий с курсом программной инженерии				
+	Б1.О.4	Логика		1		2	72	38	36	18		18	2		34		36									7	Биотехнических систем и технологий с курсом программной инженерии				
+	Б1.О.5	Основы российской государственности		1		2	72	56	54	18		36	2		16		54									73	Философия, биологии и права с курсом социологии медицины ИОЗ				
+	Б1.О.6	Психология делового общения		1		2	72	38	36	18		18	2		34		36									36	Общей и клинической психологии ИОЗ				
+	Б1.О.7	Электричество и магнетизм	2			6	216	119	114	38	76		2	3	64		36		114							71	Физика, математики и информатики				
+	Б1.О.8	История России			2	4	144	128	124	46		78	4		16		96		28							21	История и культурологии ИОЗ				
+	Б1.О.9	Философия			2	3	108	82	78	18		60	4		26		44		34							73	Философия, биологии и права с курсом социологии медицины ИОЗ				
+	Б1.О.10	Иностранный язык		2		3	108	68	64		64		4		40		34		30							19	Иностранных языков с курсом латинского языка ИОЗ				
+	Б1.О.11	Химия			2	3	108	78	76	38	38		2		30		76									76	Химия				
+	Б1.О.12	Культурология			2	3	72	58	56	28		38	2		14		56									31	Истории и культурологии ИОЗ				

## ОБЩАЯ ХИМИЯ

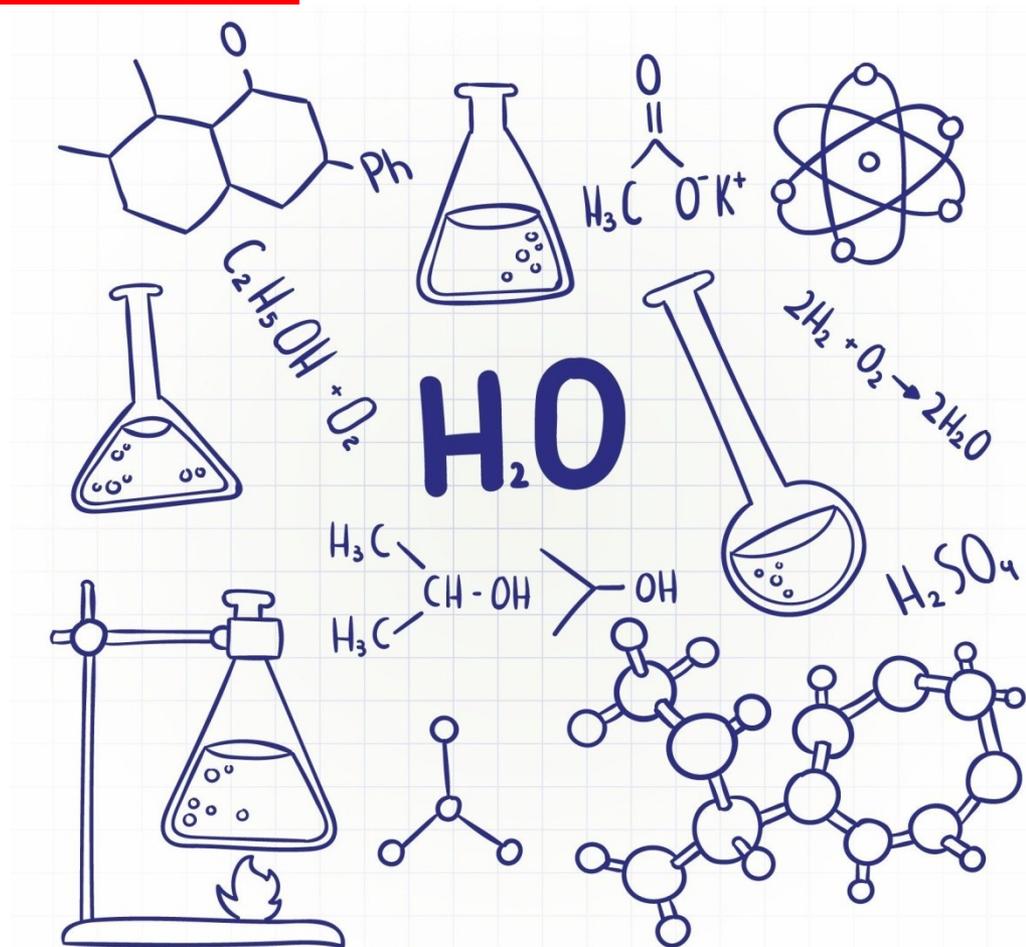
Биофизическая химия

Химия биогенных элементов

# Химия

это наука , изучающая  
вещества , их  
строение , свойства и  
взаимопревращения.

Предмет изучения  
химии – вещества,  
их свойства и  
взаимопревращения



# Основные разделы химии

- **Общая химия и неорганическая химия**
- **Физическая и коллоидная химия**
- **Аналитическая химия**
- **Органическая химия**
- **Биоорганическая химия**

# АНАЛИТИЧЕСКАЯ ХИМИЯ



Золотов Ю.А.  
4 октября 1932 г.

– это наука о способах идентификации химических соединений, о принципах и методах определения химического состава веществ и их химической структуры (Золотов Ю.А.)

**Качественный анализ** - процесс установления состава образца с точки зрения природы содержащихся в нем компонентов

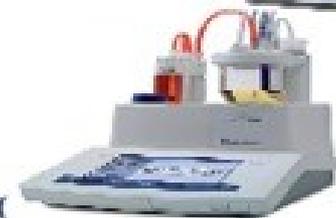
**Количественный анализ** – дает сведения о содержании всех или отдельных компонентов

В 1993 г. на VIII Европейской конференции по аналитической химии было принято следующее определение:

*«Аналитическая химия является научной дисциплиной, развивающей и использующей концепции, методы и средства получения информации о составе и свойствах вещества в пространстве и времени».*

# Сегодняшний день аналитической химии

- ✓ расширяется арсенал методов анализа, особенно в сторону физических и биологических;
- ✓ автоматизация и математизация анализа;
- ✓ создание приемов и средств локального, неразрушающего, дистанционного, непрерывного анализа;
- ✓ подход к решению задач о формах существования компонентов анализируемых проб;
- ✓ появление новых возможностей для повышения чувствительности и экспрессности анализа;
- ✓ расширение круга анализируемых объектов, использование компьютеров, лазеров, лабораторных роботов;
- ✓ поднялась роль аналитического контроля объектов окружающей среды





# Химические лаборатории

# Виртуальные лаборатории

Текущий шаг: 2 / 3

Опыт 1. Изменение окраски индикаторов в различных средах

Индикаторы	Цвет индикатора в среде		
	нейтральной	щелочной	кислой
Лакмус			
Метилоранж			
Фенолфталеин			

учт  
про

# Задачи аналитической химии

- **Установление химического состава** анализируемого объекта
- **Определение структуры соединения**, то есть установление взаимного расположения и связей элементарных составных частей в молекулах (структурный анализ)
- **Обнаружение неоднородностей** на поверхности или в объеме твердых тел, распределение элементов в поверхностных слоях осуществляют методом локально-распределительного анализа
- Исследование **процессов во времени** в ходе производственного процесса

# Основные понятия аналитической химии

- Принцип анализа определяется явлениями природы, лежащими в основе химического или физического процесса.
- Метод анализа - принципы, положенные в основу анализа вещества, то есть вид и природу энергии, вызывающей возмущение химических частиц вещества.
- Аналитический сигнал – это фиксируемое и измеряемое свойство объекта.
- Проба - части вещества из разных зон исследуемого материала.

# **Методы анализа**

**По массе анализируемой  
пробы в г**

**макроанализ**

**1,0 – 10,0**

**полумикроанализ**

**0,05 – 0,5**

**Быстро выполняемый  
анализ называется  
экспресс-анализом**



# **Основные разделы аналитической химии:**

- **Качественный анализ:**  
дробный и систематический методы
- **Количественный анализ:**
  1. **химические методы**
  2. **инструментальные методы:**
    - **Физические методы анализа**
    - **Физико-химические методы анализа**

# Качественный анализ

- заключается в идентификации анализируемого вещества и обнаружение отдельных его элементов (или ионов).

Выделяют:

- анализ катионов, анализ анионов, анализ сложных смесей.

Идентификация проводится с помощью  
**АНАЛИТИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ**

**Аналитическая реакция** - это реакция, которая сопровождается каким-либо внешним эффектом (образование или растворение осадка, выделение газа, изменение окраски раствора и т.д.), позволяющим сделать вывод о наличии или отсутствии соответствующих ионов или молекул в анализируемом веществе



# Качественный анализ

С помощью аналитических реакций отвечает на вопросы:

1. Из каких ионов состоит данный аналитический образец?
2. Из каких веществ состоит данный аналитический образец?



Аналитические реакции должны:

1. Сопровождаться аналитическим эффектом
2. Быть чувствительными, т.е. показывать аналитический эффект при очень малых количествах определяемого вещества
3. Быть селективными, т.е. давать аналитический эффект с группой ионов
4. Быть необратимыми
5. Иметь достаточную скорость реакции



- **Изменение цвета**
- **Выделение газа**
- **Образование или растворение осадка**
- **Появление или исчезновение запаха**
- **Выделение или поглощение тепла**

## Способы выполнения аналитических реакций

- Пробирочный способ – выполняется в пробирке
- Капельный способ – проводится на предметном стекле или фильтровальной бумаге
- Микрорисаллоскопический способ – проводится с применением микроскопа
- Пирохимический способ – окрашивание пламени спиртовки (на грифеле, в выпарительной чашке)

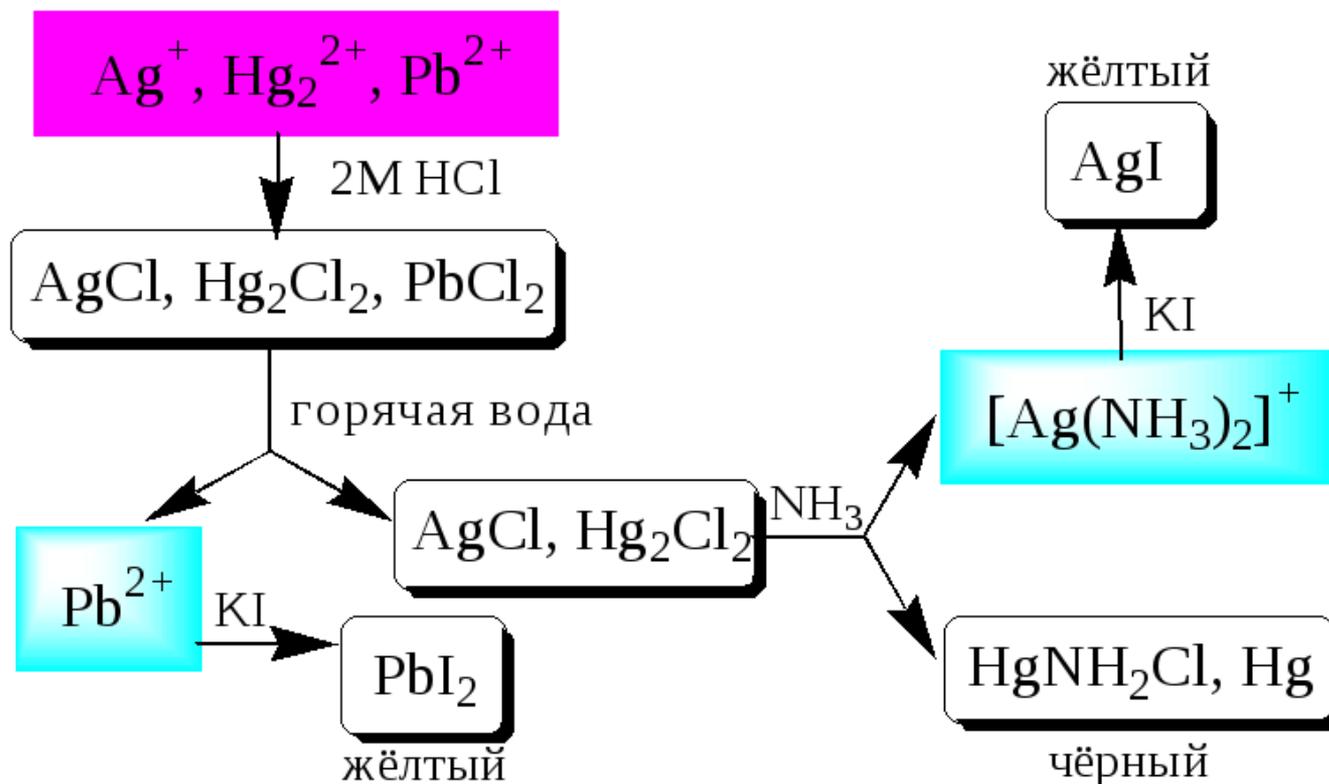
# Методы качественного анализа

- Систематический качественный анализ: пробу разделяют на несколько «аналитических групп», затем каждый ион открывают «своими реакциями». Реакции для разделения пробы называют групповыми, реакции для отдельных ионов – характерными.
- Дробный качественный анализ: компоненты пробы устанавливают в отдельных пробах с помощью характерных реакций.

# Систематический анализ

- определенная последовательность обнаружения ионов – после того, как мешающие обнаружению ионы удалены или замаскированы.

Проводится с помощью групповых реагентов, позволяющих отделять целые группы веществ с последующим определением после разделения исследуемых ионов.

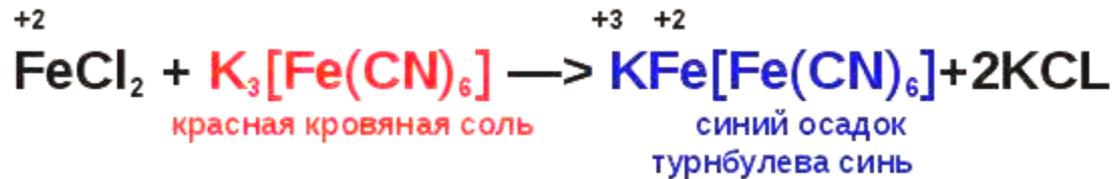


# Дробный анализ

Метод основан на открытии ионов специфическими реакциями, проводимыми в отдельных порциях исследуемого раствора. Дает возможность обнаруживать ионы в отдельных порциях в любой последовательности

## Пример:

Ион  $\text{Fe}^{2+}$  можно открыть при помощи реактива  $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  в присутствии любых ионов.



# Избирательность аналитической реакции (в зависимости от числа веществ)

- **Специфические** реакции – позволяют определять только **одно** вещество;
- **Избирательные** реакции - позволяют определять **небольшое число** о веществ;
- **Групповые** реакции – используются в систематическом анализе для выделения **группы** веществ;

# Специфические и избирательные (селективные) реакции.

**Специфическими** называют те методы, реакции или реагенты, с помощью которых в данных условиях можно обнаружить только одно вещество.



**Избирательные** — методы, реакции и реагенты, позволяющие обнаружить небольшое число веществ.

**Избирательный реагент (селективный)** – реагент, который реагирует с ограниченным числом ионов.

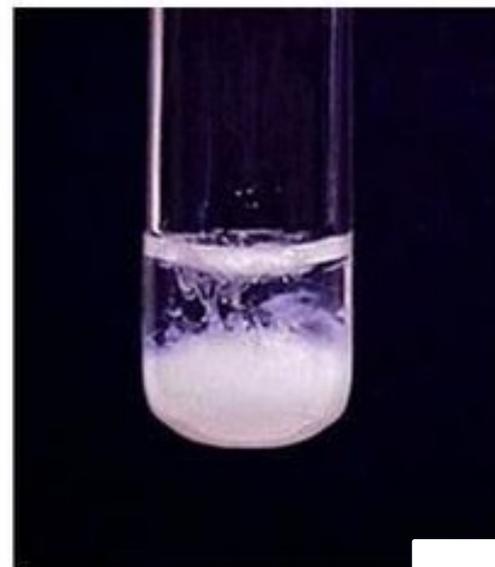
○ На щелочные и щелочноземельные металлы



**Групповой реагент**– реагент на группу ионов с образованием одного и того же аналитического сигнала (чаще всего осадка).

Катион	Реактив	Реакция	Характерные признаки
$Al^{3+}$	щелочь	$Al^{3+} + 3OH^- = Al(OH)_3 \downarrow$ $Al(OH)_3 + 3H^+ = Al^{3+} + 3H_2O$ $Al(OH)_3 + OH^- = [Al(OH)_4]^-$	Белый осадок $Al(OH)_3$ , растворимый в кислоте в избытке щелочи
$Zn^{2+}$	щелочи	$Zn^{2+} + 2OH^- = Zn(OH)_2 \downarrow$ $Zn(OH)_2 + 2H^+ = Zn^{2+} + 2H_2O$ $Zn(OH)_2 + 2OH^- = [Zn(OH)_4]^{2-}$	Белый осадок $Zn(OH)_2$ , растворимый в кислоте в избытке щелочи

$Al(OH)_3$ ,

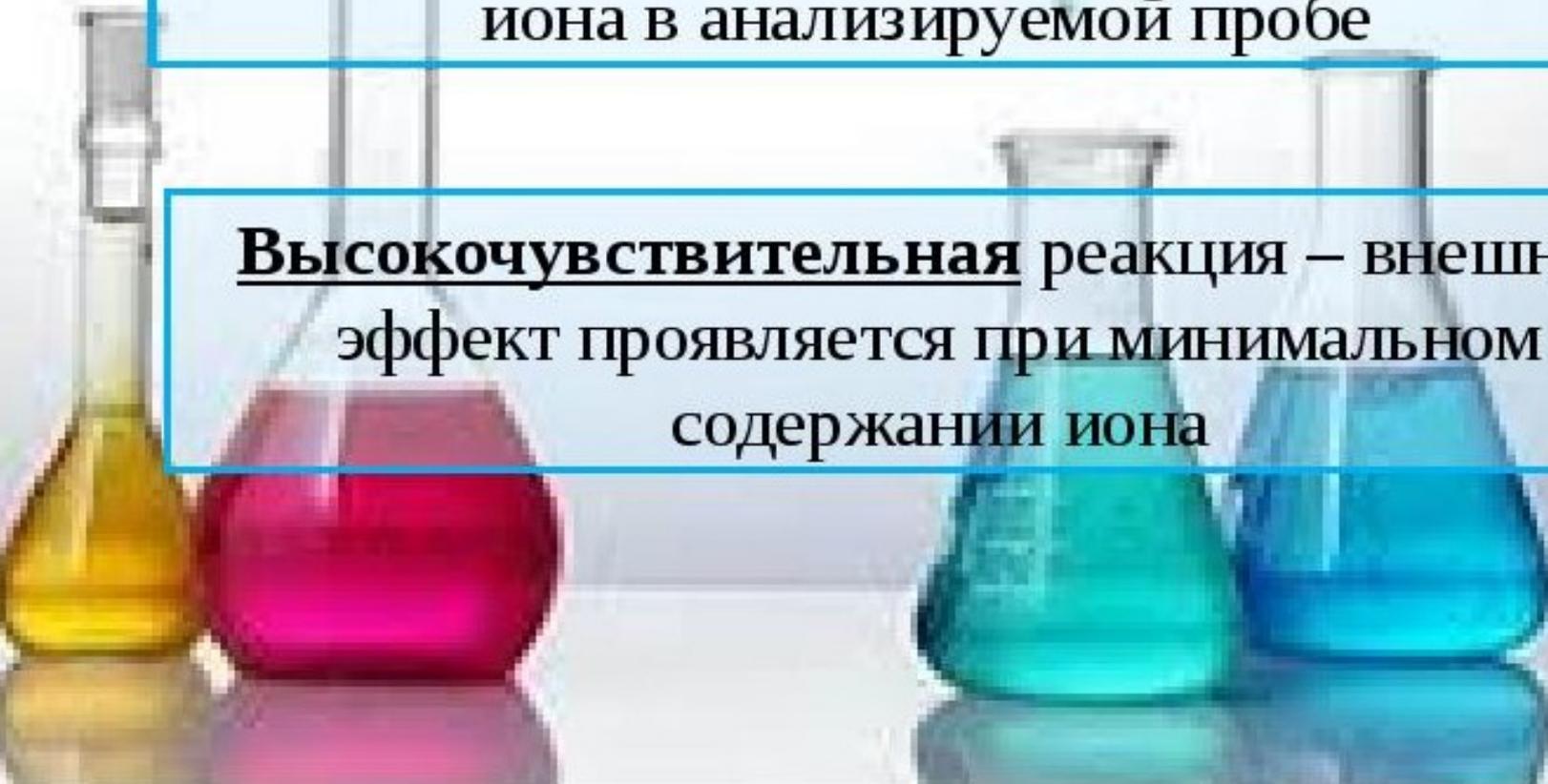


$Zn(OH)_2$

# Характеристика аналитической реакции

Чувствительность качественной реакции характеризует ее способность к образованию внешнего эффекта при различном содержании иона в анализируемой пробе

Высокочувствительная реакция – внешний эффект проявляется при минимальном содержании иона



**Предельное разбавление  $V_{lim}$**  – максимальный объём раствора, в котором может быть обнаружен один грамм данного вещества при помощи данной аналитической реакции.

Предельное разбавление выражается в мл/г.

- **Предельная концентрация  $c_{lim}(c_{min})$**  - это наименьшая концентрация, при которой определяемое вещество может быть обнаружено в растворе данной аналитической реакцией. Выражается в г/мл.

Предельная концентрация и предельное разбавление связаны соотношением:

$$c_{lim} = 1/v_{lim}$$

- **Предельная концентрация  $c_{\text{lim}}(c_{\text{min}})$**  - это наименьшая концентрация, при которой определяемое вещество может быть обнаружено в растворе данной аналитической реакцией. Выражается в г/мл.

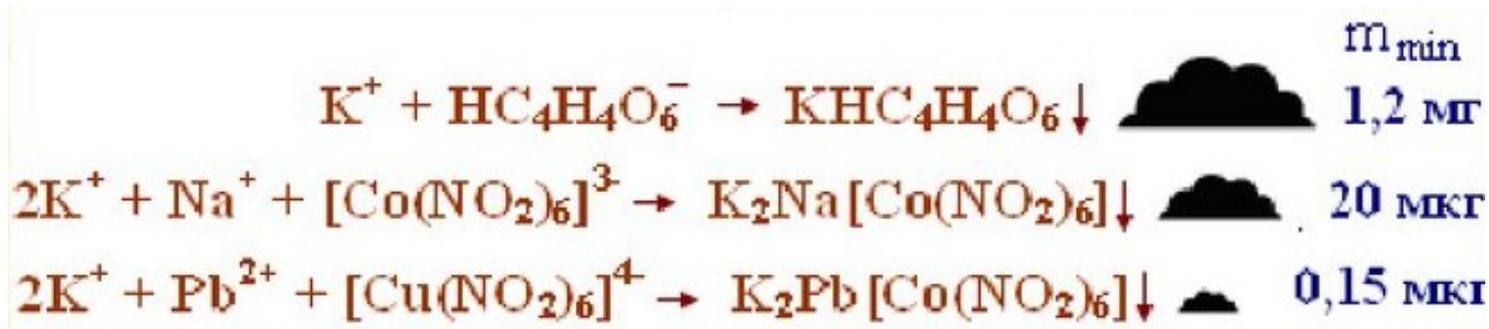
Предельная концентрация и предельное разбавление связаны соотношением:

$$c_{\text{lim}} = 1/v_{\text{lim}}$$

**Минимальный объём предельно разбавленного р-ра  $V_{\text{min}}$**  – это наименьший объём анализируемого раствора, необходимый для обнаружения открываемого вещества данной аналитической реакцией (выражается в мл.).

**Предел обнаружения (открываемый минимум)  $m$  (в мкг)** – это наименьшая масса определяемого вещества, однозначно открываемого данной аналитической реакцией в минимальном объёме предельно разбавленного раствора ( $1\text{мкг} = 10^{-6}\text{ г}$ ).

$$m = c_{\text{lim}} \cdot V_{\text{min}} \cdot 10^6 = V_{\text{min}} \cdot 10^6 / v_{\text{lim}}$$



# Количественный анализ

- **заключается в определении количественного содержания отдельных составных частей анализируемого вещества.**

- **Гравиметрический (Весовой) анализ**

метод анализа основан на выделении определяемого вещества в чистом виде и его взвешивании.

- **Титриметрический (Объемный) анализ**

методы основаны на измерении объема жидкого реагента, израсходованного на взаимодействие с определяемым веществом.

# Лабораторное оборудование в количественном анализе

## Весы

### *Технические весы*



Точность 2 цифры после  
запятой

### *Аналитические весы*



Точность 4-5 цифр после  
запятой (в зависимости  
от модели весов)

# Лабораторное оборудование в количественном анализе



Сушильный шкаф



Муфельная печь

# Лабораторное оборудование в количественном анализе



## Эксикатор:

- 1 – кран;
- 2 – пришлифованная крышка;
- 3 – керамический вкладыш;
- 4 – тигли;
- 5 – водоотнимающее вещество.



Ступка

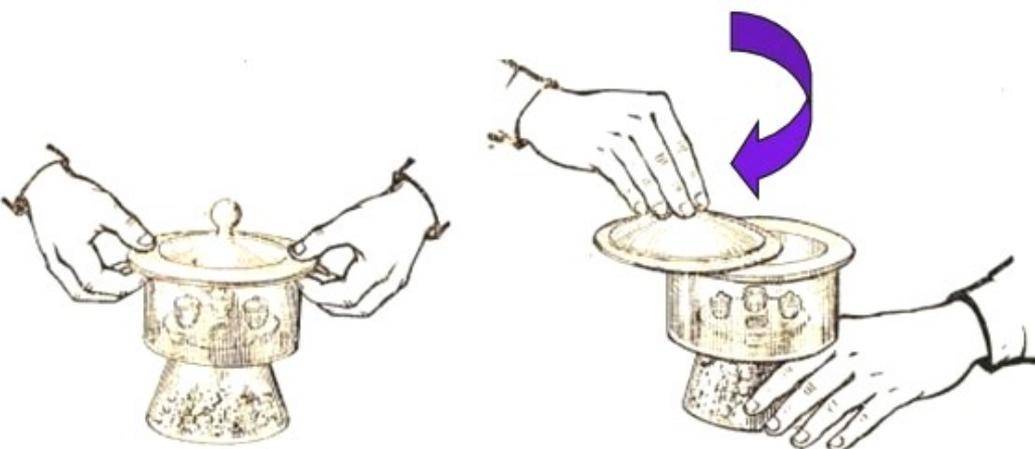
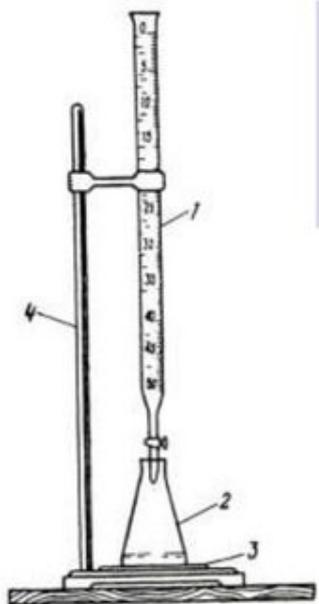
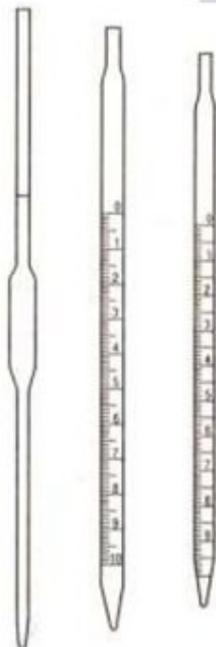
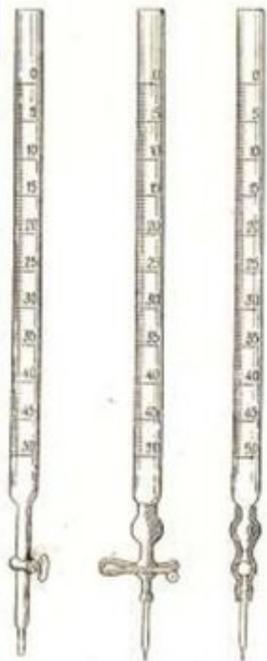


Рис. 17. Фарфоровые чашки и тигель.

# ХИМИЧЕСКАЯ ПОСУДА



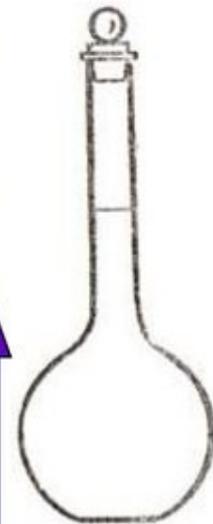
Бюретки



Пипетки

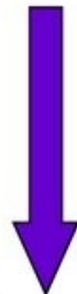
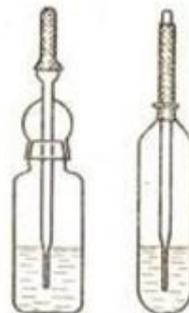
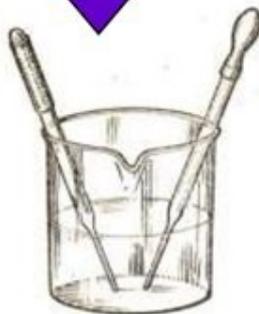
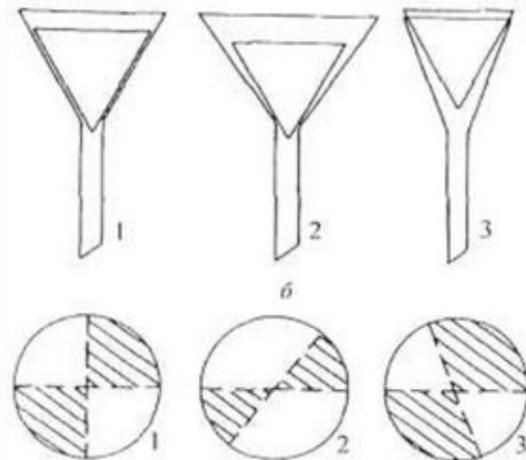


Мерный цилиндр



Мерная колба

Воронки



# Основные понятия титриметрического анализа

Раствор, с помощью которого производится определение неизвестной концентрации вещества называется **титрантом**.

Стандартный раствор титранта с точно известной концентрацией является **рабочим раствором**.

Процесс добавления титранта к раствору определяемого компонента с целью определения концентрации последнего называется **титрованием**.

# Основные понятия титриметрического анализа

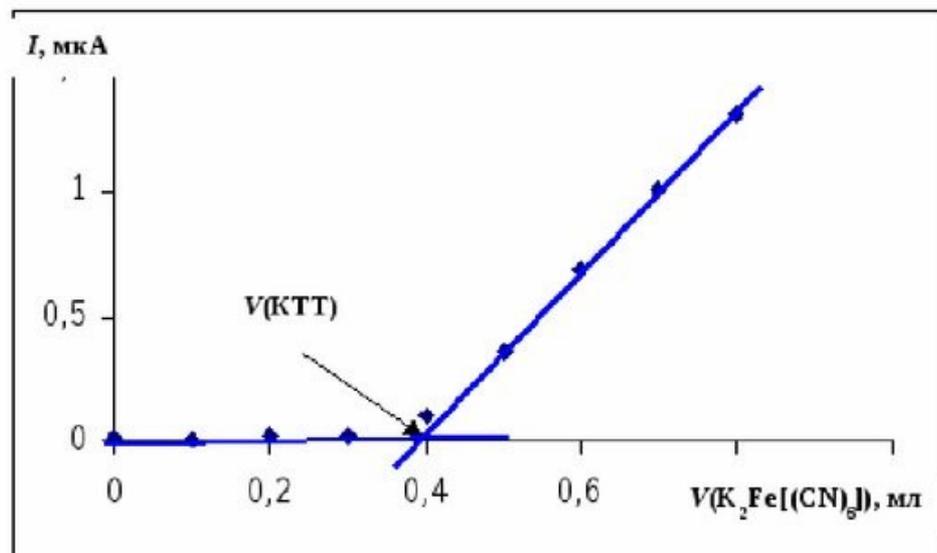
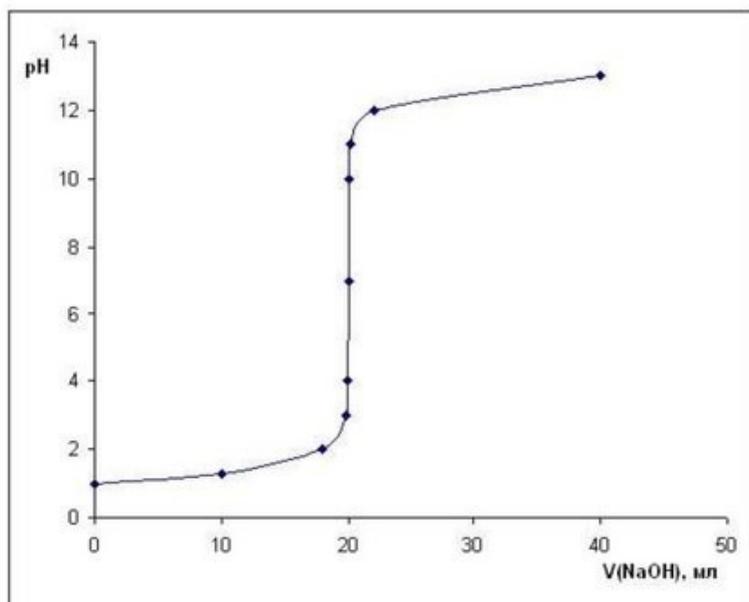
Точка, в которой рассчитано теоретическое эквивалентное количество титранта, называют ***точкой эквивалентности*** или точкой стехиометричности.

Точка, в которой заканчивается титрование с помощью специального указателя – индикатора, называется ***конечной точкой титрования***.

# Кривая титрования

график зависимости параметра системы, связанного с концентрацией определяемого вещества, титранта или продукта реакции, от состава раствора в процессе титрования.

По оси ординат –  $C$ ,  $\lg C$ ,  $E$ ,  $I$ ; по оси абсцисс –  $V_m$  или  $f(\gamma)$  – степень оттитрованности.



## *Закон эквивалентности*

растворы одинаковой концентрации эквивалентов взаимодействуют в равных объёмах

$$C(f_{\text{экв}} A_1) \cdot V_1 = C(f_{\text{экв}} A_2) \cdot V_2$$

$$C\left(\frac{1}{5} KMnO_4\right) \cdot V_{KMnO_4} = C(FeSO_4) \cdot V_{FeSO_4}$$

## *Требования к реакциям в титриметрии*

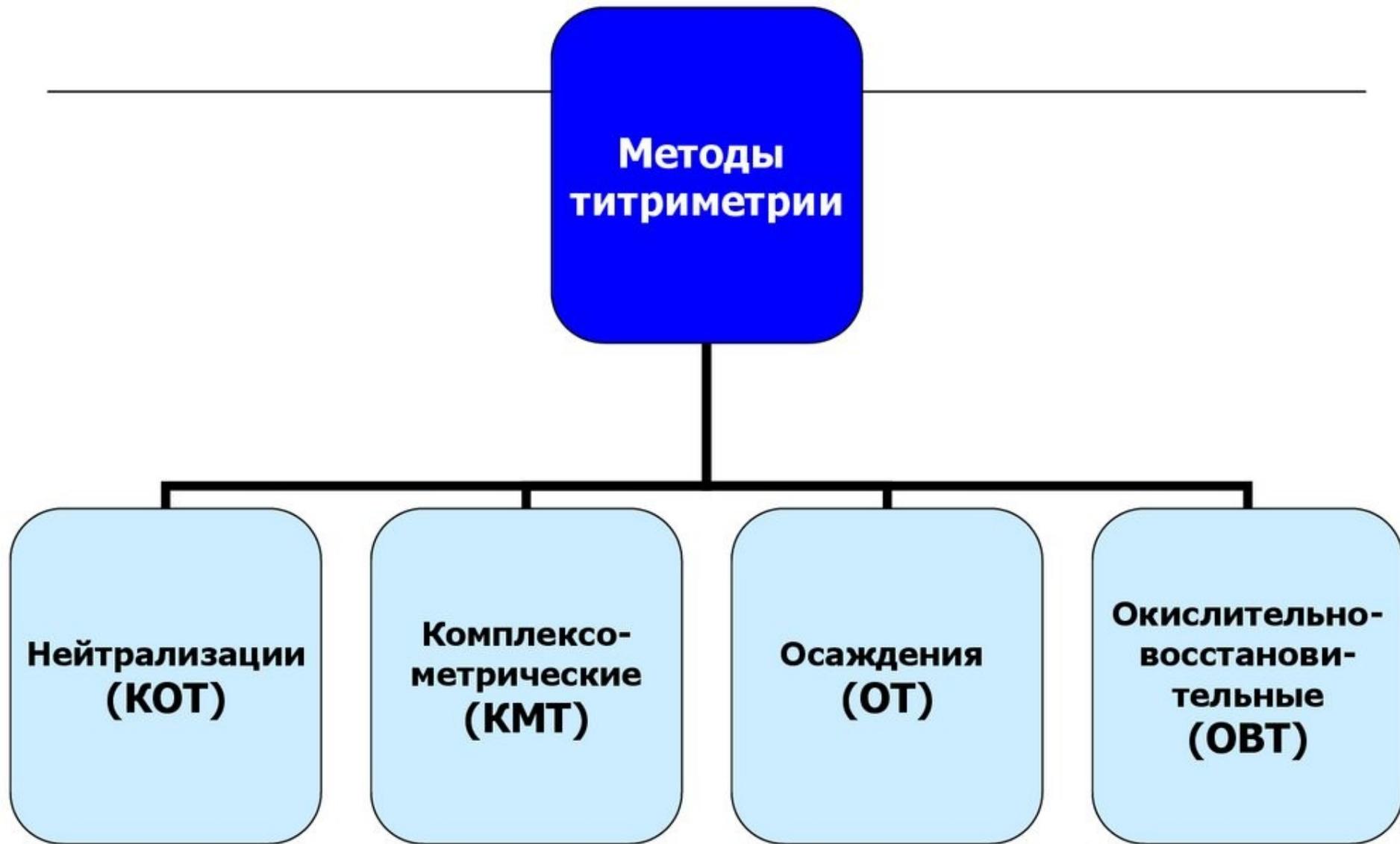
Взаимодействие между реагентом и определяемым веществом должно проходить стехиометрически, в точном соответствии с уравнением реакции.

Реакция должна протекать быстро, количественно, т.е. константа равновесия реакция должна быть большой.

Реагент не должен вступать в реакцию с посторонними веществами, находящимися в растворе.

Необходимо располагать способом установления точки эквивалентности, т.е. такого момента титрования, когда реагент прибавлен в эквивалентном количестве.

# Классификация методов





# Метод нейтрализации

Ацидиметрия

Алкалиметрия

Вид титрования - прямое

Титрант



Кислота  
( $\text{HCl}$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{HNO}_3$ )

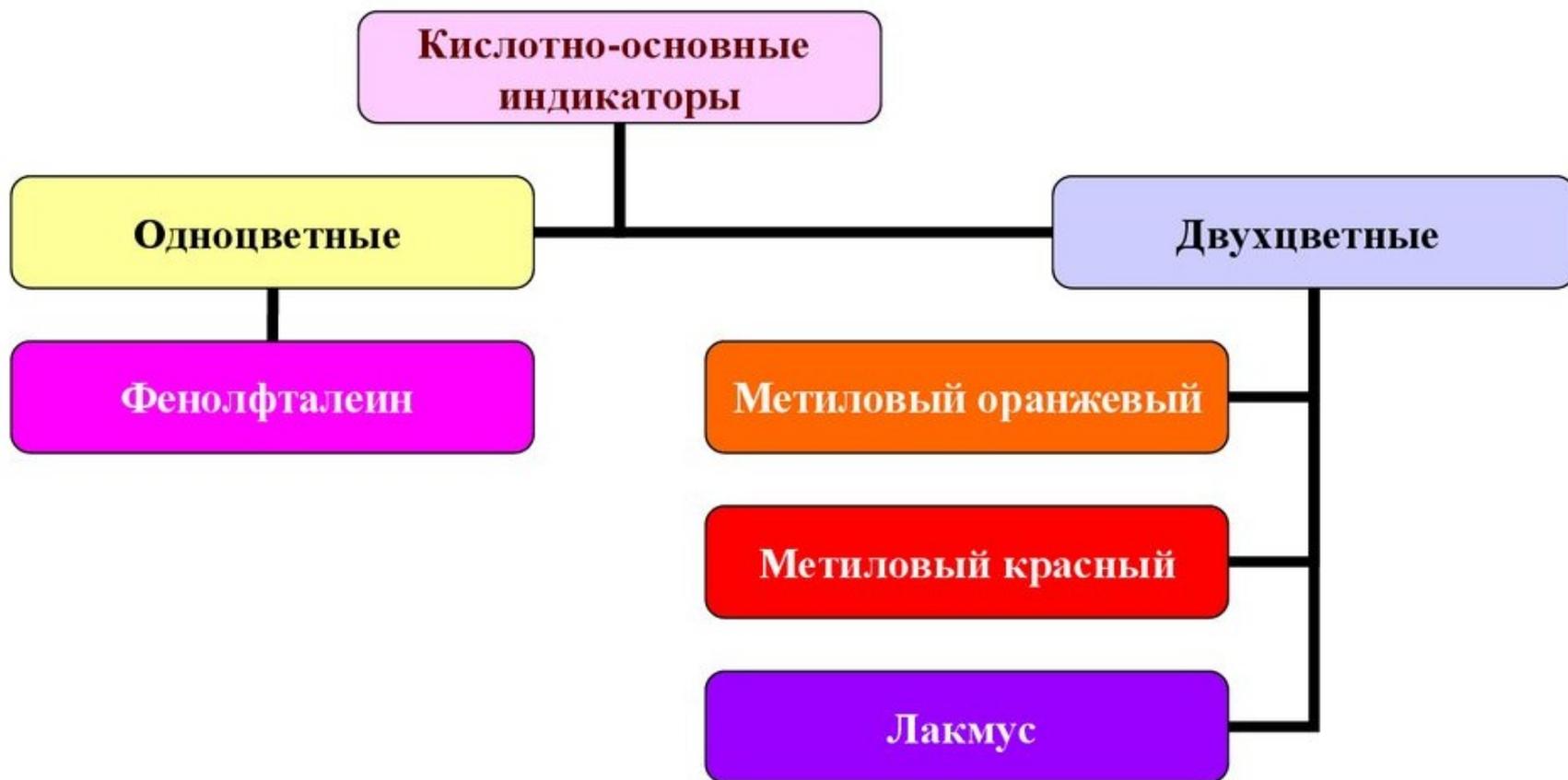
Щелочь  
( $\text{KOH}$ ,  $\text{NaOH}$ )

Определяют основания и соли, гидролизующиеся по аниону

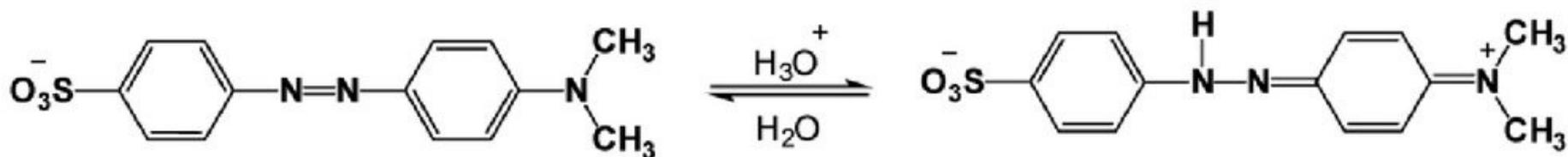
Определяют кислоты и соли, гидролизующиеся по катиону

# Способы фиксирования КТТ в КОТ

- **Инструментальный;**
- **Индикаторный**



# Метиловый оранжевый



# Фенолфталеин

