



# **ТИТРИМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ**

---

# 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).

# Способы фиксации КТТ

Способы  
фиксировани  
я  
КТТ

Безынди-  
каторный

Индикаторны  
й

Инструмен-  
тальный

# ОБНАРУЖЕНИЕ КОНЕЧНОЙ ТОЧКИ ТИТРОВАНИЯ

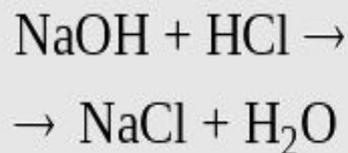
## химические титриметрические методы анализа

изменение окраски  
или другого  
свойства  
индикатора

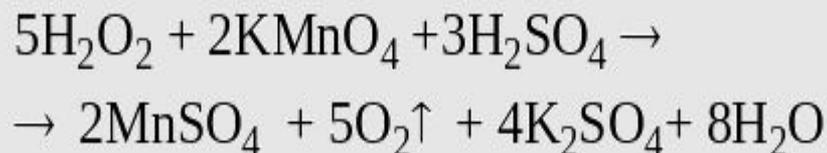
изменение свойств  
системы, обусловленных  
самими реагирующими  
веществами

## физико-химические титриметрические методы анализа

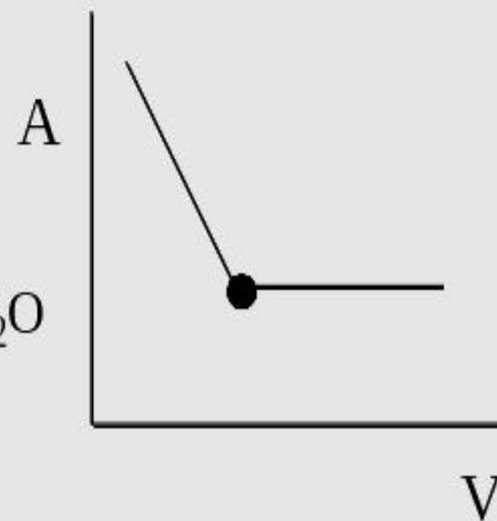
резкое изменение  
свойства системы,  
регистрируемое с  
помощью прибора



**исчезновение окраски  
фенолфталеина**



**появление розовой окраски  
раствора**



# 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)**

- 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?**

# Виды и способы титрования

## Виды титрования

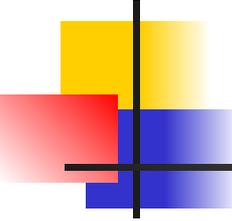
**Прямое:**  
 $A + B$

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

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

**Прямое титрование** – к раствору определяемого вещества (А) добавляют небольшими порциями титрант (В).

**Реверсное титрование** – разновидность прямого, в котором определяемое вещество (А) и титрант (В) меняются местами.



**Заместительное титрование** – применяют в тех случаях, когда прямое или обратное титрование вещества невозможно или вызывает затруднение, т.е. непосредственная реакция исследуемого вещества и реагента не удовлетворяет требованиям, предъявляемым к реакциям, применяемым в титриметрии. К определяемому веществу (А) добавляют реагент (Р) в избытке. При этом выделяется эквивалентное определяемому веществу количество заместителя (С), который затем оттитровывают подходящим титрантом (В). Оттитровывается заместитель (С), а в расчетах берется определяемое вещество (А).

**Обратное титрование** – используют два титранта. Сначала к анализируемому раствору (А) добавляют избыточное, но точно измеренное количество титранта-1 (титрант по отношению к определяемому веществу) ( $V_1$ ). Не прореагировавший объем титранта-1 ( $V_1$ ) оттитровывают титрантом-2 (титрант по отношению к титранту 1) ( $V_2$ ). Количество израсходованного титранта-1 ( $V_1$ ) на взаимодействие с определяемым веществом определяют по разнице между добавленным объемом титранта 1 ( $V_1$ ) и его объемом, оттитрованным титрантом-2 ( $V_2$ ).

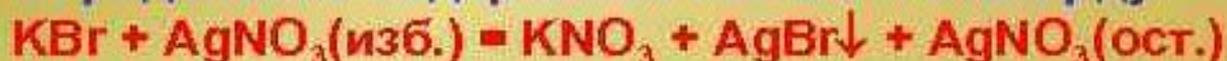
# ТИТРИМЕТРИЯ

## Обратное титрование

Титрование непрореагировавшего вещества, которое прибавлено в избытке в виде стандартного раствора к анализируемому раствору

### Пример

Определение содержания  $KBr$  по Фольгарду



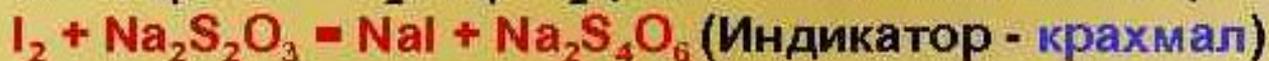
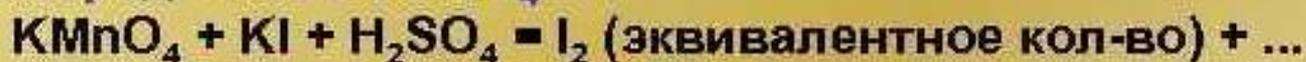
Индикатор -  $Fe^{3+}$  ( $Fe^{3+} + 3CNS^- = Fe(CNS)_3$  (алый))

## Заместительное титрование

Если определяемое вещество не реагирует с титрантом, к раствору добавляют вспомогательный реагент, образующий с определяемым веществом эквивалентное количество вещества-заместителя.

### Пример

Определение  $KMnO_4$



# Виды и способы титрования

## Способы титрования

### Отдельных навесок

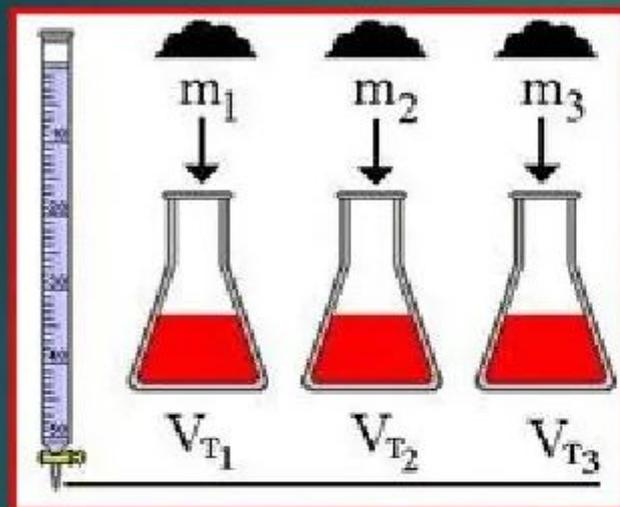
### Пипетирования

В способе *отдельных навесок* взвешивают на аналитических весах точную навеску  $m(A)$  вещества  $A$ , количественно переносят ее в колбу для титрования, растворяют, прибавляя в колбу некоторое количество растворителя, и титруют полученный раствор. При этом объем титруемого раствора можно не измерять. Измеряется только объем титранта.

В способе *пипетирования* отбирают с помощью калиброванной пипетки аликвоту — точно измеренный объем  $V(X)$  анализируемого раствора вещества  $X$  с неизвестной молярной концентрацией эквивалента  $c(1/z X)$  и титруют аликвоту стандартным раствором титранта с молярной концентрацией эквивалента  $c(1/z T)$ .

# Классификация способов титрования в зависимости от подхода к выполнению параллельных определений

## Способ отдельных навесок



$$m_{\text{н.х.ч.}} = \frac{C_M \cdot V \cdot E_M}{1000}$$

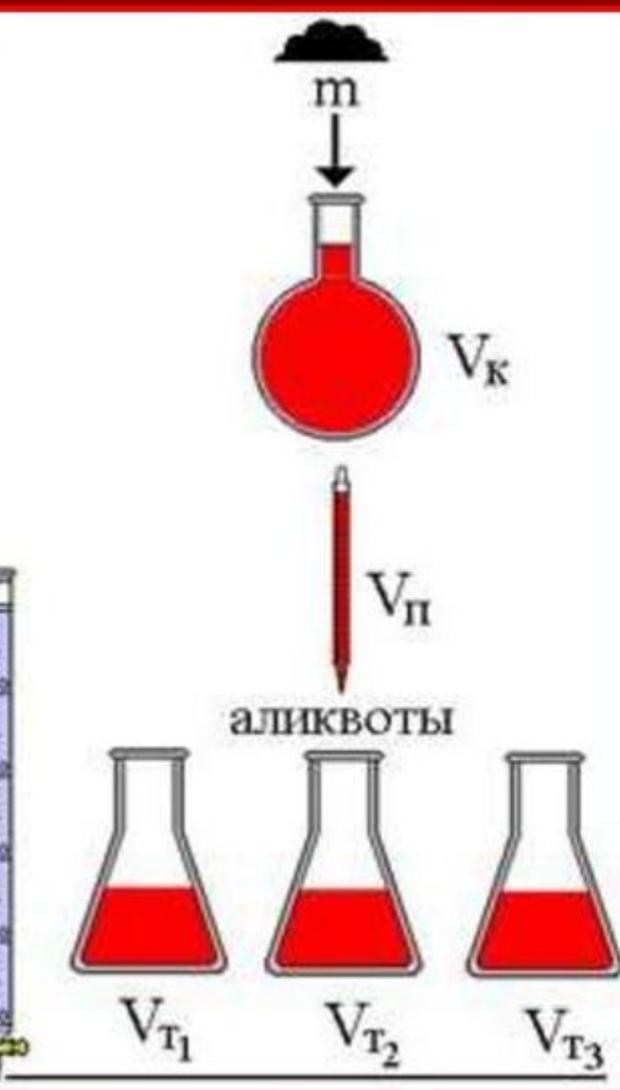
Рассчитывают навеску анализируемого вещества. На аналитических весах взвешивают отдельные, близкие по величине, навески вещества. Растворяют в удобном для титрования объеме растворителя и титруют стандартным раствором.

Метод отдельных навесок наиболее точен, но требует больших затрат времени.

## к выполнению параллельных определений

### Способ пипетирования

$$m_{\text{н.х.ч.}} = \frac{C_M \cdot V \cdot E_M \cdot V_{\text{м.к.}}}{1000 \cdot V_{\text{п}}}$$



Рассчитывают навеску анализируемого вещества. Взвешивают на аналитических весах. Количественно переносят в мерную колбу, растворяют в растворителе и доводят объем раствора тем же растворителем до метки. Аликвотную часть приготовленного раствора пипеткой переносят в коническую колбу и титруют стандартным раствором.

Аликвота – объем раствора, точно отмеренный калиброванной

# Способы выражения концентрации растворов

**Концент-  
рация**

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

**Молярная;**  
 $M = C_M$   
**Моль/л**

**Нормальная  
(эквивалентн  
ая)**  
 $N = C_N$   
**Моль/л**

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