



# **ТИТРИМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ**

---

# Сущность титриметрического анализа

Основан на измерении объема реагента точно известной концентрации, затраченного на реакцию с определяемым компонентом.

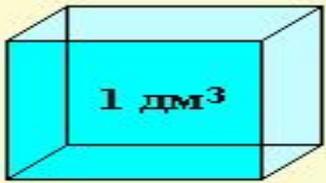
- Применяются **титрованные растворы** – растворы концентрация которых точно известна.
- Основан на **законе эквивалентов**:

$$C_1 \cdot V_1 = C_2 \cdot V_2$$

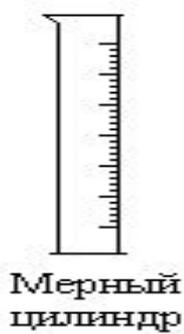
- + Анализ быстрый;
- + Довольно точный;
- Анализ эталонный.

# Основные понятия

- **Титрование** – процесс постепенного прибавления по каплям раствора-титранта к анализируемому раствору.
- **Титрант (рабочий раствор)** – это раствор которым титруют, его концентрация должна быть точно известна.
- **Титр** – это концентрация раствора, указывающая какая масса вещества содержится в одном мл раствора (Т, г/мл).
- **Точка эквивалентности (ТЭ)** – это тот момент титрования, когда количество добавленного титранта химически эквивалентно количеству титруемого вещества.
- **Конечная точка титрования (КТТ)** - это момент окончания титрования (часто определяется по изменению окраски индикатора).



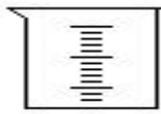
Единицы  
объема



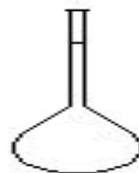
Мерный  
цилиндр



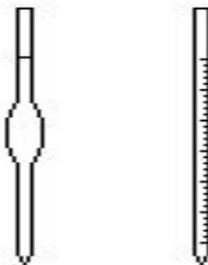
Мензурка



Мерный  
стакан



Мерная  
колба



Пипетки

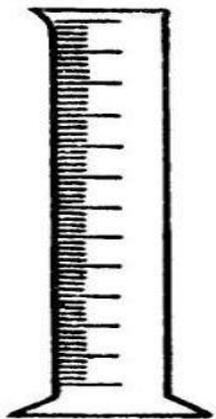


Бюретка



## Мерная посуда

Мерный  
цилиндр



Градуированная  
пипетка



Простая пипетка  
(пипетка Мора)

Бюретка



Шкала  
мерной  
посуды

Бюретка



# Лабораторное оборудование для титриметрического анализа

## Мерные колбы

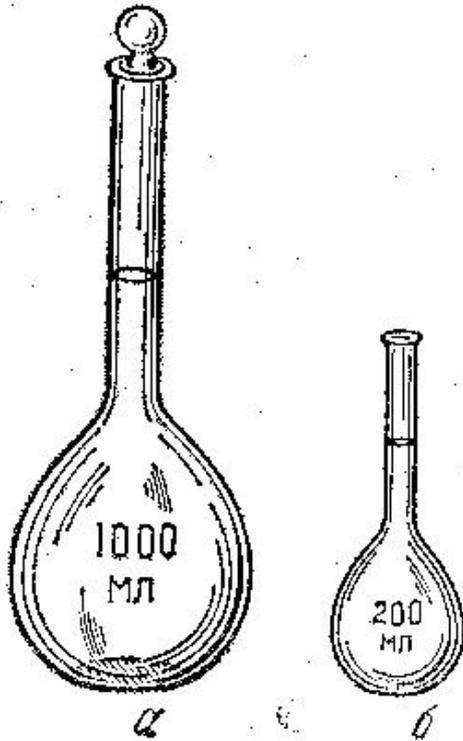


Рис. 6. Мерные колбы.  
а — с притертой пробкой;  
б — без пробки.

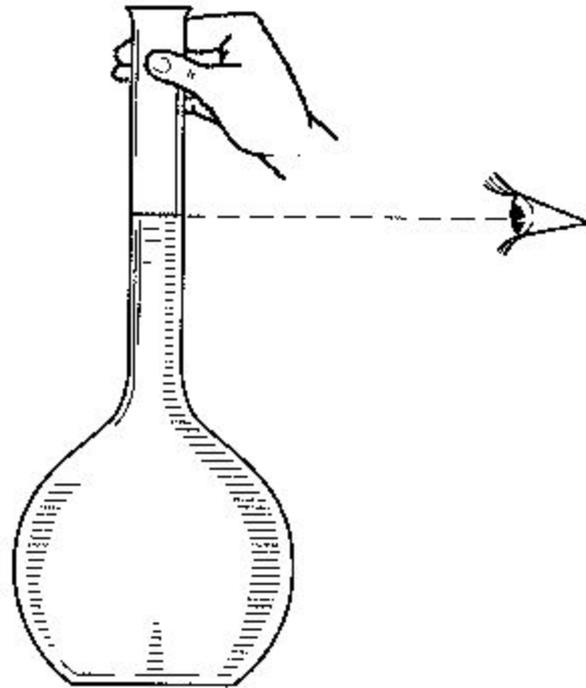


Рис. 2.3. Наблюдение за  
правильностью установки  
мениска в мерной колбе

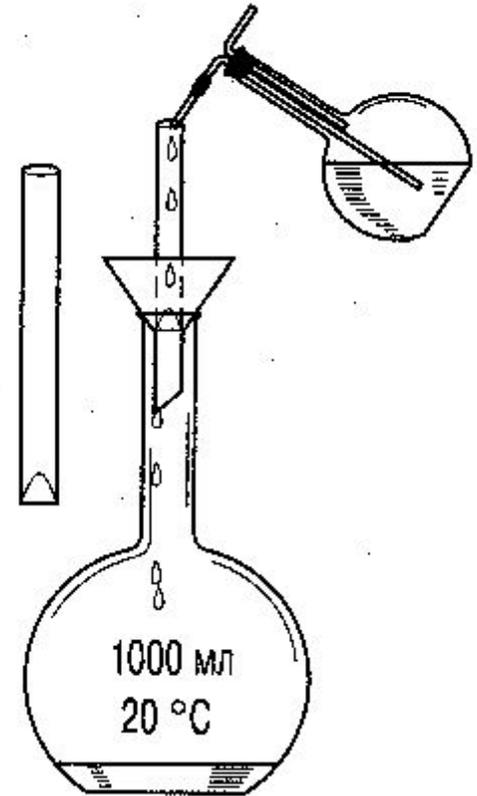


Рис. 7.1. Приготовле-  
ние раствора  
фиксанала

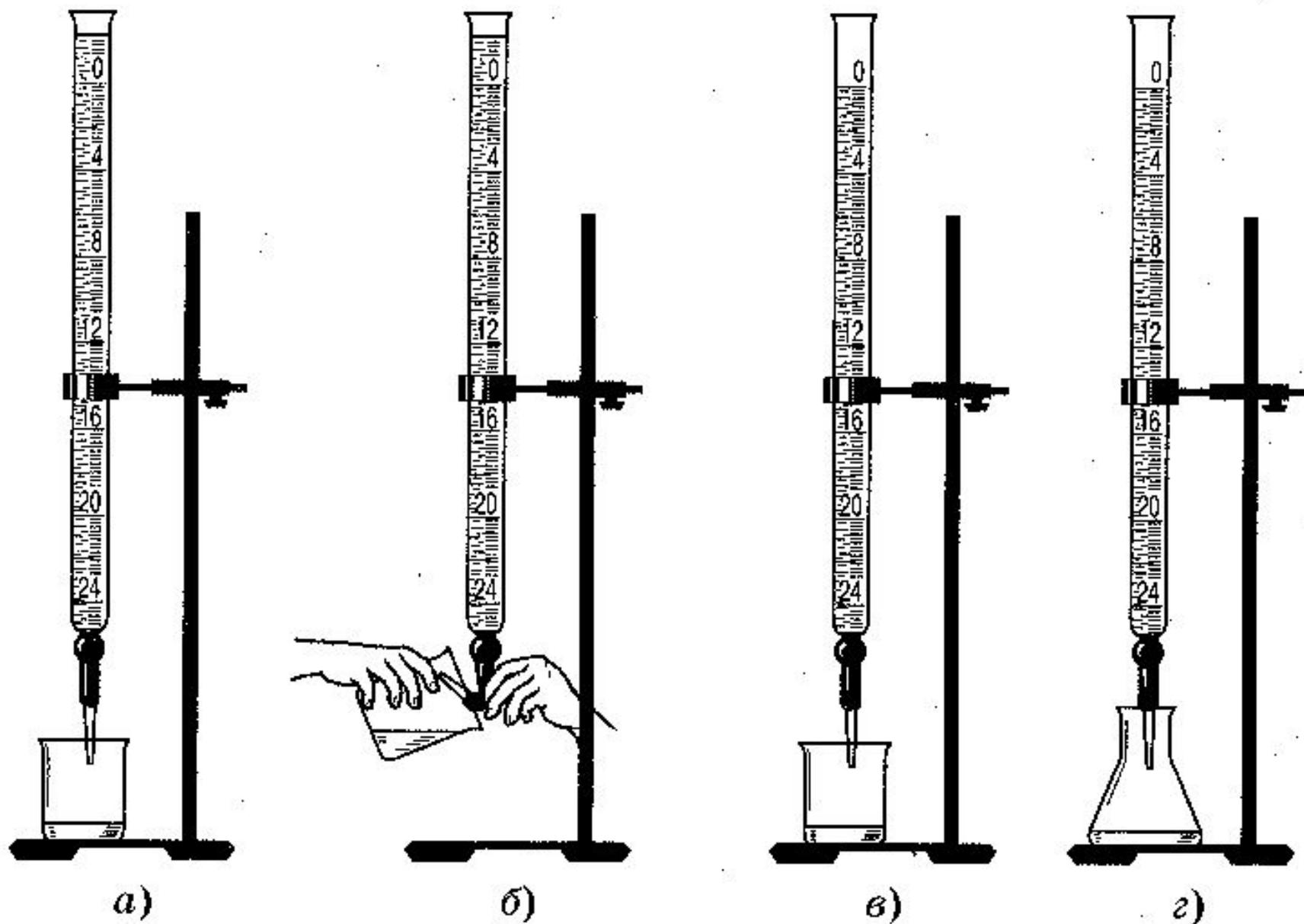


Рис. 2.10. Приемы работы с бюреткой

# Лабораторное оборудование для титриметрического анализа

## Пипетки

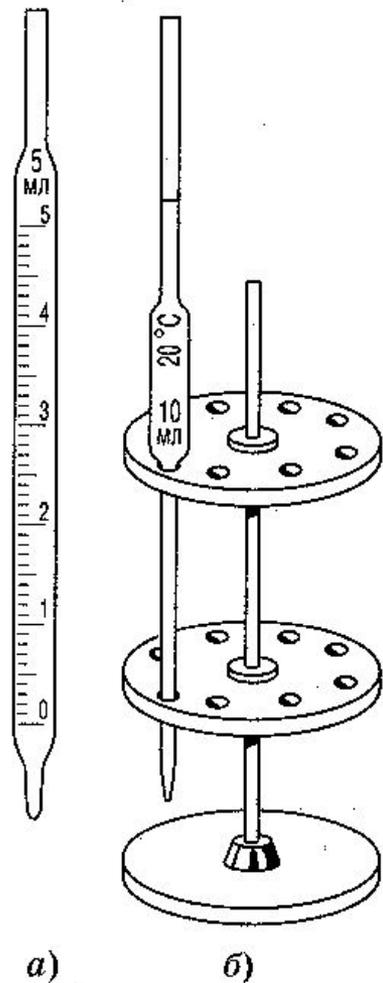


Рис. 2.4. Пипетки:  
а — градуированная;  
б — простая

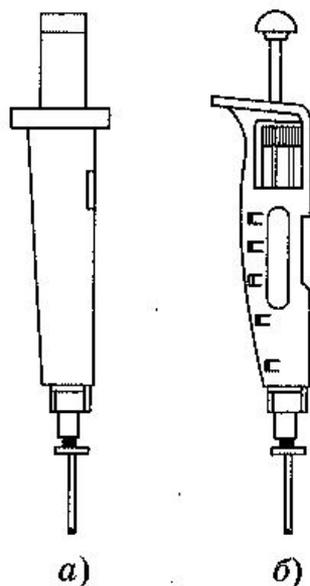
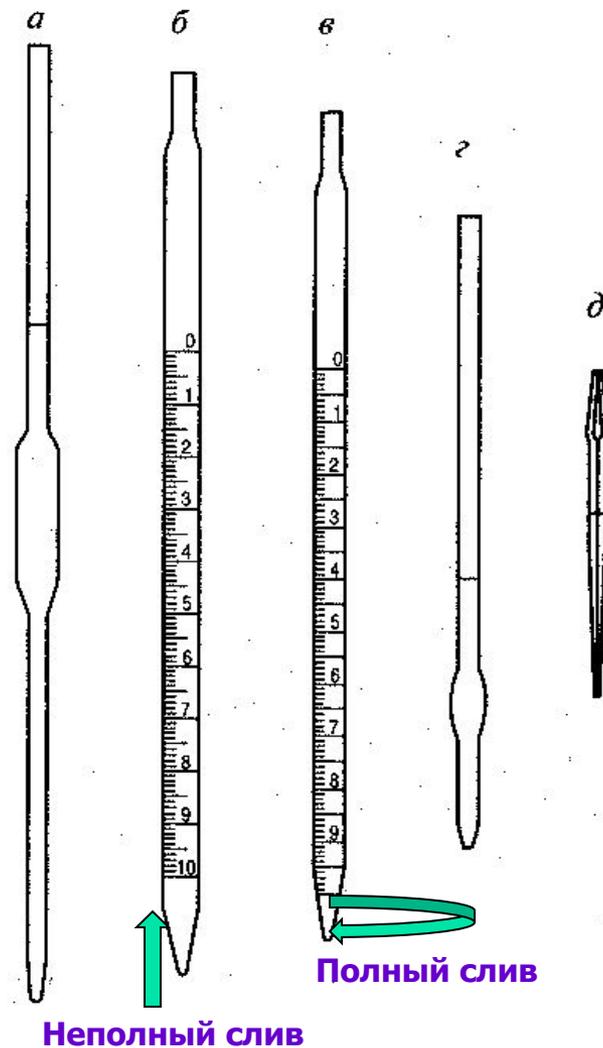


Рис. 2.6. Пипеткис-дозаторы:  
а — унипипетка;  
б — варипипетка

Рис. 3.6. Обычные пипетки:  
а — мерная; б — градуированная;  
в — серологическая; г — Оствальда-Фоллина; д — «лямбда»



# Лабораторное оборудование для титриметрического анализа

## Бюретки

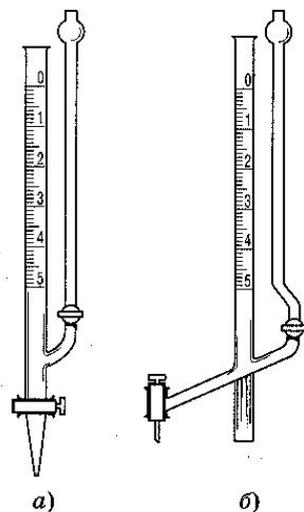


Рис. 2.9. Некоторые типы микробюреток:  
а — с прямым краном;  
б — с боковым краном

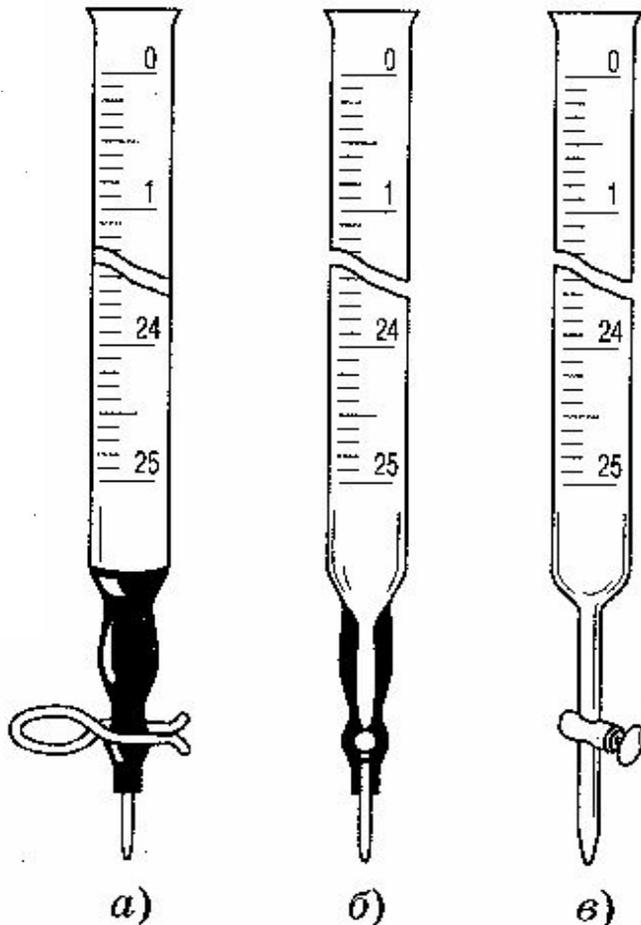


Рис. 2.7. Виды бюреток

а — с зажимом Мора; б — со стеклянным затвором-шариком, в — со стеклянным краном; г — отсчет по бюретке при различном положении глаза наблюдателя

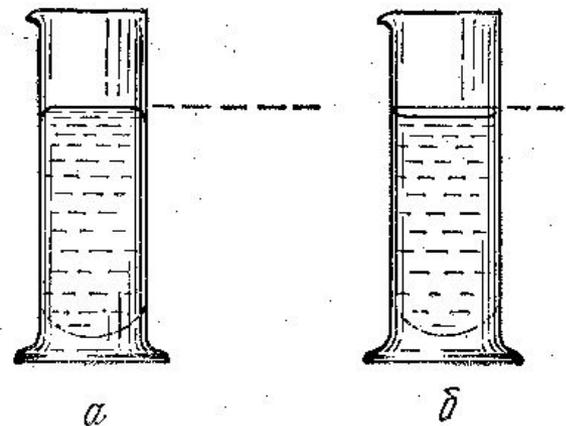
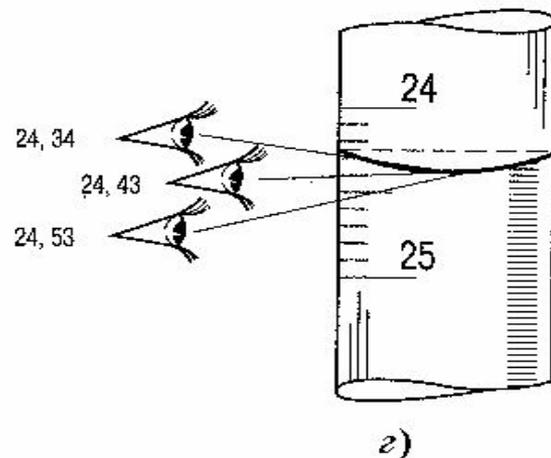


Рис. 5. Виды менисков.  
а — выпуклый; б — вогнутый.

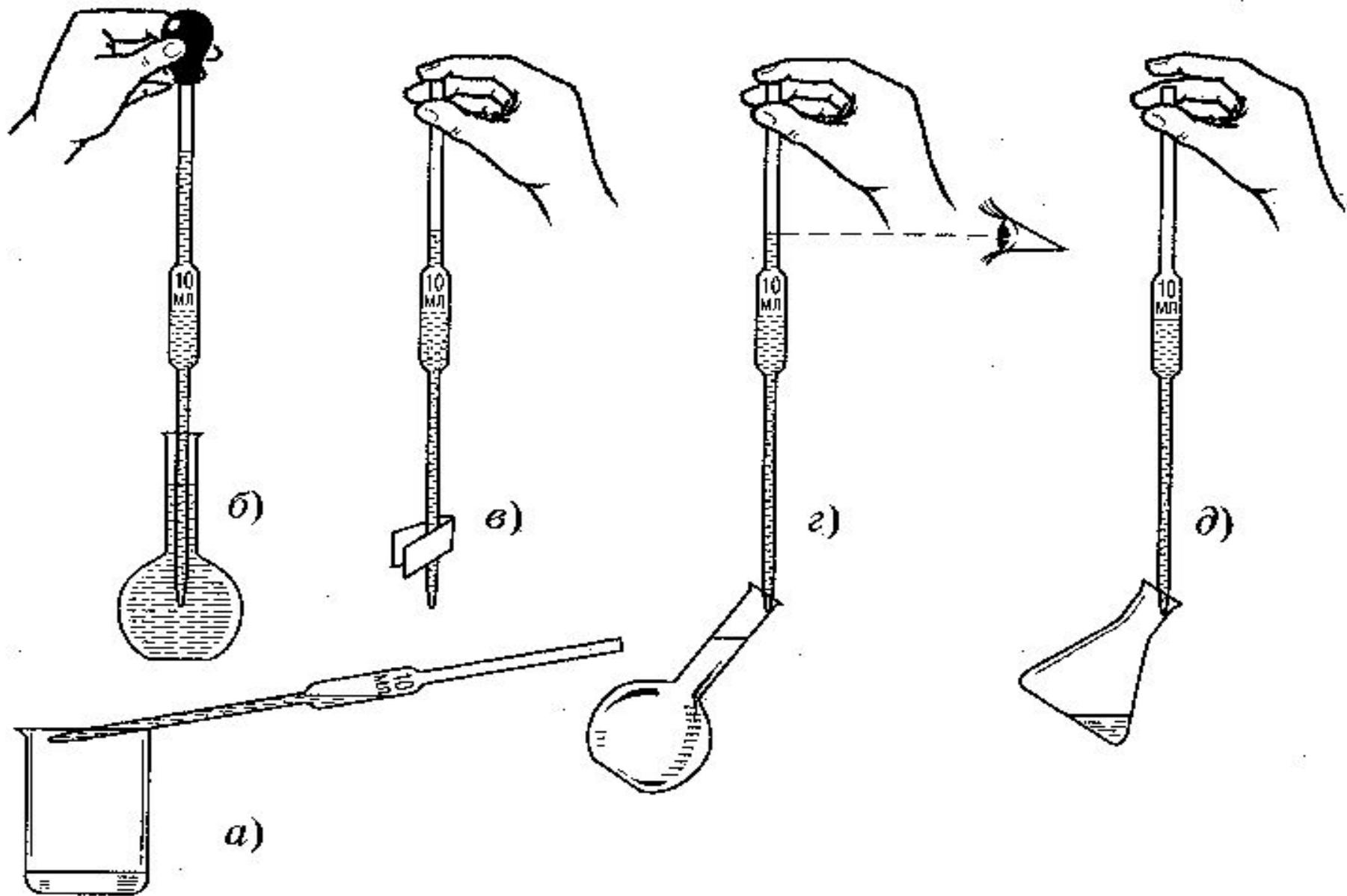


Рис. 2.5. Приемы работы с пипеткой

# Лабораторное оборудование для титриметрического анализа

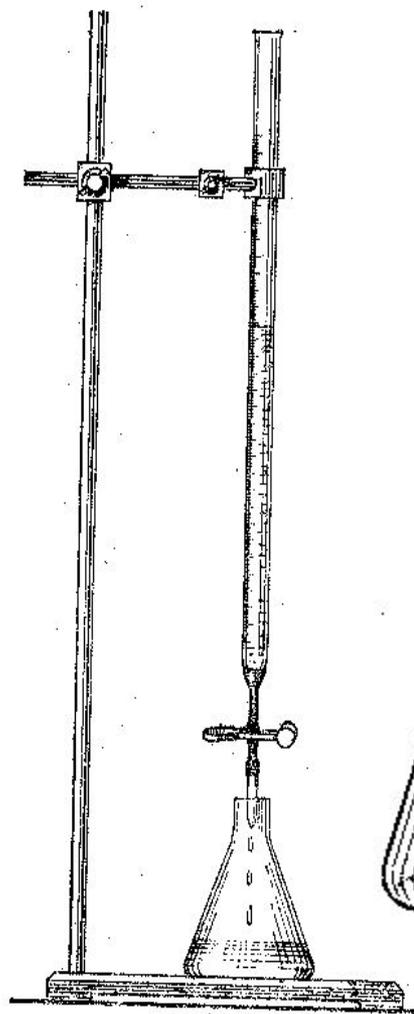


Рис. 51. Положение колбы при титровании.



Другая посуда

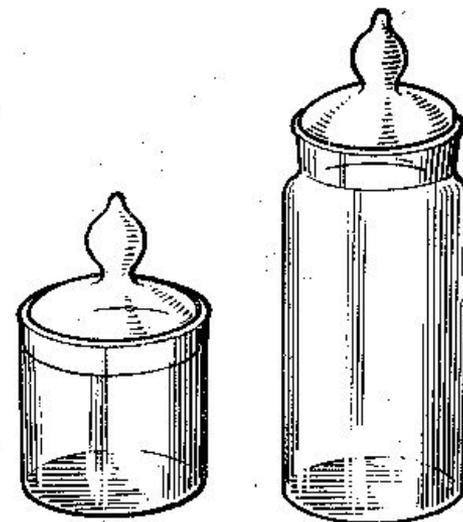
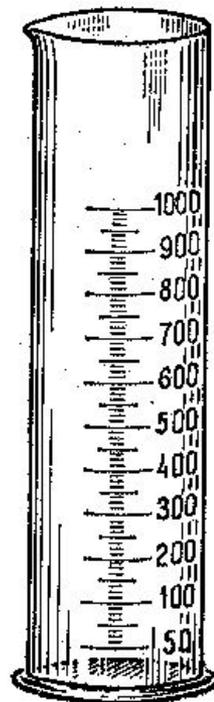
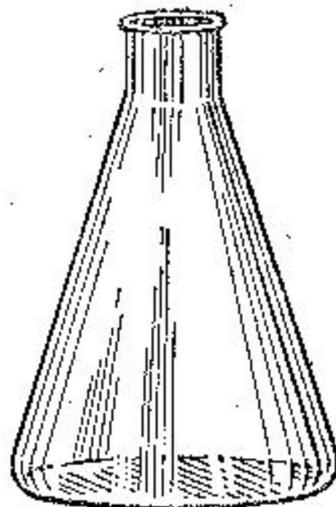
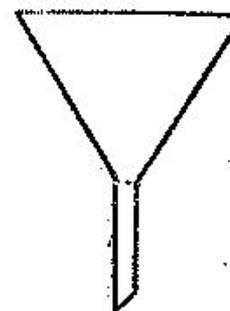


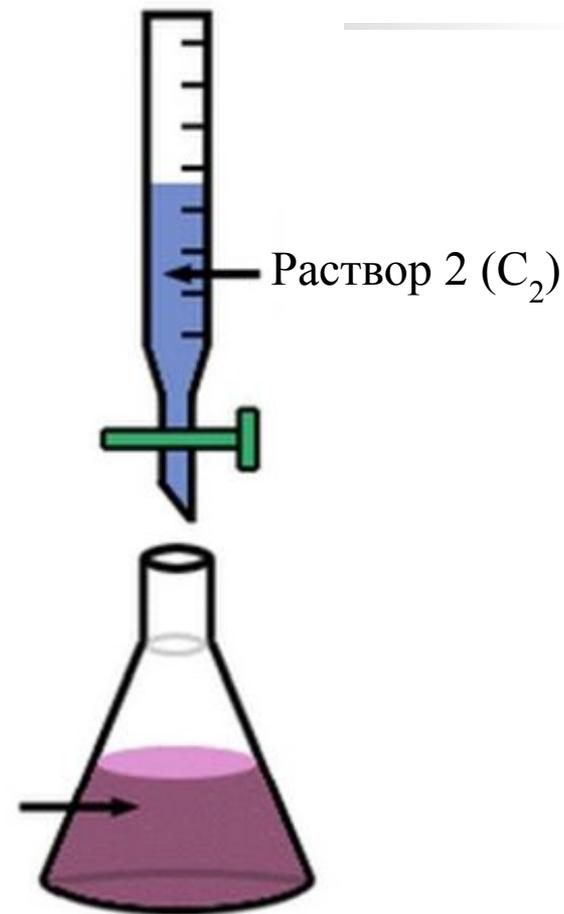
Рис. 29. Бюксы




$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{C_2}{C_1} \quad \text{или} \quad V_1 * C_1 = V_2 * C_2$$

$$X = \frac{V_2 * C_2}{V_1}$$

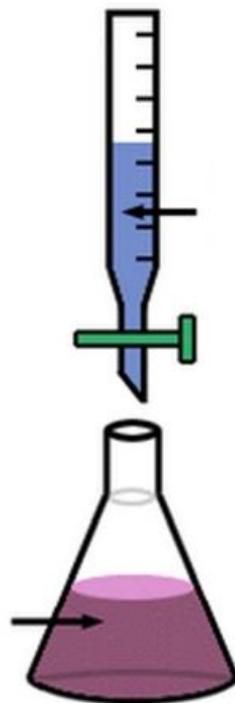
Раствор 1 ( $C_1$ )





### Установочное вещество

1. По точно взятой навески.
2. Из фиксаналов.

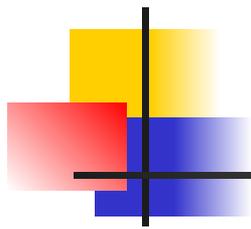


### Титрант (рабочий раствор)

1. По точно взятой навеске - **раствор с приготовленным титром.**
2. Раствор готовится приблизительно нужной концентрации, а точную определяют титрованием, имея другой раствор с приготовленным титром называются **раствор с установленным титром.**

# Способы фиксации КТТ





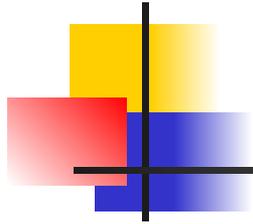
## Виды титрования

**Прямое:**  
 $A + B$

**Заместительно**  
е:  
 $A + P = C;$   
 $C + B$

**Обратное:**  
 $A + B_{1(\text{изб})};$   
 $B_1 + B_2$

# Виды ТИТРОВАНИЯ



- **прямое**, когда при титровании происходит реакция между определяемым веществом и титрантом;
- **обратное**, когда к определяемому раствору добавляют заведомо избыточный, но точно отмеренный объем раствора известной концентрации и избыток реактива оттитровывают титрантом;
- **титрование заместителя**, когда титрантом титруют продукт реакции определяемого вещества с каким либо реактивом.

# Способы выражения концентрации растворов

**Концентрация**

**Процентная  
(массовая  
доля)**  
 $C_{\%} = \frac{\omega}{\%}$   
(г/100г р-ра)

**Молярная;**  
 $M = C_M$   
Моль/л

**Нормальная  
(эквивалентная)**  
 $N = C_N$   
Моль/л

**Титр;  
Т.  
Титр рабочего  
по  
определяемо  
му;**  
 $T_{р/оп}$   
г/мл.

# Стандартные и стандартизированные растворы

**Стандартные**, первичные стандарты (с приготовленным титром). Готовятся по точной навеске. Точную концентрацию определяют расчетно;

- **Стандартизированные**, вторичные (с установленным титром). Готовятся по приблизительной навеске. Точную концентрацию определяют стандартизацией;
- **Стандартизация** – процесс нахождения концентрации активного реагента в растворе путем титрования его с применением стандартного раствора (первичного стандарта).

# Стандартные растворы

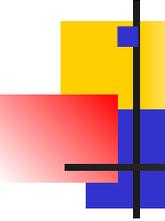
Это титрованные растворы, приготовленные по точной навеске. К ним относятся растворы установочных веществ.

- **Установочные вещества** – это химически устойчивые вещества с помощью которых определяют путем стандартизации точную концентрацию рабочих растворов или титрантов.

## Требования к веществам:

- Химически чистые;
- Устойчивые при хранении в сухом виде и в растворах;
- Состав их должен строго соответствовать формуле.

# Стандартизированные растворы



Это растворы, приготовленные по приблизительной навеске, титр их устанавливают стандартизацией.

## Свойства этих веществ:

- Неустойчивые при хранении в сухом виде и в растворах (гигроскопичные, поглощают из воды и воздуха газы, легко вступают в ОВР);
- Химически нечистые (в составе могут быть примеси);
- Состав их не соответствует формуле.

# Требования к химическим реакциям в титриметрическом анализе

- **Реакция должна протекать:**
  - по строго определенному стехиометрическому уравнению, побочные реакции должны быть исключены;
  - количественно (практически до конца),  $K_{x.p.}$  должна быть достаточно большой;
  - быстро, чтобы в любой момент титрования состояние химического равновесия наступало практически мгновенно.
- **Посторонние вещества не должны мешать титрованию.**
- **КТТ должно фиксироваться резко и быстро.**
- **Реакции по возможности должны идти при комнатной температуре.**

# Классификация методов

**Методы  
титриметрии**

**Нейтрализации  
и  
(КОТ)**

**Комплексо-  
метрические  
(КМТ)**

**Осаждения  
(ОТ)**

**Окислительно-  
восстанови-  
тельные  
(ОВТ)**

# МЕТОД НЕЙТРАЛИЗАЦИИ

В основе метода лежит  
реакция нейтрализации



Классификация методов  
анализа

- Алкалиметрия
- Ацидиметрия



**Применяется** для определения кислот и щелочей, а также некоторых солей, образованных сильными основаниями и слабыми кислотами ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ ).

# МЕТОД НЕЙТРАЛИЗАЦИИ

	АЛКАЛИМЕТРИЯ	АЦИДИМЕТРИЯ
Титрант	NaOH, KOH	HCl, H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
Установочное вещество	H <sub>2</sub> C <sub>2</sub> O <sub>4</sub> *2H <sub>2</sub> O щавелевая кислота H <sub>2</sub> C <sub>4</sub> H <sub>4</sub> O <sub>4</sub> янтарная кислота	Na <sub>2</sub> B <sub>4</sub> O <sub>7</sub> *10H <sub>2</sub> O тетраборат натрия (бура) Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> карбонат натрия (химически чистая сода)
Определение	Кислот	Щелочей, солей образованных сильным основанием и слабой кислотой

# МЕТОД НЕЙТРАЛИЗАЦИИ

## Кислотно-основные индикаторы (pH - индикаторы)

<b>pH-индикаторы</b>		<b>Область перехода окраски</b>	
Метиловый оранжевый	pH < 3,1 розовый	3,1-4,4	pH > 4,4 желтый
Метиловый красный	pH < 4,4 красный	4,4-6,2	pH > 6,2 желтый
Фенолфталеин	pH < 8 бесцветный	8-10	pH > 10 малиновый

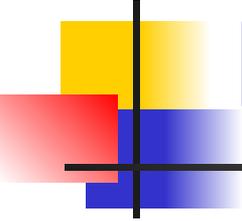
# МЕТОД НЕЙТРАЛИЗАЦИИ

## Кислотно-основные индикаторы (pH - индикаторы)

рН-индикаторы	Область перехода окраски	Показатель титрования
Метиловый оранжевый	3,1-4,4	4,0
Фенолфталеин	8-10	9,0

Значение рН, при котором происходит резкое изменение значения рН раствора и изменение индикатора называется **показателем титрования**.

- В основе методов КОТ лежит реакция нейтрализации. **Что это за реакция?**
- В основе методов КМТ лежат реакции комплексообразования. **Что это за реакции?**
- В основе методов ОТ лежат реакции осаждения. **Что это за реакции?**
- В основе методов ОВТ лежат окислительно-восстановительные реакции. **Что это за реакции?**



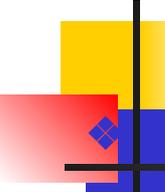
# Применение

---

Элементы, определяемые в титриметрическом анализе

<b>Алюминий</b>	<b>Кальций</b>	<b>Свинец</b>
<b>Висмут</b>	<b>Магний</b>	<b>Титан</b>
<b>Вольфрам</b>	<b>Медь</b>	<b>Цинк</b>
<b>Железо</b>	<b>Натрий</b>	<b>Серебро</b>
<b>Золото</b>	<b>Олово</b>	<b>Фтор</b>
<b>Калий</b>	<b>Ртуть</b>	<b>Хлор</b>

# Погрешности титриметрического анализа

- 
- ◆ **Погрешности взвешивания;**
  - ◆ **Погрешности измерения объема;**
  - ◆ **Погрешности определения титра раствора;**
  - ◆ **Погрешности титрования анализируемого раствора.**
    - **Систематические: инструментальные; реактивные; индивидуальные.**
    - **Перевод некоторых систематических погрешностей в случайные (калибрование посуды; работа на одних весах).**
    - **Индикаторные погрешности – основной вид систематических погрешностей титриметрического анализа.**

# Общие указания по выполнению титриметрических определений

- Тщательная подготовка рабочего места (ничего лишнего);
- Посуда должна быть тщательно вымыта (водопроводной и дистиллированной водой) и откалибрована;
- Измерительные приборы поверены (работать на одних и тех же ТВ и АВ);
- Используемые реактивы и вода не должны содержать примесей;
- При титровании должно быть тщательное перемешивание содержимого колбы;
- Титровать нужно довольно быстро, соблюдая условия и методику;
- Правильно выбирать индикатор для фиксирования КТТ. Для титрования брать его немного 1-2 капли;
- Проводить не менее 3-х титрований с разницей результатов в 1-2 капли ( $\sim 0,05$  мл). Проводить титрования в один день;
- Скорость сливания титранта должна быть одинаковой, в конце титрования ее необходимо снизить;
- Все результаты занести в лабораторный журнал.