

# Растворы.

Способы выражения  
концентрации  
растворенного  
вещества.



MyShared

# Способы выражения концентрации

**Концентрация** – соотношение между количеством растворенного вещества и растворителя или количеством растворенного вещества и всего раствора

## Способы выражения концентрации растворов

- **Массовая доля ( $\omega$ )** – отношение массы растворенного вещества к массе раствора
- **Объемная доля ( $\varphi$ )** – отношение объема растворенного вещества к объему раствора
- **Молярная доля ( $X$ )** – отношение числа молей растворенного вещества к сумме числа молей всех компонентов раствора
- **Молярная концентрация (молярность) ( $C_m$ , моль/л)** – число моль растворенного вещества в одном литре раствора
- **Нормальная концентрация или молярная концентрация эквивалента (нормальность) ( $C_n$ , моль экв/л)** – число моль эквивалентов растворенного вещества, содержащихся в одном литре раствора
- **Титр ( $C_T$ , мг/мл или г/мл)** – масса растворенного вещества, содержащаяся в одном миллилитре раствора
- **Моляльность ( $C_m$ , моль/кг)** – число моль растворенного вещества, приходящееся на 1 кг растворителя

$$\omega_i = \frac{m_i}{\sum_{k=1}^j m_k} \cdot 100$$
$$\varphi_i = \frac{v_i}{\sum_{k=1}^j v_k} \cdot 100$$
$$X_i = \frac{v_i}{\sum_{k=1}^j v_k} \cdot 100$$



# СПОСОБЫ ВЫРАЖЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ

- **молярная доля** ( $x_B$ ) — отношение числа молей данного компонента к сумме молей всех компонентов раствора:

$$N_1 = n_1 / (n_1 + n_2), \quad N_2 = n_2 / (n_1 + n_2),$$

- **массовая доля** ( $\omega_B$ ) — отношение массы растворенного вещества к массе всего раствора (в % — число граммов растворенного вещества в 100 г раствора):

$$\omega_B = m_B / m_{\text{раствора}}$$

- **титр** ( $T_B$ ) — число граммов растворенного вещества в 1 мл раствора.

## СПОСОБЫ ВЫРАЖЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ

Наиболее часто употребляют следующие способы выражения концентрации:

- **молярная концентрация ( $c_M$ )** — число молей растворенного вещества в 1 л раствора:

$$C_M = n_B / V$$

- **молярная концентрация эквивалента ( $c_H$ )** (или **нормальная концентрация (н.)**) — число молей эквивалентов растворенного вещества, обычно в 1 л раствора:

$$C_H = n_{экв} / V$$

- **моляльность ( $c_m$ )** — число молей растворенного вещества в 1000 г растворителя;

**Фактор эквивалентности ( $f_{экв}$ ) –  
доля условной или реальной частицы  
эквивалента вещества.**

$$f_{экв} = 1/z ,$$

**где z – степень окисления элемента или  
число эквивалентности;**

$$f_{экв} \leq 1; f_{экв} (O^{-2}) = 1/2$$

**$M_{экв(x)}$  – молярная масса эквивалента – это  
молярная масса 1 моль эквивалента  
вещества; рассчитывается по формуле**

$$M_{экв(x)} = M_{(x)} * f_{экв} .$$

## Качественный анализ

- обнаружение или «открытие» отдельных элементов или ионов, входящих в состав веществ



## Количественный анализ



- определение количественного содержания отдельных составных частей исследуемого вещества

• Образец текста  
– Второй уровень  
– Третий уровень

# Основные понятия и их суть:

## Титриметрический метод анализа –

метод количественного анализа, основанный на точном измерении количества реагента (объем, масса), израсходованного на реакцию с определяемым веществом.



# Требования к реакции в титrimетрии:

- 1) Вещества, которые вступают в реакцию, должны реагировать в строго определенных количественных соотношениях (количественно).
- 2) Реакция между определяемым веществом и титрантом должна проходить быстро и практически до конца.
- 3) Посторонние вещества, которые присутствуют в исследуемой пробе и перешли вместе с определяемым веществом в раствор, не должны мешать титрованию определяемого вещества (специфичность).
- 4) Т.э. должна фиксироваться тем или иным способом четко и точно.
- 5) Реакции должны проходить по мере возможности при комнатной t.
- 6) Титрование не должно сопровождаться побочными реакциями, которые искажают результаты анализа.

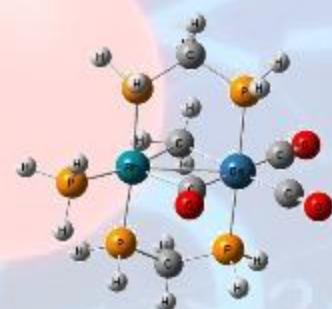
# Основные понятия и их суть:

• Образец текста  
– Второй уровень  
– Третий уровень  
• Четвертый уровень  
– Пятый уровень

**Титрование** - медленное прибавление (небольшими порциями) титрованного (стандартного, титранта, рабочего) раствора к анализируемому раствору до достижения точки эквивалентности - конца реакции.



**Точка эквивалентности (ТЭ)** - момент титрования, когда количество добавленного титранта, химически эквивалентно количеству титруемого вещества.



## **Основные понятия и их суть:**



**Конечная точка титрования (КТТ)** - это точка (момент) титрования устанавливаемая экспериментально по изменению цвета индикатора или какого либо физико-химического свойства раствора.



**Титрант** (рабочий раствор, стандартный, титрованный) - это раствор, содержание растворенного вещества в котором точно известно.

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНЕЧНОЙ ТОЧКИ ТИТРОВАНИЯ - ТОЧКИ НА КРИВОЙ ТИТРОВАНИЯ, В КОТОРОЙ РЕГИСТРИРУЕТСЯ РЕЗКОЕ ИЗМЕНЕНИЕ НАБЛЮДАЕМОГО СВОЙСТВА**

Визуально  
по аналитическим  
эффектам (изменению  
цвета, помутнению  
раствора и т.д.)  
Вспомогательные  
вещества –  
индикаторы



По резким изменениям  
измеряемой физической  
величины системы  
в процессе титрования  
(pH - потенциометрическое  
титрование;  
электропроводности -  
кондуктометрическое  
титрование;  
силы тока, протекающей  
через раствор –  
амперометрическое  
титрование и т.д.)



MyShared

ПЕРВИЧНЫЕ СТАНДАРТНЫЕ РАСТВОРЫ ГОТОВЯТ ТОЛЬКО ИЗ СТАНДАРТНЫХ ВЕЩЕСТВ, КОТОРЫЕ ДОЛЖНЫ ОТВЕЧАТЬ СЛЕДУЮЩИМ ТРЕБОВАНИЯМ:

- вещество должно легко получаться в химически чистом виде, иметь состав, который точно соответствует химической формуле и не изменяется в процессе хранения;
- быть стойким при хранении как в сухом виде, так и в растворе;
- вещество должно хорошо растворяться в воде (или в другом растворителе);
- иметь, по возможности, большую молярную массу, что уменьшает ошибки при взвешивании навески.

Таким способом можно приготовить титрованные растворы из химически чистых веществ:  $K_2Cr_2O_7$ ,  $KBrO_3$ ,  $H_2C_2O_4$ ,  $Na_2B_4O_7$  и др.

# Типы химических реакций в аналитической химии



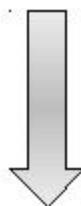
**кислотно-  
основные  
реакции** –  
реакции с  
переносом  
протона  $\text{H}^+$



**окислительно-  
восстановитель  
ные реакции**  
(ОВР) – реакции  
с переносом  
электрона  $\bar{e}$



**реакции  
осаждения** –  
гетерогенные  
реакции в  
растворе



**реакции комплексообразования** –  
реакции с переносом  
электронных пар и образованием  
связей по донорно-акцепторному  
механизму

## МЕТОДЫ ТИТРИМЕТРИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

- Методы нейтрализации ( ацидометрия, алкалиметрия, галометрия)
- Методы осаждения ( аргентометрия , меркурометрия)
- Методы комплексообразования
- Методы окисления-восстановления – (перманганатометрия, хроматометрия, иодометрия, броматометрия, ванадометрия и др.)

# Классификация титrimетрических методов по типу используемой химической реакции



**Кислотно – основное титрование** (метод нейтрализации). Различают ацидиметрию и алкалиметрию. **Ацидиметрия** – определение веществ титрованием стандартным раствором кислоты. **Алкалиметрия** – определение веществ титрованием стандартным раствором сильного основания;



**Окислительно – восстановительное титрование** (редоксиметрия), используются реакции окисления – восстановления.



**Осадительное титрование** – когда титруемое вещество при взаимодействии с титрантом выделяется из раствора в виде осадка;



**Комплексиметрическое титрование** – титрование вещества раствором такого соединения, которое образует с титруемым веществом слабодиссоциирующий растворимый комплекс.

## **Кислотно-основное титрование**

*Метод кислотно-основного титрования основан на реакциях взаимодействия между кислотами и основаниями, то есть на реакции нейтрализации:*

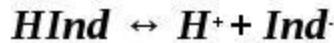


*Наступающий в процессе титрования момент, когда количество стандартного раствора реагента (титранта) становится теоретически строго эквивалентным количеству определяемого вещества согласно определенному уравнению химической реакции, называют точкой эквивалентности.*

*Момент, при котором происходит наблюдаемое изменение цвета индикатора, называют конечной точкой титрования (ктт).*

*Кислотно-основные индикаторы - это органические вещества, способные видимо и обратимо изменять свою окраску в растворе при изменении pH среды.*

*Ионная теория индикаторов. В связи с тем, что кислотно-основные индикаторы представляют собой слабые кислоты или слабые основания, любой индикатор диссоциирует в растворе согласно уравнению:*



*бесцветный      малиновый*

*Величину pH, до которой титруют раствор с данным индикатором, называют показателем титрования этого индикатора - рТ.*

# **Количественный анализ.**

## **Метод нейтрализации**

- В качестве рабочих растворов в методе нейтрализации используют:
- титрованный раствор HCl (или  $\text{H}_2\text{SO}_4$ )  $C_e = 0,1$  или 0,01 моль/л;
- установочный раствор NaOH (или KOH).
- Для установления точки эквивалентности в реакции нейтрализации используют индикаторы (метиловый оранжевый, фенолфталеин, и др.).

## **Окислительно-восстановительное титрование**

*Методы окислительно-восстановительного титрования основаны на использовании реакций, связанных с переносом электронов, то есть окислительно-восстановительных процессов.*

*Окислителем называется частица (ион, молекула, элемент), которая присоединяет электроны и переходит при этом из более высокой степени окисления в более низкую, т.е. восстанавливается.*  
*Восстановитель – это частица, которая отдает электроны и переходит при этом из более низкой степени окисления в более высокую, т.е. окисляется.*



*Методы окислительно-восстановительного титрования пригодны для определения многих органических соединений, в том числе фармацевтических препаратов, подавляющее большинство которых являются потенциальными восстановителями.*

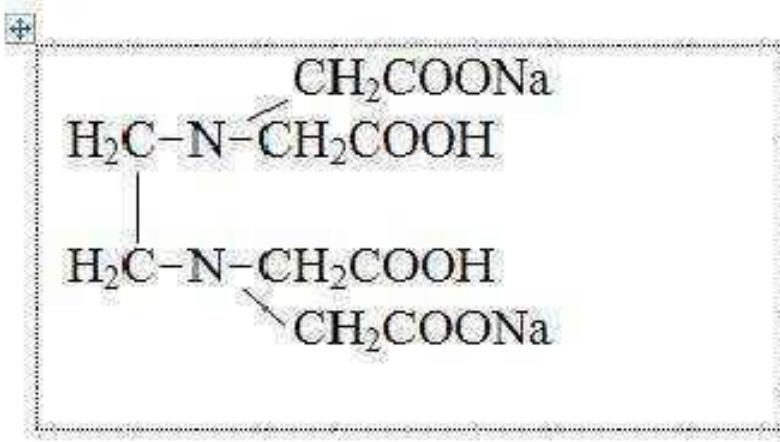
# Применение окислительно-восстановительных реакций в титриметрии

В методах окислительно-восстановительного титрования (ОВТ) в качестве титрантов используются растворы сильных окислителей (метод оксидиметрии) или сильных восстановителей (метод редуциметрии). Так как растворы восстановителей менее устойчивы по сравнению с растворами окислителей, то их используют в качестве титрантов реже.

В зависимости от используемого титранта-окислителя различают методы: - **перманганатометрии** (титрант – раствор  $KMnO_4$ ); **хроматометрии** (титрант – раствор  $K_2Cr_2O_7$ ); **йодометрии** (титранты - растворы  $I_2$ ,  $Na_2S_2O_3$ ).

## Комплексонометрическое титрование

Метод анализа, основанный на использовании реакций, сопровождающихся образованием внутрикомплексных (хелатных) соединений с органическими соединениями - комплексонами. Комплексонами называют аминополикарбоновые кислоты и их производные.



комплексон III  
(трилон Б, ЭДТА,  
динатрия эдетат)  
 $\text{Na}_2\text{H}_2\text{L} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

Комплексонометрия (трилонометрия) - титриметрический метод анализа, основанный на реакциях взаимодействия комплексонов (чаще всего трилона Б), с катионами щелочноземельных и тяжелых металлов, которые приводят к образованию растворимых в воде бесцветных прочных внутрикомплексных соединений.

Обратное титрование

Прямое титрование

Классификация  
титриметрических  
методов  
по способу титрования

Заместительное титрование

Реверсивное титрование



MyShared

# Классификация по способу титрования

• Образец текста  
– Второй уровень  
– Третий уровень  
– Четвертый уровень  
– Пять и более уровней

Прямое титрование предполагает непосредственное прибавление титранта **T** к раствору пробы **A**. ***A + T = продукт***



Обратное титрование используют если:

1. скорость прямой реакции **невысокая**
2. **отсутствует** соответствующий индикатор
3. возможна потеря определяемого вещества из-за его **летучести**

***A + Тизбыток = продукт1 + Тостаток***

***Тостаток + Тдополнительный = продукт2***

## Прямое титрование

- реакция взаимодействия исследуемого вещества (*A*) с реагентом в условиях проведения анализа должна быть специфичной;
- взаимодействие между веществом и титрантом должно происходить стехиометрично (т.е. протекать строго согласно уравнению реакции), с четким фиксированием конечной точки титрования;
- реакция должна проходить с достаточной скоростью и быть практически необратимой;
- константа равновесия должна быть достаточно высокой, реакция должна проходить до конца, чтобы погрешности, которые возникают от неполного протекания реакции не превысили допустимые величины;
- в растворе должны отсутствовать вещества, мешающие ходу основной реакции или фиксированию конечной точки титрования.

## **Заместительное титрование**

Например, калия дихромат взаимодействует с титрантом  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  нестехиометрично. Поэтому к раствору исследуемого вещества  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  прибавляют реагент  $\text{KI}$ , в результате чего образуется эквивалентное количество йода, который затем оттитровывают стандартным раствором натрия тиосульфата.

# Общая характеристика титrimетрических методов

- **Достоинства:**
  - 1. Высокая точность (погрешность измерения при содержаниях вещества 10-100% - менее 1%), удовлетворительная воспроизводимость.
  - 2. Доступные и верифицированные эталоны.
  - 3. Не требуется сложное оборудование (доступность).
  - 4. Универсальность метода (применим для анализа практически любых химических веществ).
  - 5. Быстрота проведения (малое число операций по пробоподготовке индивидуальных веществ или несложных смесей).
- **Недостатки:**
  - 1. Крайне низкая селективность (независимо от природы сильной кислоты титруются протоны) и чувствительность (как правило, выше 1-10 мг вещества).
  - 2. Сложность документирования экспериментальных результатов (GLP), сложность автоматизации.

# **ТИТРИМЕТРИЧЕСКИЙ МЕТОД АНАЛИЗА**

Это метод количественного анализа, основанный на измерении объема раствора с точно известной концентрацией реагента

Данный метод применяется:

- В биохимических измерениях
- В клинических измерениях
- В санитарно-гигиенических измерениях
- В технохимических измерениях
- В химическом анализе

