



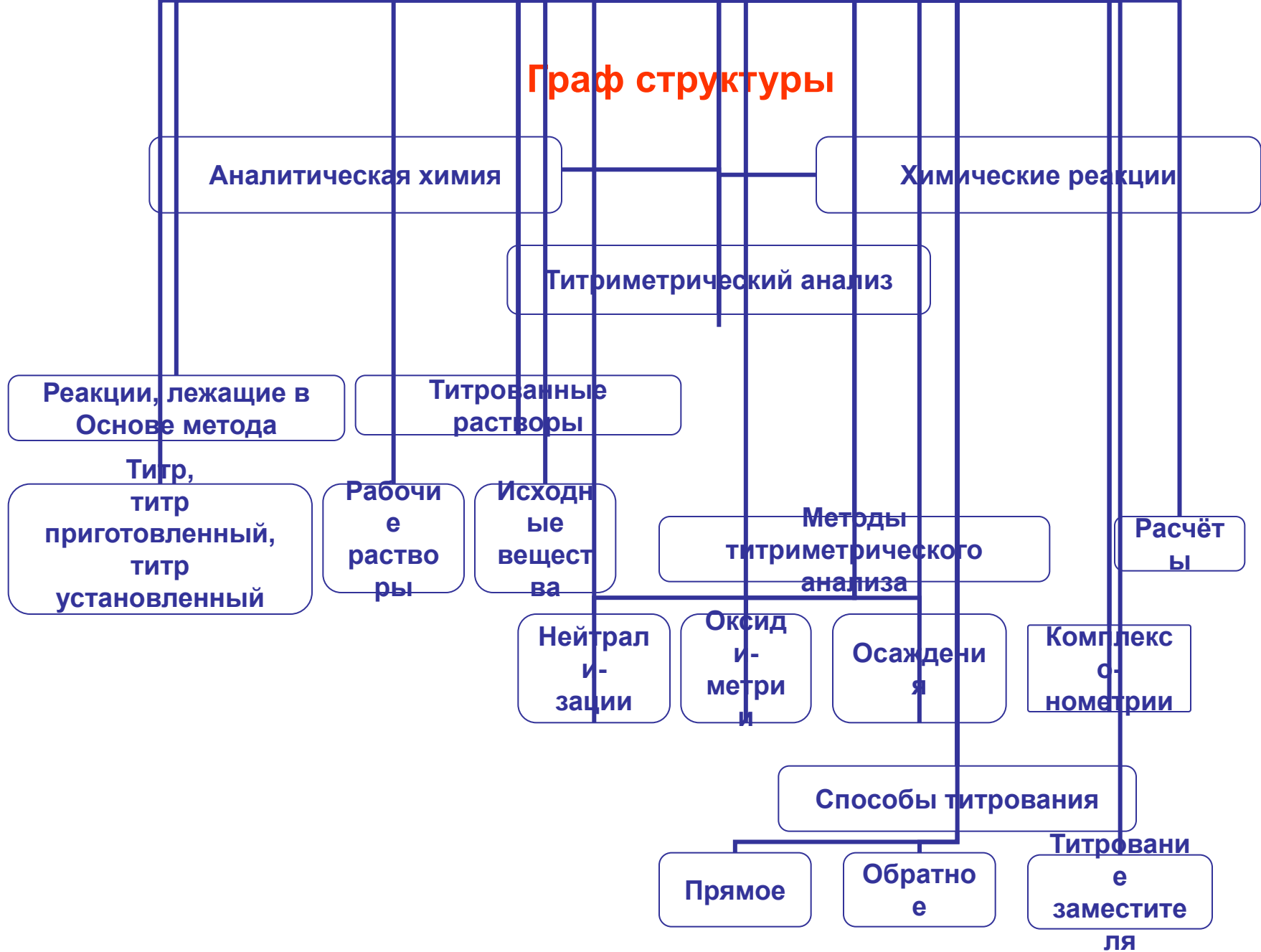
*Кафедра общей и медицинской химии*

**Лекция**

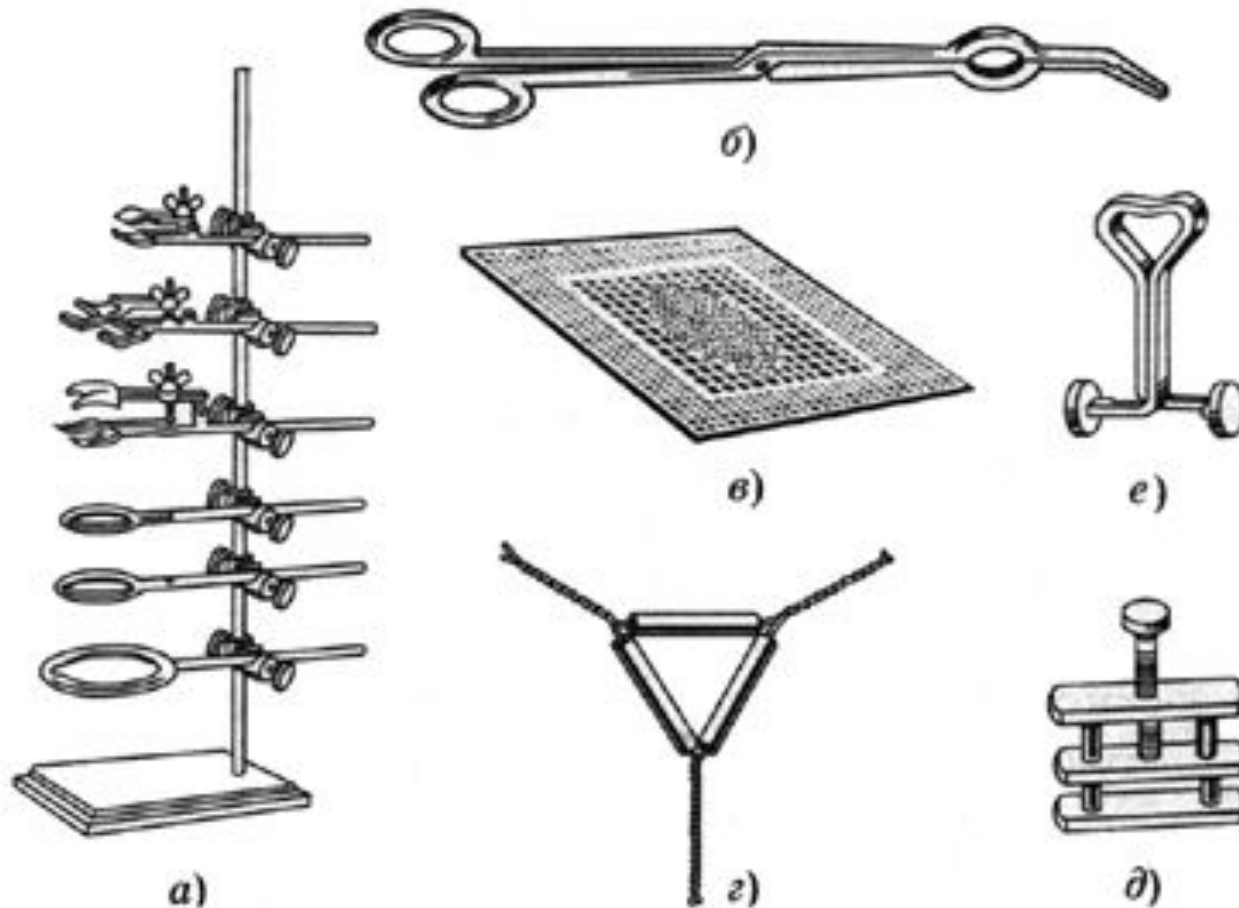
**"Титриметрический анализ.**

**Кривые титрования."**

# Граф структуры



## Лабораторное оборудование.



Металлическое оборудование:

*a* — металлический штатив универсальный; *б* — тигельные щипцы;  
*в* — асбестированная сетка; *г* — проволочный треугольник с фарфоровыми трубками; *д* — пружинный зажим; *е* — винтовой зажим

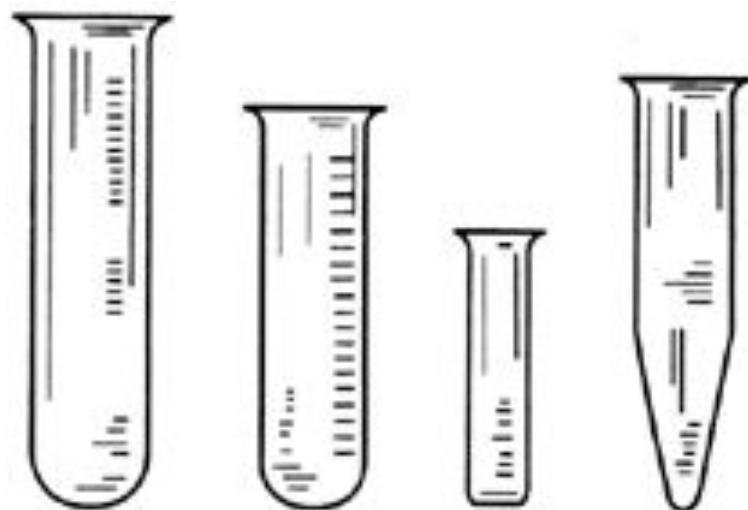


*a)*

*б)*

Емкости для хранения реактивов:

*a* — банки; *б* — склянки



*a)*

*б)*

*в)*

*г)*

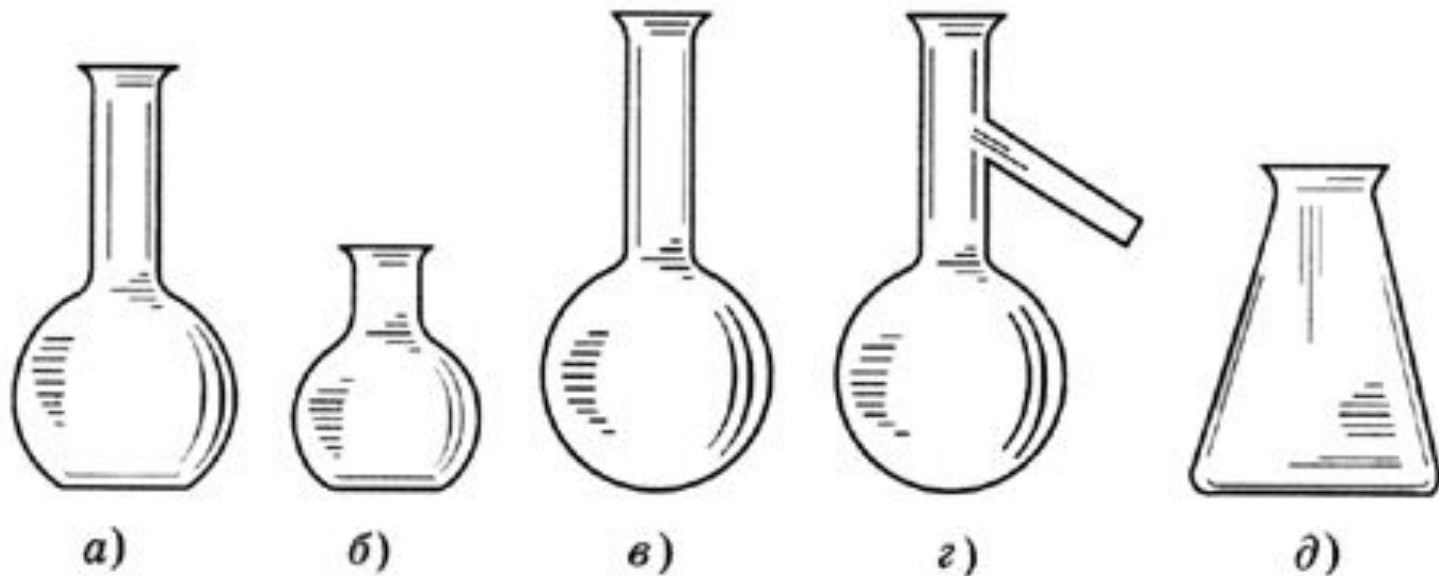
Пробирки:

*a* — простая;

*б* — градуированная;

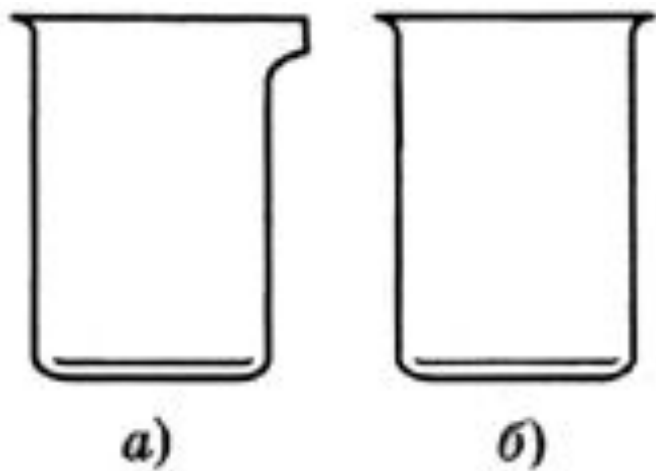
*в* — микро;

*г* — центрифужная коническая



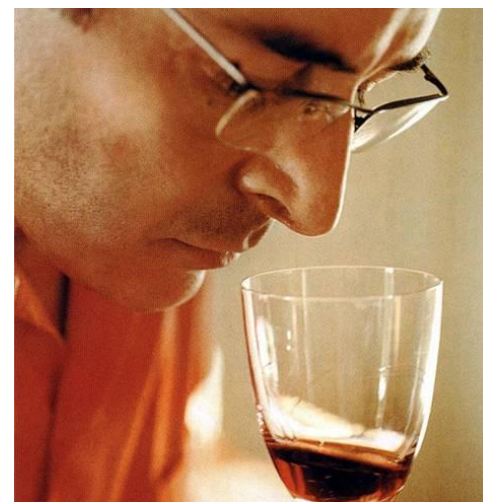
**Колбы:**

*a, б* — плоскодонные; *в* — круглодонная; *г* — колба Вюрца; *д* — коническая



**Стаканы:**

*a* — с носиком;  
*б* — без носика

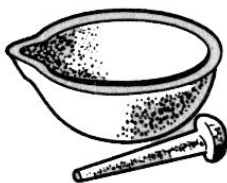




*a)*



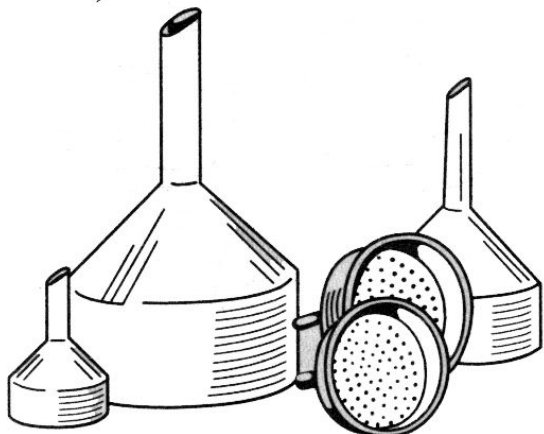
*б)*



*в)*



*г)*



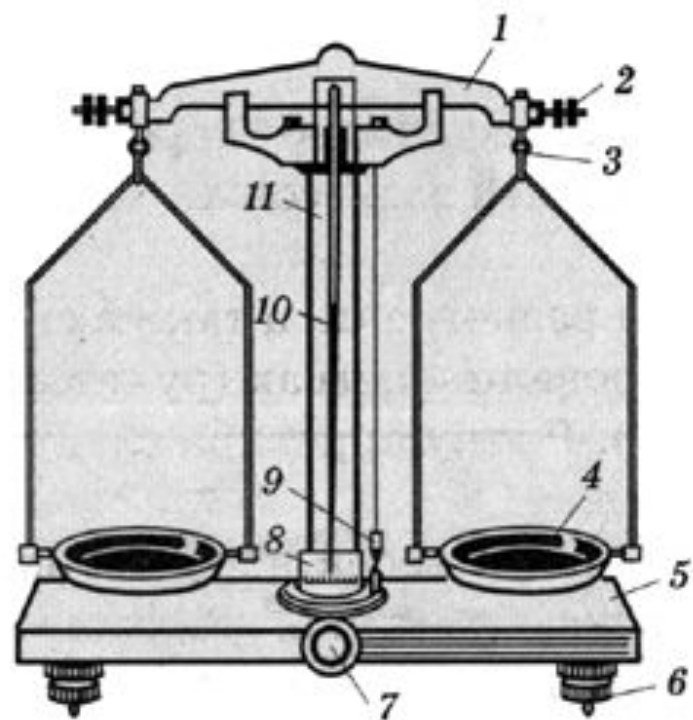
*д)*

Посуда из фарфора:

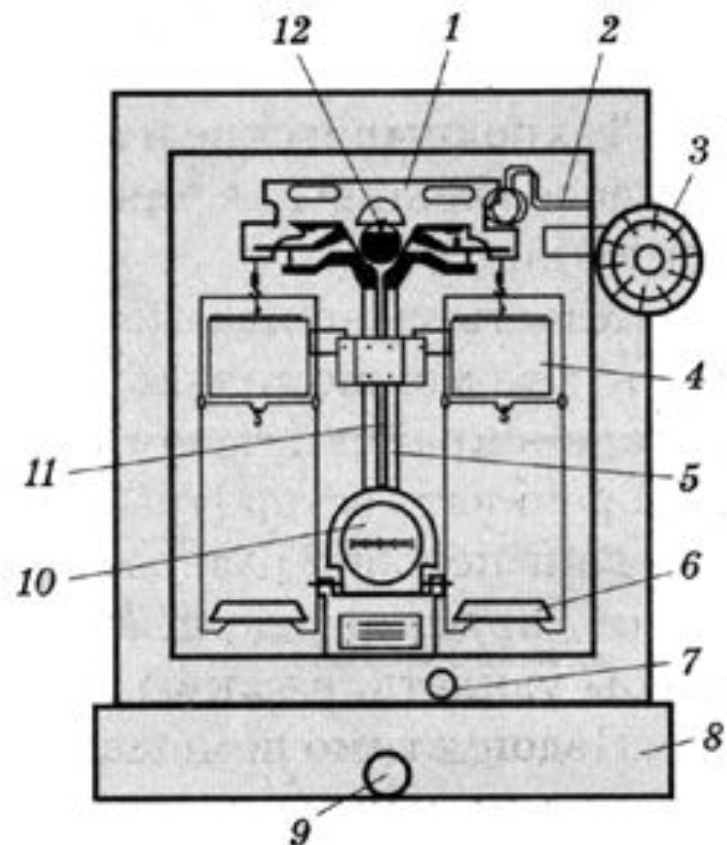
*a* — тигель; *б* — чашка для выпаривания; *в* — ступка с пестиком; *г* — кружки; *д* — воронки Бюхнера



Колба для фильтрования в вакууме  
(колба Бунзена)



а)

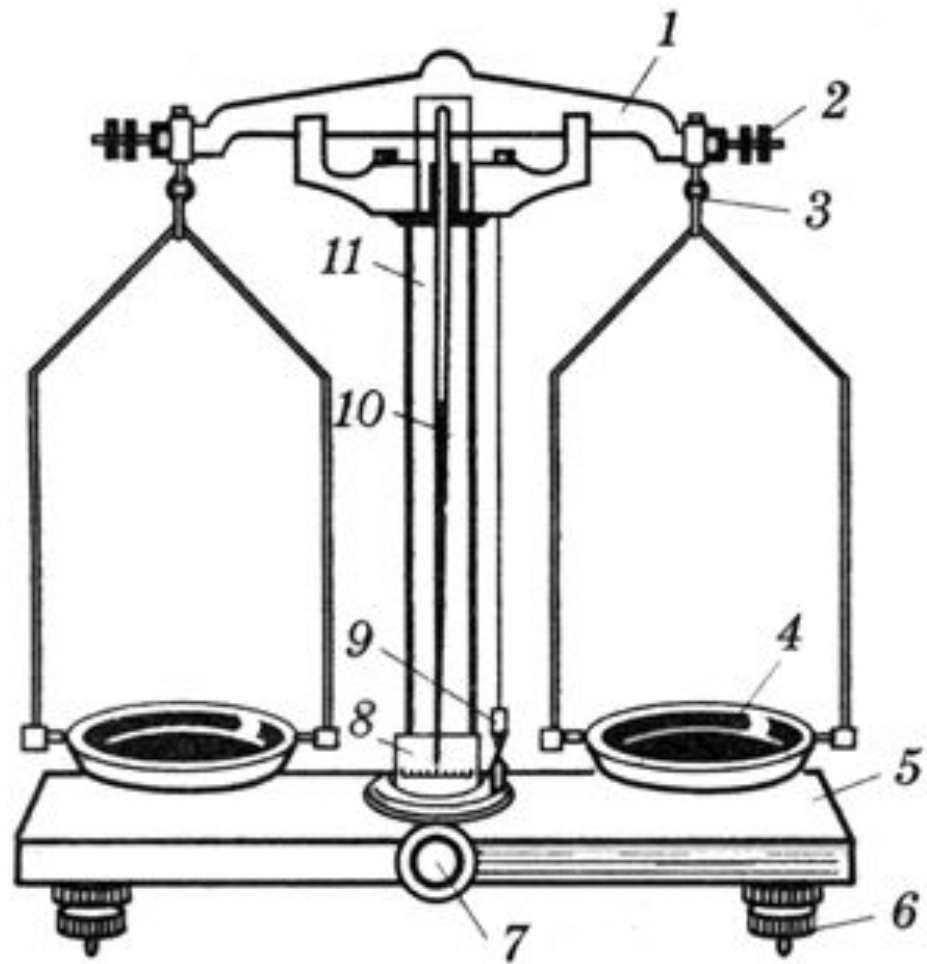


б)

**Весы и их устройство:**

*а* — теххимические: 1 — коромысло; 2 — установочные винты; 3 — серьги; 4 — чашки; 5 — основание; 6 — опорные винты; 7 — ручка арретира; 8 — шкала; 9 — отвес; 10 — стрела; 11 — колонка весов;

*б* — аналитические АДВ-200: 1 — коромысло; 2 — система рычагов; 3 — вращающийся лимб; 4 — демпферы; 5 — колонка; 6 — чашки; 7 — рукоятка для перемещения шкалы; 8 — основание; 9 — ручка арретира; 10 — экран; 11 — стрелка; 12 — призма



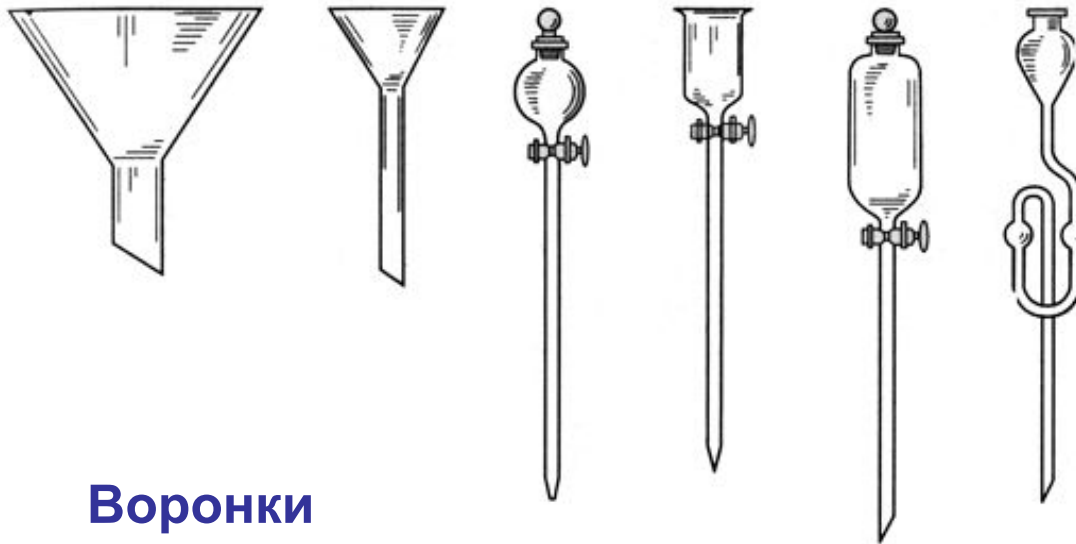


## Магнитные мешалки



## Устройства перемешивающие



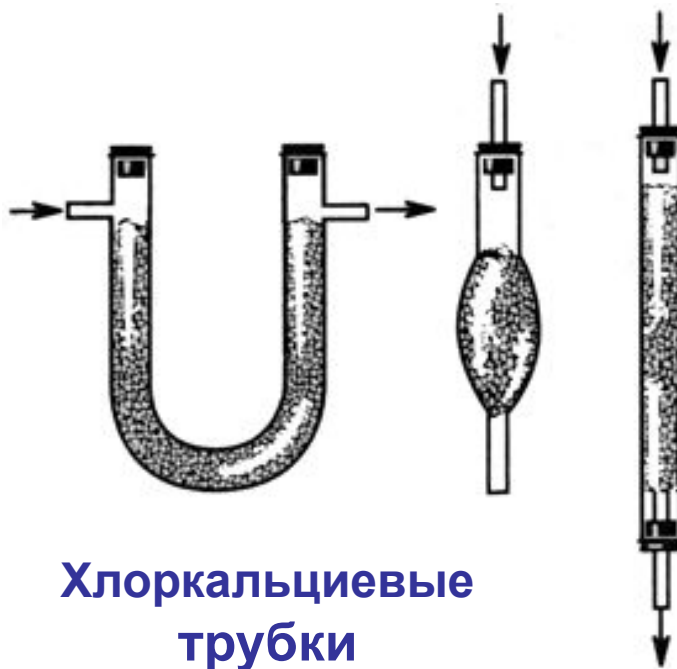
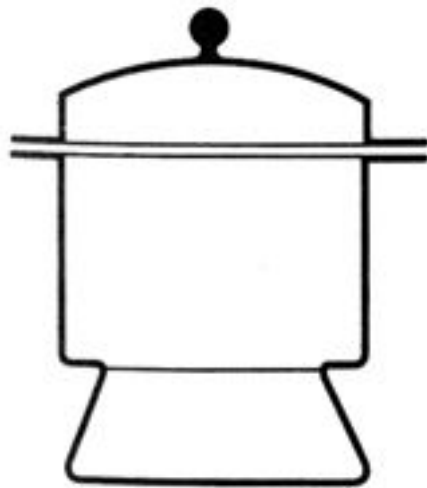


**Воронки**

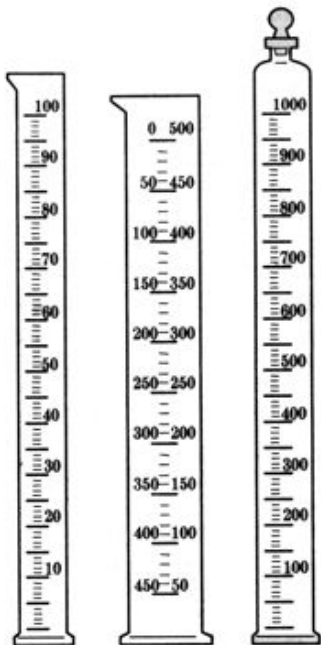
**Промывные  
склянки**



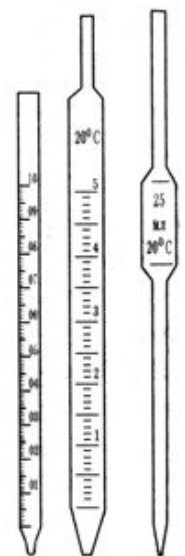
# Эксикаторы



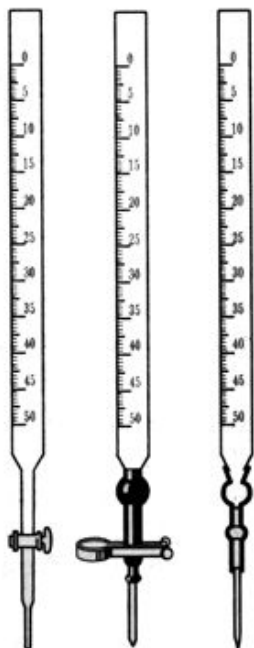
Хлоркальциевые  
трубки



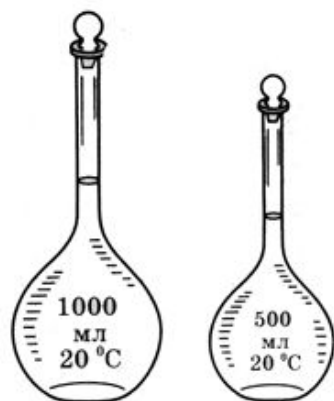
**Цилиндры**



**Пипетки**



**Мерные  
стаканы**

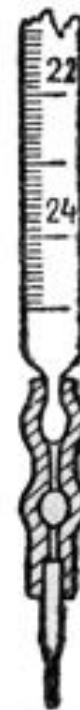


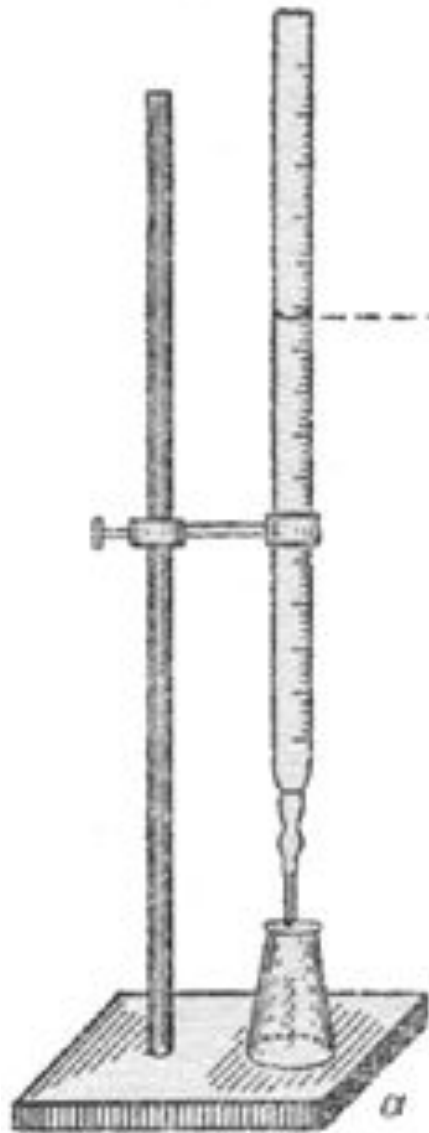
**Мерные  
колбы**

**Мерная  
посуда**

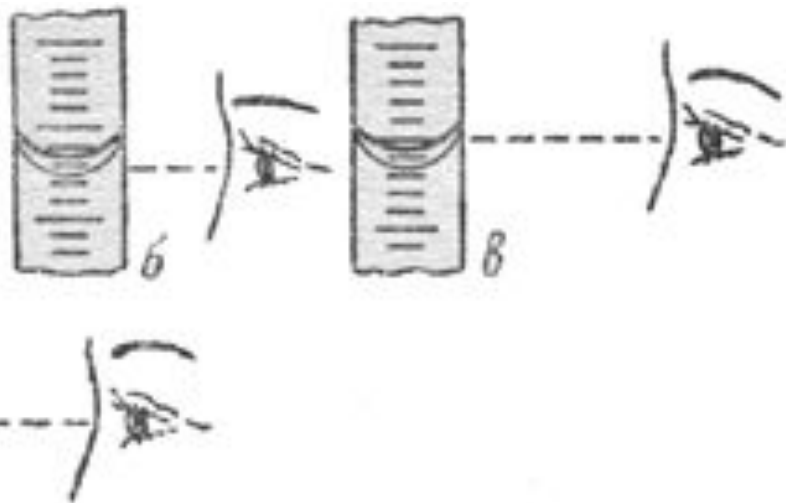


**Бюретки**





Наблюдение за положением  
мениска жидкости  
в бюретке



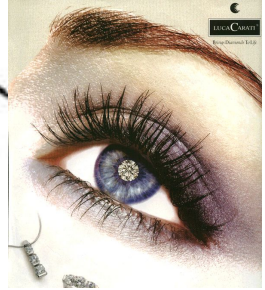
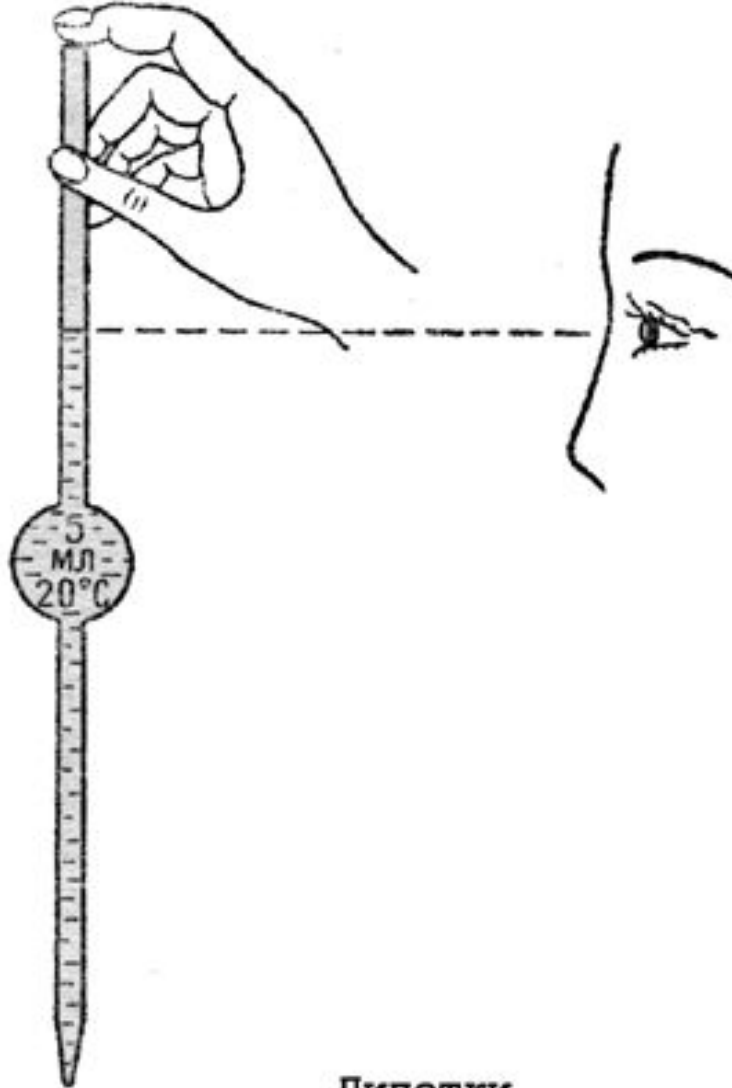
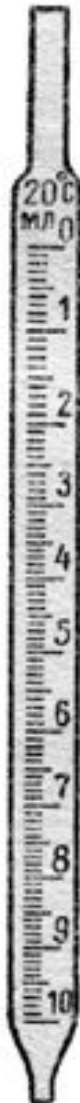
а , б - прозрачные растворы  
в - цветные растворы







Микропипетки  
(дозаторы)



Пипетки

# Титриметрический анализ.

$$T = m/V \text{ ( г/мл )}$$

$$V_1 \cdot N_1 = V_2 \cdot N_2$$

## ОСНОВНЫЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА:

### 1. Нейтрализации



### 2. Окислительно-восстановительные



### 3. Комплексообразования



### 4. Осаждения





## Требования к исходным веществам:

1. Состав вещества должен соответствовать формуле.
2. Вещество не должно быть гигроскопичным и хорошо растворимым в воде.
3. Должны быть устойчивы при хранении на воздухе
4. Должны быть без примесей, хорошо очищаться
5. Должно иметь большую молярную массу.

$$T_{\text{пригот.}} = m / V$$

# Требования к реакциям

1. Реакция должна протекать в соответствии со стехиометрическим уравнением реакции и должна быть практически необратима.
2. Результат реакции должен отображать количество анализируемого вещества. Константа равновесия реакции должна быть достаточно велика.
3. Реакция должна протекать без побочных реакций, иначе нельзя применить закон эквивалентов.
4. Реакция должна протекать с достаточно большой скоростью, т.е. за 1-3 секунды. Это главное достоинство титриметрического анализа.
5. Должен существовать способ фиксирования точки эквивалентности. Окончание реакции должно определяться достаточно легко и просто.

**Если реакция не удовлетворяет хотя бы одному из этих требований, она не может быть использована в титриметрическом анализе!**

## **Титрование**

- процесс постепенного добавления раствора с известной концентрацией к определенному объему исследуемого раствора до момента окончания реакции, что фиксируется по изменению окраски индикатора.

## Кислотно-основное титрование

Бюретка наполнена раствором сильной кислоты (или сильного основания) известной концентрации. Из бюретки в колбу медленно добавляют реагент до тех пор, пока в конечной точке титрования **одна капля не заставит индикатор устойчиво изменить окраску**. По уровню жидкости в бюретке, соответствующему конечной точке титрования, определяют количество кислоты (или основания), потребовавшееся для нейтрализации анализируемого раствора.

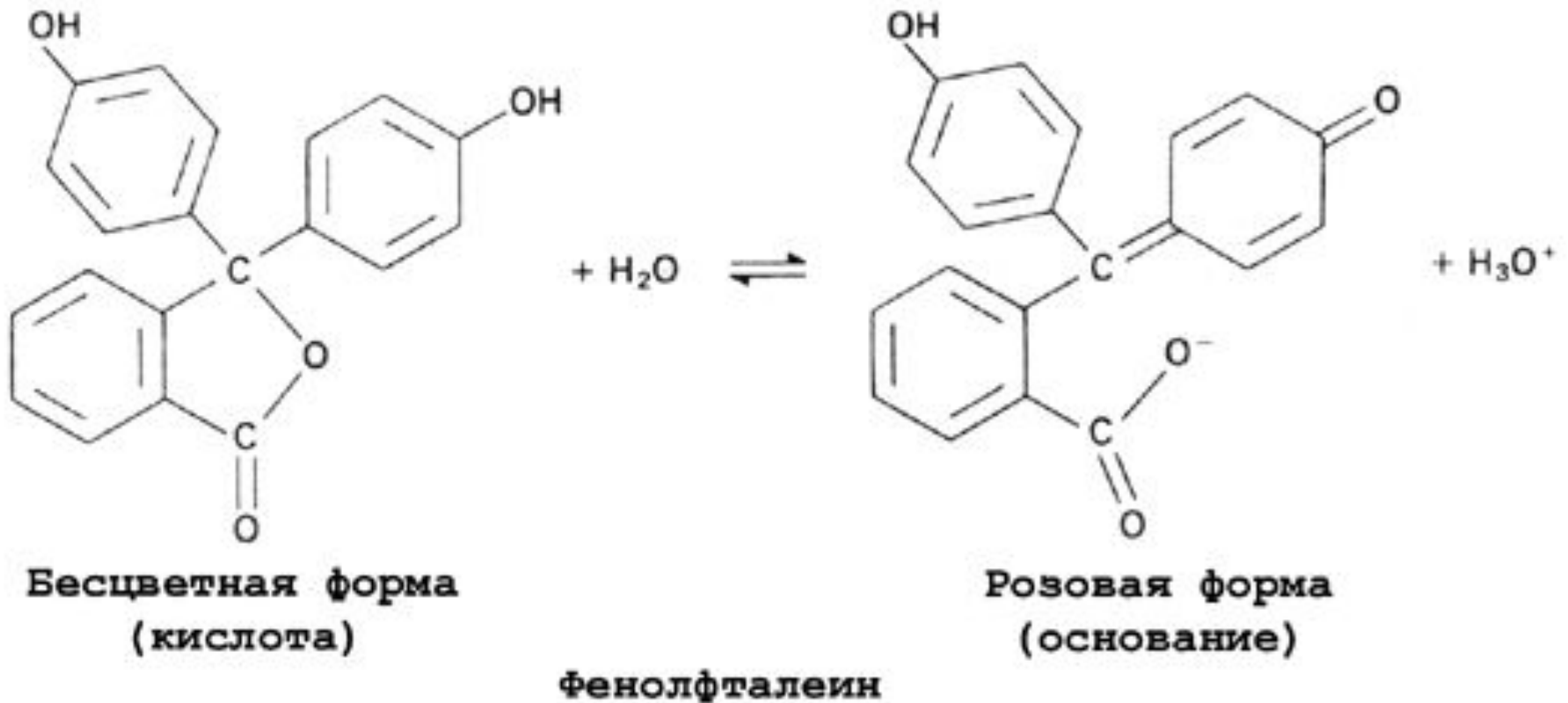
$$V_{\text{к}} \cdot N_{\text{к}} = V_{\text{щ}} \cdot N_{\text{щ}}$$

## Метод нейтрализации

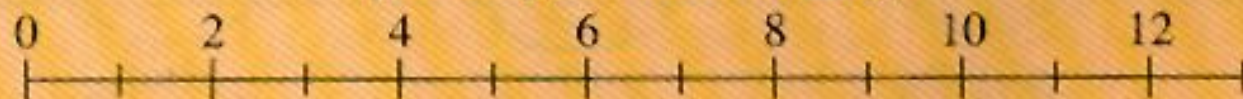
Метод	Определяемое вещество	Рабочий раствор	Исходное вещество
Ацидиметрия	— щелочи; — соли, дающие щелочную реакцию среды	HCl, H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	бура Na <sub>2</sub> B <sub>4</sub> O <sub>7</sub> ·10H <sub>2</sub> O сода Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>
Алкалиметрия	— кислоты; — соли, дающие кислую реакцию среды	KOH, NaOH	щавелевая кислота H <sub>2</sub> C <sub>2</sub> O <sub>4</sub> ·2H <sub>2</sub> O янтарная кислота H <sub>2</sub> C <sub>4</sub> H <sub>4</sub> O <sub>4</sub>

## Кисотно-основные индикаторы. Выбор индикатора.

**Индикаторы** - органические вещества, изменяющие окраску в зависимости от кислотности среды - pH раствора.



Различие в цвете обусловлено разными структурами.

**Indicator name****pH range for color change**

Methyl violet

yellow  violet

Thymol blue (acidic range)

red  yellow

Bromphenol blue

yellow  blue

Methyl orange

red  yellow

Bromcresol green

yellow  blue

Methyl red

red  yellow

Bromthymol blue

yellow  blue

Thymol blue (basic range)

yellow  blue

Phenolphthalein

colorless  pink

Alizarin yellow R

yellow  red



## Зона перемены окраски индикатора

(зависит от соотношения концентраций молекулярной и ионизированной форм)



$$\hat{E}_{\text{ä}} = \frac{[\text{H}^+][\text{Ind}^-]}{[\text{HInd}]}$$

$$\text{pH} = \text{pK}_{\text{ä}} - \lg \frac{[\text{HInd}]}{[\text{Ind}^-]}$$

1. Метилоранж (3,1 – 4,4),  $\text{pK} = 4,0$



2. Лакмус (5,0 – 8,0),  $pK = 7$

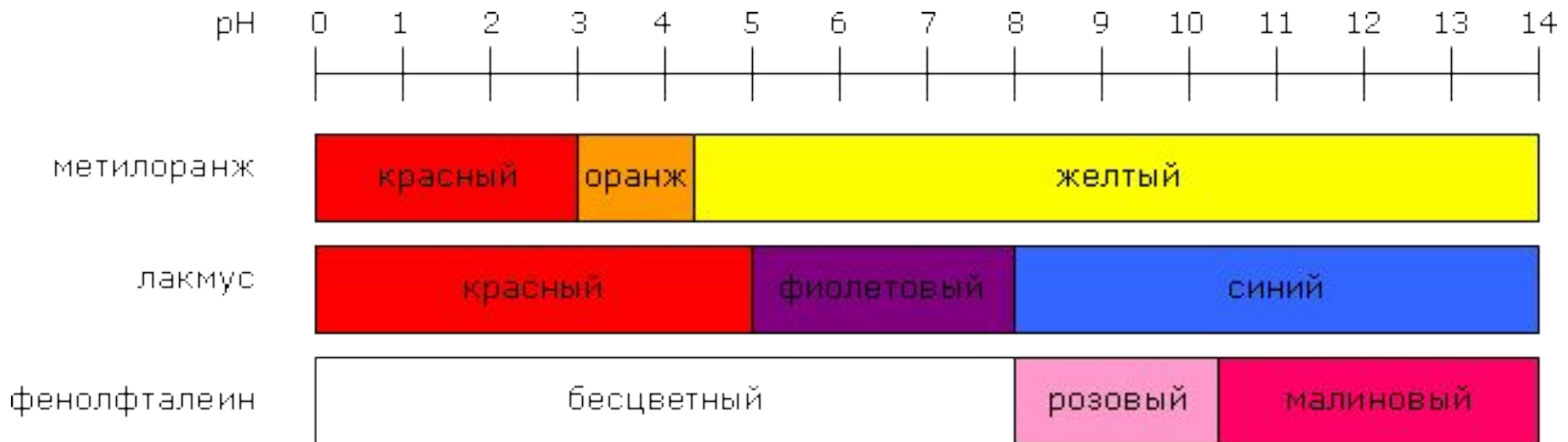


3. Фенолфталеин (8,1 – 10,0),  $pK = 9$



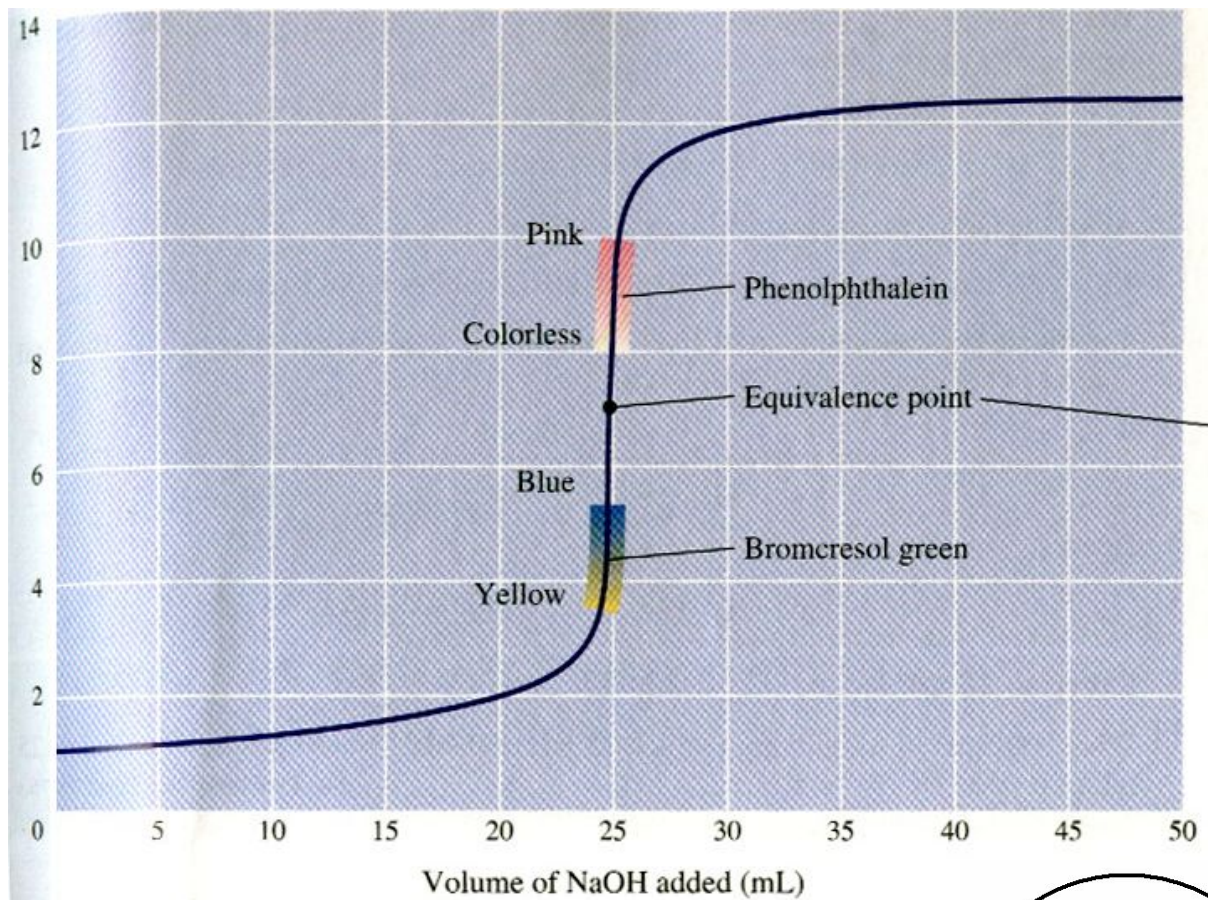
**Зона перемены окраски индикатора должна совпасть со скачком титрования!!**

## Изменение цвета индикаторов



# КРИВЫЕ ТИТРОВАНИЯ

## 1. Титрование сильной кислоты щелочью



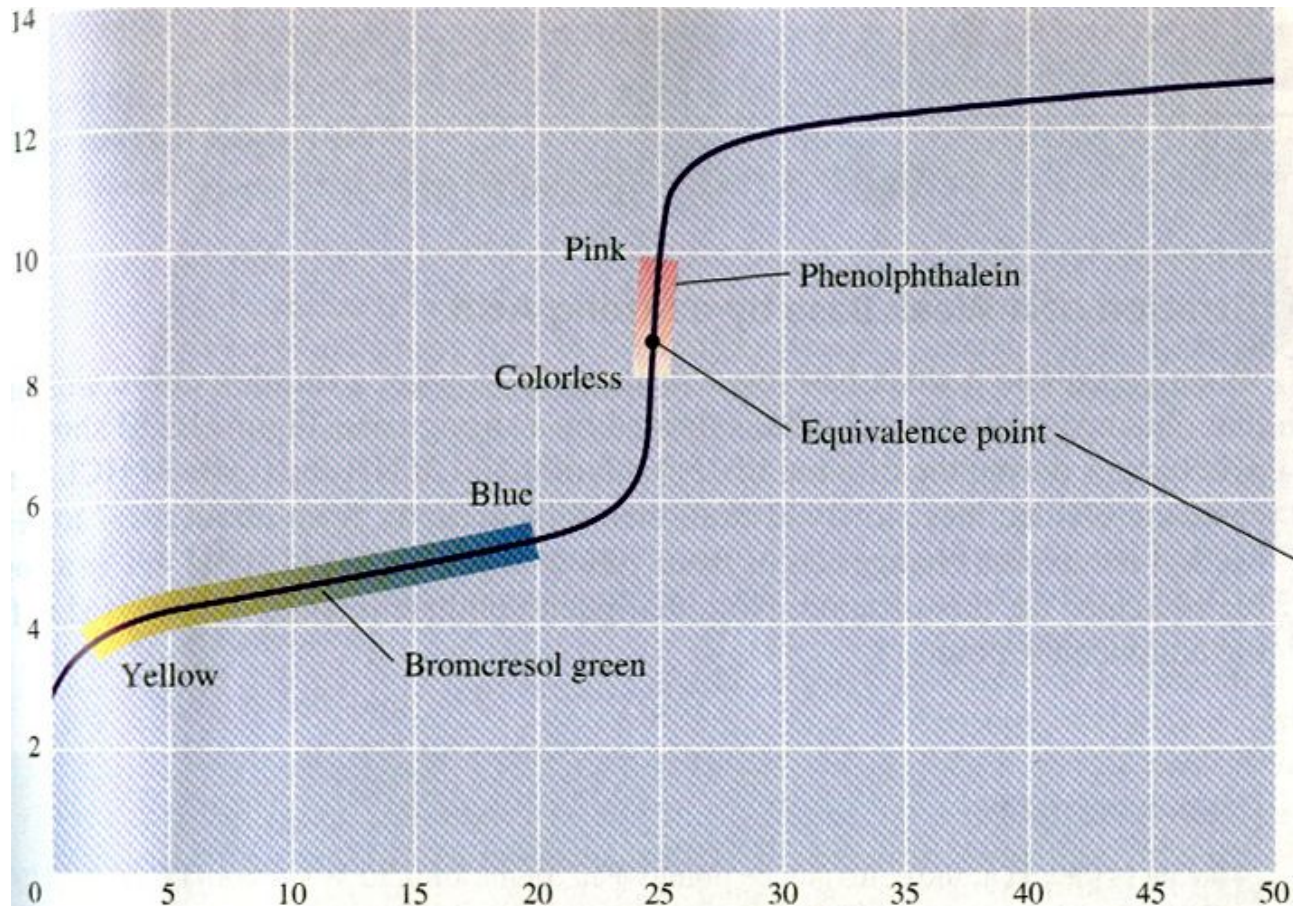
$V \approx 0.05$  мл

$\text{pH}_{\text{т.э.}} = 7$

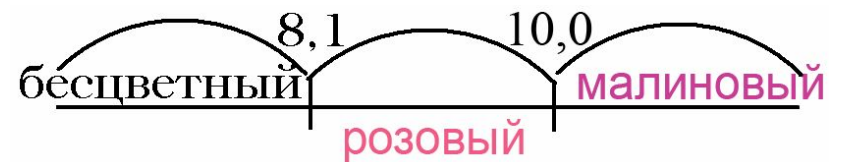
бесцветный | 8,1 | розовый | 10,0 | малиновый



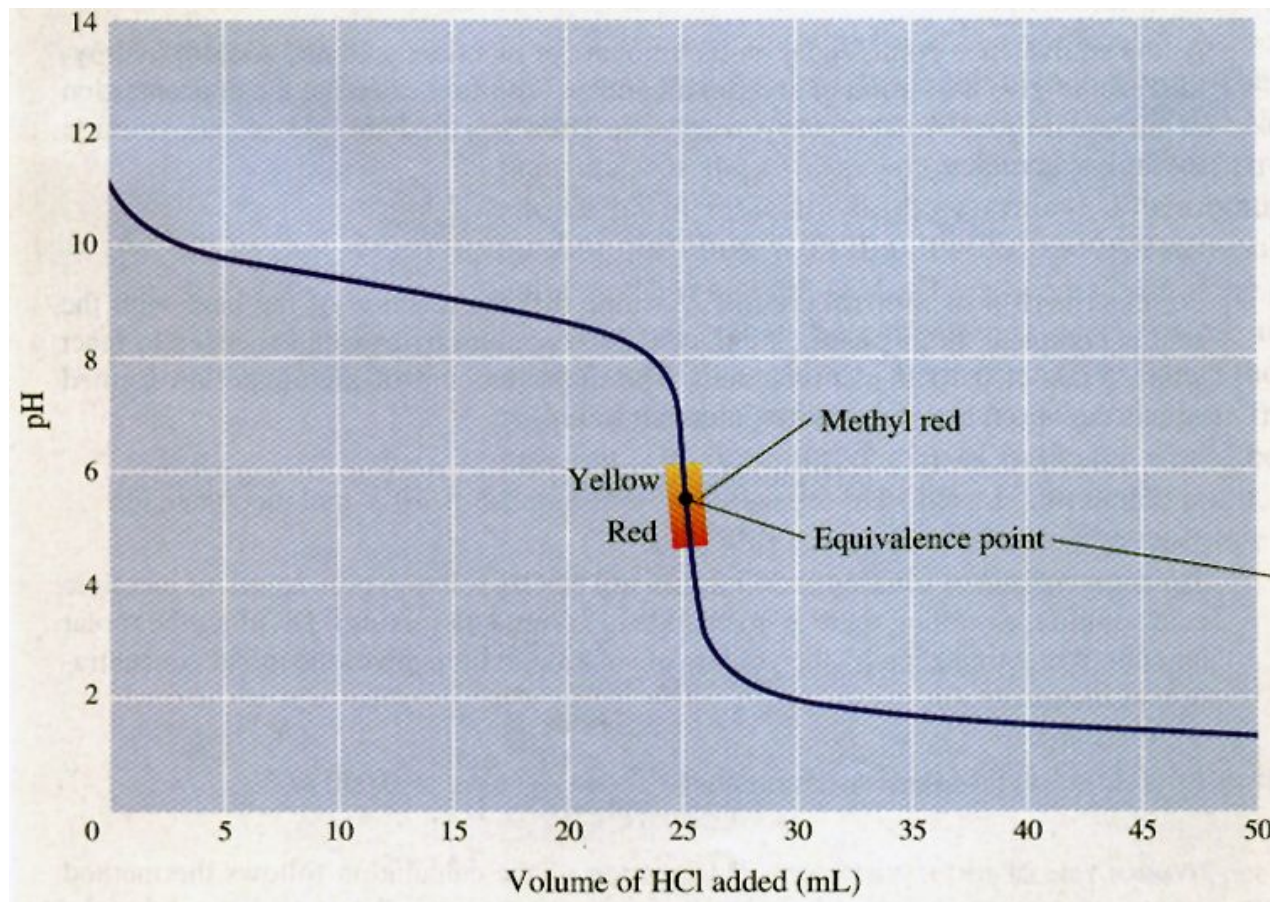
## 2. Титрование слабой кислоты щелочью



$$\text{pH}_{\text{Т.э.}} = 7 + \frac{1}{2} \text{p}K_{\text{к}} + \frac{1}{2} \lg C_{\text{с}}$$



### 3. Титрование слабого основания сильной кислотой:



$$\text{pH}_{\text{т.э.}} = 7 - \frac{1}{2} \text{pK}_{\text{осн}} - \frac{1}{2} \lg C_c$$



Необходимо помнить, что принципы работы индикаторов в других методах титрования – иные, поскольку рН растворов остается неизменным!!!

**В иодометрии**  
индикатор  
крахмал дает  
синюю окраску с  $I_2$ .

**В перманганатометрии**  
индикатор не требуется,  
так как раствор  
 $Mn^{2+}$  бесцветен, а  $MnO_4^-$   
имеет розово-фиолетовую  
окраску.

## Способ титрования в методе нейтрализации- прямое титрование



К 100мл желудочного сока добавляем 0.1н раствор NaOH (индикатор – фенолфталеин). В точке эквивалентности появится розовая окраска. Рассчитать рН желудочного сока, если на титрование израсходовано 44мл раствора щелочи.

$$V_{\text{HCl}} \cdot N_{\text{HCl}} = V_{\text{NaOH}} \cdot N_{\text{NaOH}}$$

$$N_{\text{HCl}} = \frac{V_{\text{NaOH}} \cdot 0,1}{100} = \frac{44 \cdot 0.1}{100} = 0.044 \text{ моль - экв/л}$$

$$\text{pH} = -\text{lg } 0.044 = 1.36$$



## Клинический анализ желудочного содержимого.

**Кислотность желудочного сока –**  
количество мл 0,1 н раствора щелочи, необходимого для  
нейтрализации 100 мл профильтрованного желудочного  
содержимого.

Норма	– 40-60 мл 0,1 н NaOH;
Пониженная кислотность	– 30 мл 0,1 н NaOH;
Повышенная кислотность	– 60 мл н NaOH.

## Задача.

Для устранения кислого характера сточных растворов часто применяется известняковая мука. Если суточный объем очищаемой воды равен  $2000 \text{ м}^3$ , значение рН исходного раствора равно 4, то с учетом 80 %-го содержания действующего вещества в пересчете на карбонат кальция в известняковой муке ее расход составит \_\_\_\_\_ кг в сутки

Для устранения кислого характера сточных растворов часто применяется известняковая мука. Если суточный объем очищаемой воды равен  $2000 \text{ м}^3$ , значение pH исходного раствора равно 4, то с учетом 80 %-го содержания действующего вещества в пересчете на карбонат кальция в известняковой муке ее расход составит \_\_\_\_\_ кг в сутки

$$1/2 \cdot 200 = 100 \leftarrow 200 \text{ моль}$$



$$n_{\text{H}^+} = 2 \cdot 10^3 \cdot 10^3 \cdot 10^{-4} = 200 \text{ моль}$$

$$n_{\text{CaCO}_3} = \frac{1}{2} \cdot 200 = 100 \text{ моль}$$

$$m_{\text{CaCO}_3} = M \cdot n = 100 \cdot 100 = 10000 \text{ г} = 10 \text{ кг (чист.)}$$

$$m_{\text{CaCO}_3 (\text{с примесями})} = \frac{10}{0.8} = 12.5 \text{ кг}$$



**Спасибо за внимание!**