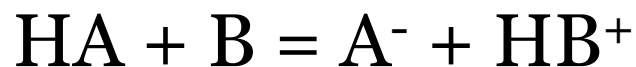


# Кислотно-основное титрование

A decorative graphic element consisting of a solid teal horizontal bar that transitions into a series of three thin, parallel white lines on the right side of the slide.

# Кислотно-основное титрование

- Кислотно-основное титрование — это метод определения кислот, оснований, солей, основанный на реакции взаимодействия между протолитами— кислотой  $HA$  и основанием  $B$ :



- В водных растворах — это реакция нейтрализации



Метод кислотно-основного титрования также называют методом нейтрализации.

## Алкалиметрия

1. Рабочим раствором является раствор щелочи NaOH или KOH.
2. Готовят по приблизительной навеске (так как щелочь не отвечает требованиям, предъявляемым к веществам)
3. Исходным веществом для установки титра рабочего раствора щелочи может служить щавелевая кислота ( $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) или янтарная кислота ( $\text{H}_2\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_4$ ). (Часто в лабораторной практике в качестве исходного раствора употребляют 0,1 н. раствор кислоты, приготовленный из фиксанала.)

## Ацидиметрия

1. Рабочим раствором является раствор сильной кислоты (обычно HCl или  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ).
2. Готовят по приблизительной навеске ( $\text{H}_2\text{SO}_4$  гигроскопична)
3. Исходным веществом для установки титра раствора кислоты служит бура ( $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ) или карбонат натрия безводный ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ), (В некоторых случаях рабочий раствор кислоты готовят из фиксанала.)

# Требования к индикаторам

- Окраска индикатора должна быть интенсивной и различаться в кислой и щелочной среде
- Изменение окраски должно быть быстрым, четким и обратимым
- Окраска индикатора должна меняться в узком диапазоне рН раствора
- Индикатор должен быть чувствительным
- Индикатор должен быть стабильным

# Ионная теория индикаторов

- Изменение окраски индикатора наступает при изменении рН раствора:



- Если  $\text{pH} < (\text{pK}_{\text{Ind}} - 1)$ , то цвет обусловлен кислотной формой
- При  $\text{pH} > (\text{pK}_{\text{Ind}} + 1)$  – щелочной формой.
- Переход окраски в определенном интервале рН.

# Хромофорная теория индикаторов

Наличие окраски кислотно-основных индикаторов, являющихся органическими соединениями, обусловлено присутствием в молекулах индикаторов хромофорных групп, или хромофоров. В роли хромофорных групп могут выступать такие группировки атомов и связей, как:

**$=C=S$ ,  $—N=N$ ,  $—N=O$ , хиноидные структуры и некоторые другие.**

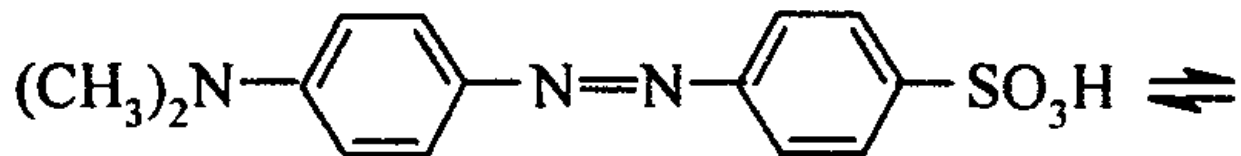
Светопоглощение хромофоров изменяется в присутствии в молекуле ауксохромных групп (амино-, гидрокси-, метоксигруппы и др.), которые сами по себе не придают окраску молекуле органического соединения, но влияют на свойства хромофоров (изменяют оттенок или интенсивность окраски).

# Ионно-хромофорная теория

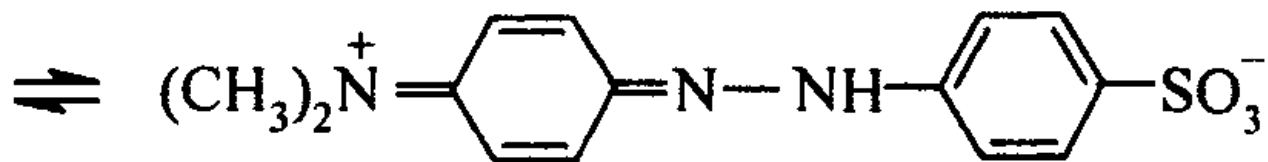
- Кислотно-основные индикаторы представляют собой слабые кислоты и основания, причем нейтральная молекула индикатора и ее ионизированная форма содержат разные хромофорные группы. Молекулы индикатора в водном растворе способны либо отдавать ионы водорода (индикатор — слабая кислота), либо принимать их (индикатор — слабое основание), подвергаясь при этом таутомерным превращениям.
- Пусть индикатор представляет собой слабую одноосновную кислоту  $\text{Hind}$ . В соответствии с ионно-хромофорной теорией в водном растворе индикатора устанавливается равновесие:



# Метилловый оранж



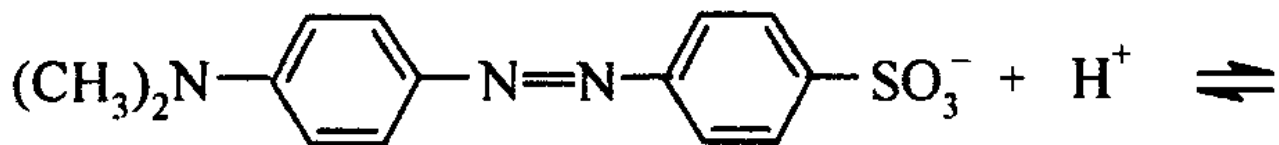
желтая форма I



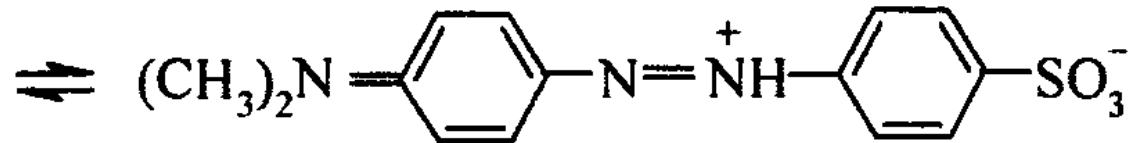
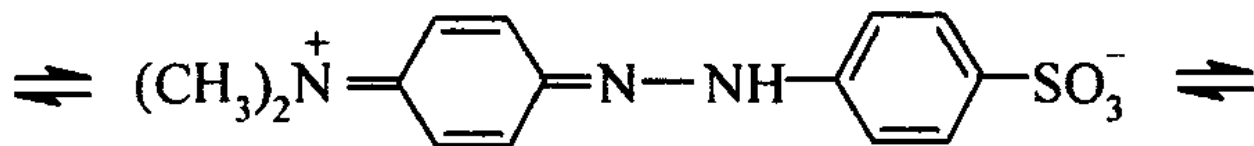
красная форма II



# Схема превращения метилового оранжевого

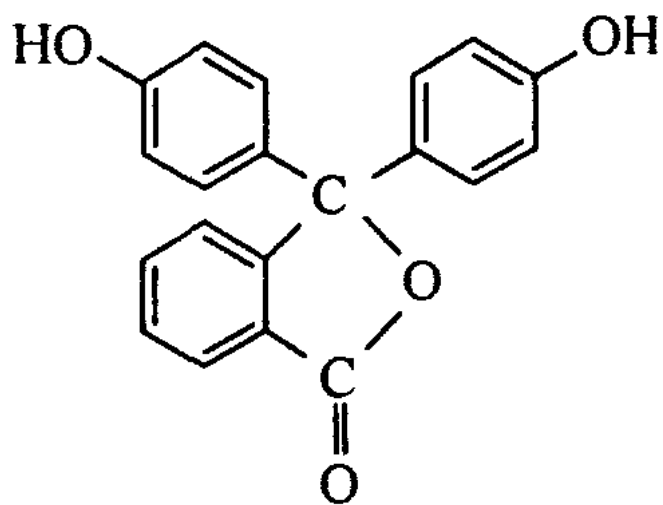


желтая основная форма I

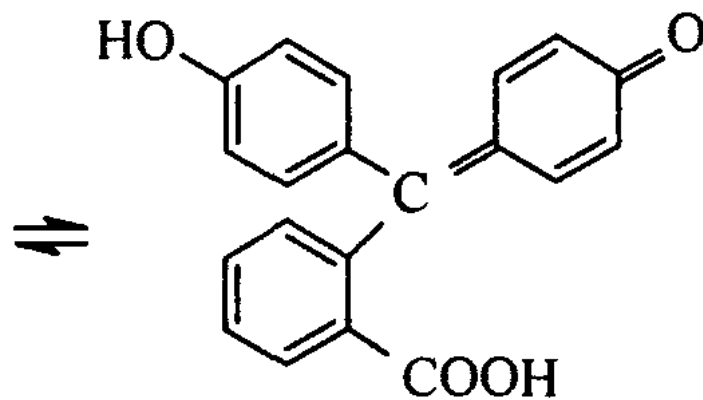


равновесная смесь кислых красных форм II

# Фенолфталеин



бесцветная форма I



красно-фиолетовая форма II

# Схема превращения фенол-фталейна

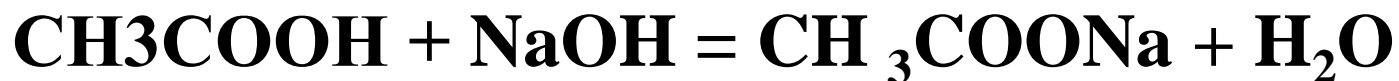


## Реакции кислотно-основного титрования

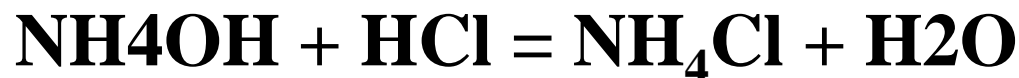
1. Титрование сильной кислоты сильной щелочью и наоборот:



2. Титрование слабой кислоты сильной щелочью:



3. Титрование слабого основания сильной кислотой:



## Кривые кислотно-основного титрования

Кривые кислотно-основного титрования графически отображают зависимость изменения рН титруемого раствора от объема прибавленного титранта или от степени оттитрованности  $f = V(T)/V$ , где  $V(T)$  и  $V$  — соответственно объем прибавленного титранта в данный момент и в ТЭ

# Титрование сильной кислоты сильным основанием

## Расчет pH до ТЭ

$$\text{pH} = -\lg c(\text{X}).$$

$$c(\text{X}) = [c'(\text{X})V(\text{X}) - c'(\text{T})V(\text{T})] / [V(\text{X}) + V(\text{T})],$$

$$\text{pH} = -\lg \{ [c'(\text{X})V(\text{X}) - c'(\text{T})V(\text{T})] / [V(\text{X}) + V(\text{T})] \}.$$

## Расчет pH в ТЭ

$$\text{pH} = 7$$

## Расчет pH после ТЭ

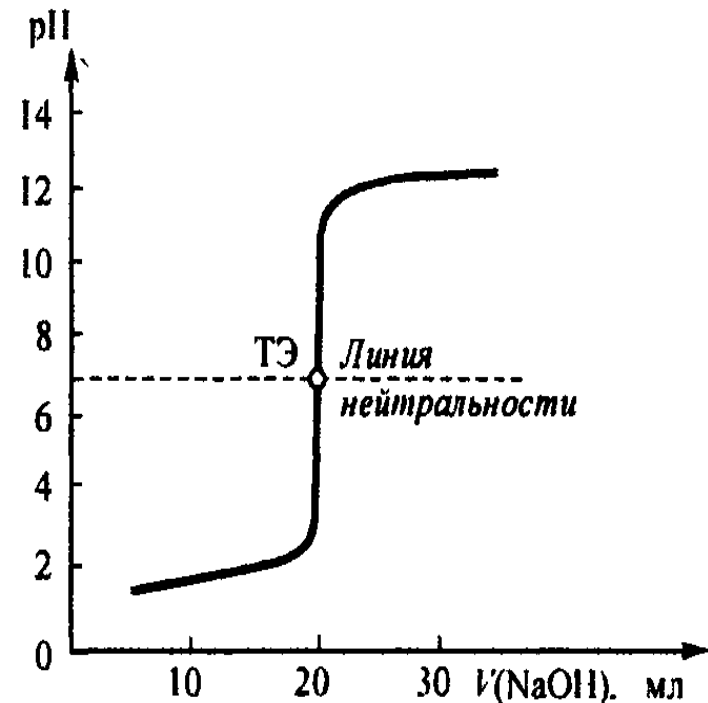
$$\text{pH} = 14 - \text{pOH},$$

$$\text{pOH} = -\lg c(\text{OH}^-) = -\lg c(\text{T}).$$

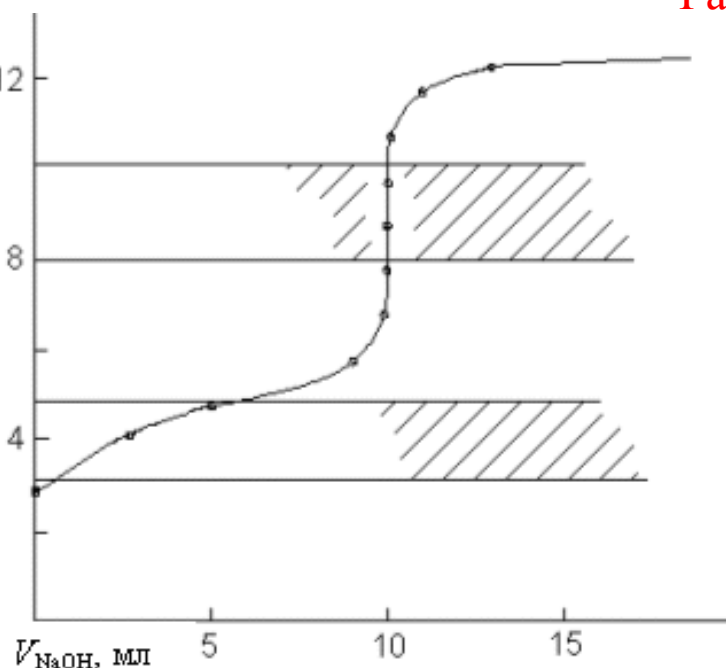
$$c(\text{T}) = \{ [c'(\text{T})V(\text{T}) - c'(\text{X})V(\text{X})] / [V(\text{X}) + V(\text{T})] \},$$

$$\text{pOH} = -\lg \{ [c'(\text{T})V(\text{T}) - c'(\text{X})V(\text{X})] / [V(\text{X}) + V(\text{T})] \},$$

$$\text{pH} = 14 + \lg \{ [c'(\text{T})V(\text{T}) - c'(\text{X})V(\text{X})] / [V(\text{X}) + V(\text{T})] \}.$$



# Титрование слабой кислоты сильным основанием



Расчет pH исходного раствора

$$\text{pH} = 0,5(\text{p}K_a + \text{p}c_a),$$

Расчет pH раствора до ТЭ

$$\text{pH} = \text{p}K_a - \lg(c_a/c_b),$$

$$\text{pH} = \text{p}K_a - \lg\{[c'(X)V(X) - c'(T)V(T)] / c'(T)V(T)\}.$$

Расчет pH раствора в ТЭ

$$\text{pH} = 7 + 0,5(\text{p}K_a - \text{p}c_b).$$

$$\text{pH} = 7 + 0,5\{\text{p}K_a + \lg(c'(X)V(X) / [V(X) + V(T)])\}.$$

Расчет pH раствора после ТЭ

$$\text{pH} = 14 - \text{pOH};$$

$$\text{pOH} = -\lg\{[c'(T)V(T) - c'(X)V(X)] / [V(X) + V(T)]\},$$

$$\text{pH} = 14 + \lg\{[c'(T)V(T) - c'(X)V(X)] / [V(X) + V(T)]\}$$

# Титрование слабого основания сильной кислотой

Расчет pH исходного раствора

$$\text{pH} = 14 - 0,5 (\text{pK} - \text{pC})$$

Расчет pH до ТЭ

$$\text{pH} = 14 - \text{pOH}$$

$$\text{pOH} = \text{pK} - \lg \left\{ \frac{c'(X)V(X) - c'(T)V(T)}{c'(T)V(T)} \right\}$$

Расчет pH раствора в ТЭ

$$\text{pH} = 7 - 0,5 (\text{pK} + \lg(c'(X)V(x)/V(X) + V(T)))$$

Расчет pH раствора после ТЭ

$$\text{pH} = -\lg c(T) = -\lg \left( \frac{c'(T)V(T) - c'(X)V(X)}{v(X) + V(T)} \right)$$

