

**ВВЕДЕНИЕ В
ТИТРИМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ.
КИСЛОТНО-ОСНОВНОЕ
ТИТРОВАНИЕ**

лектор – проф. Васюк С. А.

2016

План

1. Титриметрические методы
2. Классификация титриметрических методов анализа
3. Титрованные (стандартные) растворы
4. Способы и методы титрования
5. Сущность кислотно-основного титрования
6. Первичные стандарты метода кислотно-основного титрования
7. рН-индикаторы
8. Способы подбора индикаторов

Закон эквивалентов

$$C_{\text{Мэ}1} \cdot V_1 = C_{\text{Мэ}2} \cdot V_2,$$

где $C_{\text{Мэ}}$ – молярная концентрация эквивалента;
 V – объем.

Фактор эквивалентности $f_{\text{э}}$



$$f_{\text{э}}(\text{H}_2\text{CO}_3) = \frac{1}{2}.$$



$$f_{\text{э}}(\text{H}_2\text{CO}_3) = 1.$$

Молярной массой эквивалента вещества называют массу одного моля эквивалента этого вещества, равную произведению фактора эквивалентности на молярную массу вещества.

$$M_{\text{э}} = f_{\text{э}} \cdot M$$

$$M_{\text{э}}(\text{H}_2\text{CO}_3) = f_{\text{э}}(\text{H}_2\text{CO}_3) \cdot M(\text{H}_2\text{CO}_3) = 1/2 \cdot 106,0 = 53,00 \text{ г/моль};$$

$$M_{\text{э}}(\text{H}_2\text{CO}_3) = f_{\text{э}}(\text{H}_2\text{CO}_3) \cdot M(\text{H}_2\text{CO}_3) = 1 \cdot 106,0 = 106,0 \text{ г/моль}.$$

Классификация титриметрических методов анализа

1. **Кислотно-основное титрование** – основано на реакции переноса ионов водорода от одной реагирующей частицы к другой в растворе:



- *ацидиметрию (ацидиметрическое титрование)* – определение веществ титрованием стандартным раствором кислоты (H_3O^+);
- *алкалиметрию (алкалиметрическое титрование)* – определение веществ титрованием стандартным раствором сильного основания (OH^-);
- *протолитометрию* (титрование в неводных средах).

2. Окислительно-восстановительное титрование (редокс-метрия) – основано на реакции переноса электронов от восстановителя к окислителю:



- *оксидиметрические методы* (титрование раствором окислителя): перманганатометрия, иодатометрия, дихроматометрия, бром- и броматометрия, цериметрия, йодхлорметрия и др.;
- *редуктометрические методы* (титрование раствором восстановителя): аскорбинометрия, титанометрия, феррометрия и др.

3. Осадительное титрование – основано на реакции образования малорастворимых соединений:



Различают: аргентометрию, меркурометрию, тиоцианатометрию и др.

4. Комплексиметрическое титрование – основано на реакции образования слабодиссоциирующего растворимого комплекса:



Различают: комплексонометрию, меркуриметрию, фториметрию.

- **Способ приготовленного титра**

$$T = \frac{a}{V_k}$$

$$C_{M_{\text{Э}}} = \frac{T}{M_{\text{Э}'}}$$

T – титр раствора, г/мл;

a – масса навески вещества, г;

V_k – вместимость мерной колбы, мл;

$C_{M_{\text{Э}}}$ – молярная концентрация эквивалента раствора;

$M_{\text{Э}'}$ – миллимолярная масса эквивалента вещества.

- **Способ установленного титра**

$$C_{M_2} = \frac{C_{M_2 1} \cdot V_1}{V}$$

$$T = C_{M_2} \cdot M_2'$$

Навеску установочного вещества для приготовления определенного объема V раствора с молярной концентрацией C_M или молярной концентрацией эквивалента $C_{MЭ}$ рассчитывают по формулам:

- Для твердых веществ:

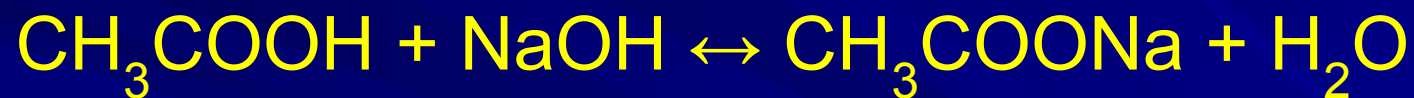
$$a = \frac{C_{MЭ} \cdot V_k \cdot MЭ}{1000}$$

- Для растворов:

$$a = \frac{C_{MЭ} \cdot V_k \cdot MЭ \cdot 100}{C\% \cdot 1000}$$

$C\%$ - процентная концентрация вещества в исходном растворе.

Прямое титрование

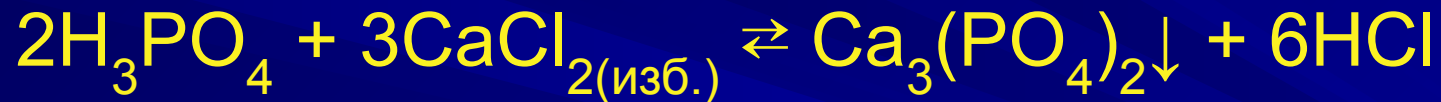


Обратное титрование
(титрование по избытку)



Заместительное титрование

Например, методом алкалиметрии способом прямого титрования H_3PO_4 титруется только по 1 и 2 ступеням. Для того, чтобы оттитровать H_3PO_4 по 3 ступеням используют способ заместительного титрования:

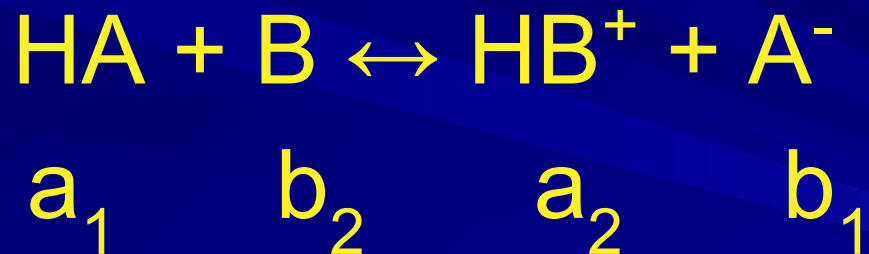


Различают:

- ✓ метод пипетирования;
- ✓ метод отдельных навесок.

Сущность кислотно-основного титрования

В основе метода кислотно-основного титрования лежат реакции, связанные с переносом ионов водорода между веществами, проявляющими кислотно-основные свойства.



Титранты метода КОТ

В методе ацидиметрии в качестве титрантов применяют 0,01-1 М растворы кислот (HCl , H_2SO_4 , HNO_3 , HClO_4), в методе алкалиметрии – 0,01-1 М растворы щелочей (NaOH , KOH , $\text{Ba}(\text{OH})_2$).

- Тетраборат натрия декагидрат, бора ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$)



индикатор – метиловый красный, метиловый оранжевый

- Карбонат натрия (Na_2CO_3)



$$f_{\text{э}}(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 1/2$$

индикатор – метиловый красный, метиловый
оранжевый



$$f_{\text{э}}(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 1$$

индикатор – фенолфталеин

- Щавелевая кислота $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$



$$f_{\text{э}}(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) = 1/2$$

индикатор – фенолфталеин

- Янтарная кислота $\text{H}_2\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_4$



$$f_{\text{э}}(\text{H}_2\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_4) = 1/2$$

индикатор – фенолфталеин

- Бензойная кислота C_6H_5COOH



$$f_{\text{э}}(C_6H_5COOH) = 1$$

индикатор – фенолфталеин

- Салициловая кислота $C_6H_4(OH)COOH$



$$f_{\text{э}}(C_6H_4(OH)COOH) = 1$$

индикатор – фенолфталеин

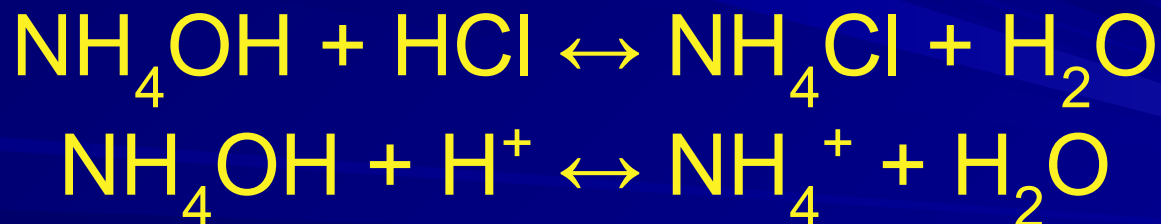
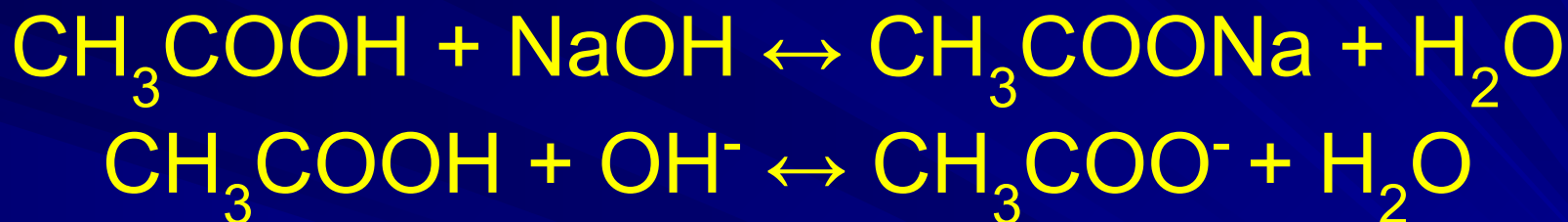
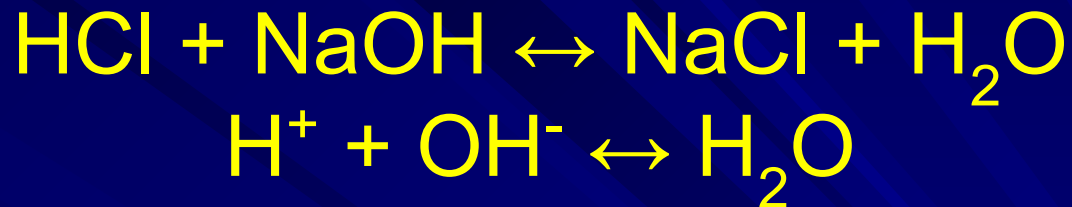


$$\text{pH} = \text{pK}_a + \lg \frac{[\text{Ind}^-]}{[\text{HInd}]}$$

$$\text{pK}_a + \lg \frac{1}{10}$$

$$\text{pK}_a + \lg \frac{10}{1}$$

$$\Delta\text{pH} = \text{pK}_a \pm 1$$

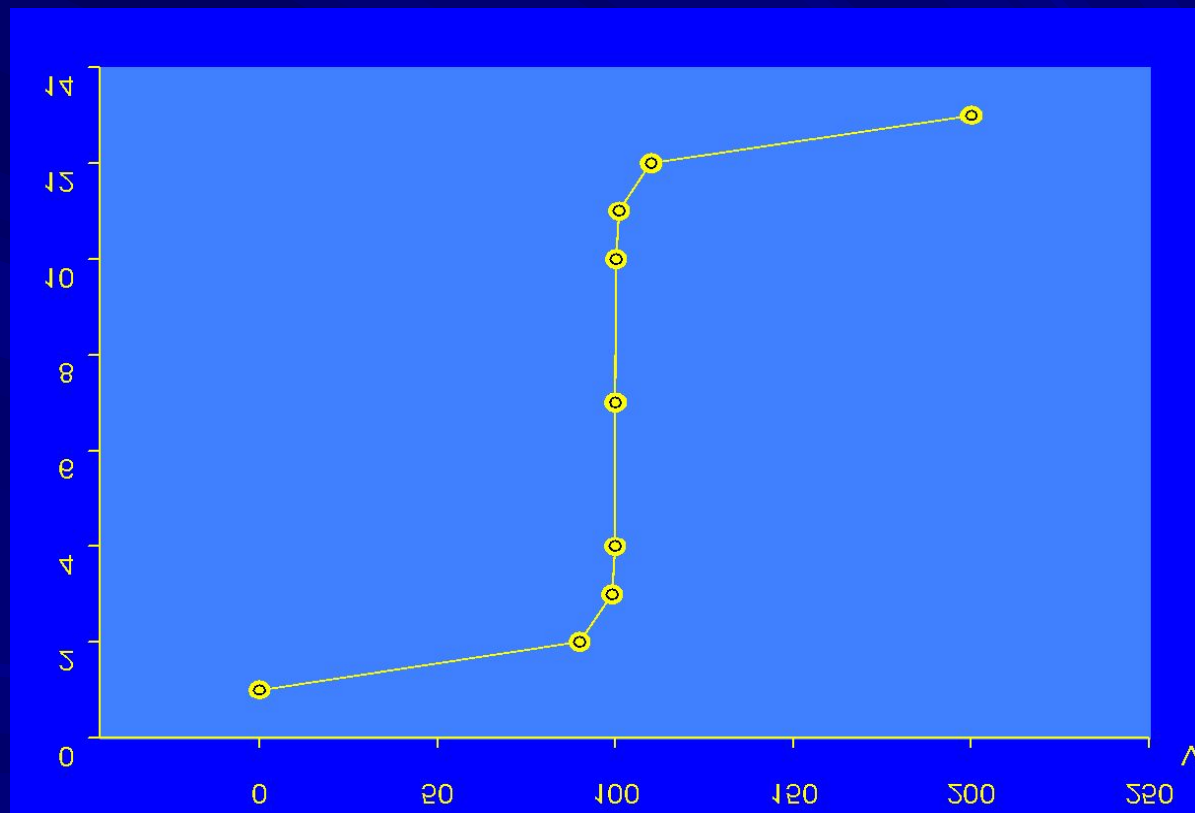


Для построения кривой титрования рассчитывают:

- рН исходного раствора,
- рН в момент полунейтрализации,
- рН в начале скачка титрования (анализируемый раствор недотитрован на 0,1%),
- рН в точке эквивалентности,
- рН в конце скачка титрования (анализируемый раствор перетитрован на 0,1%).

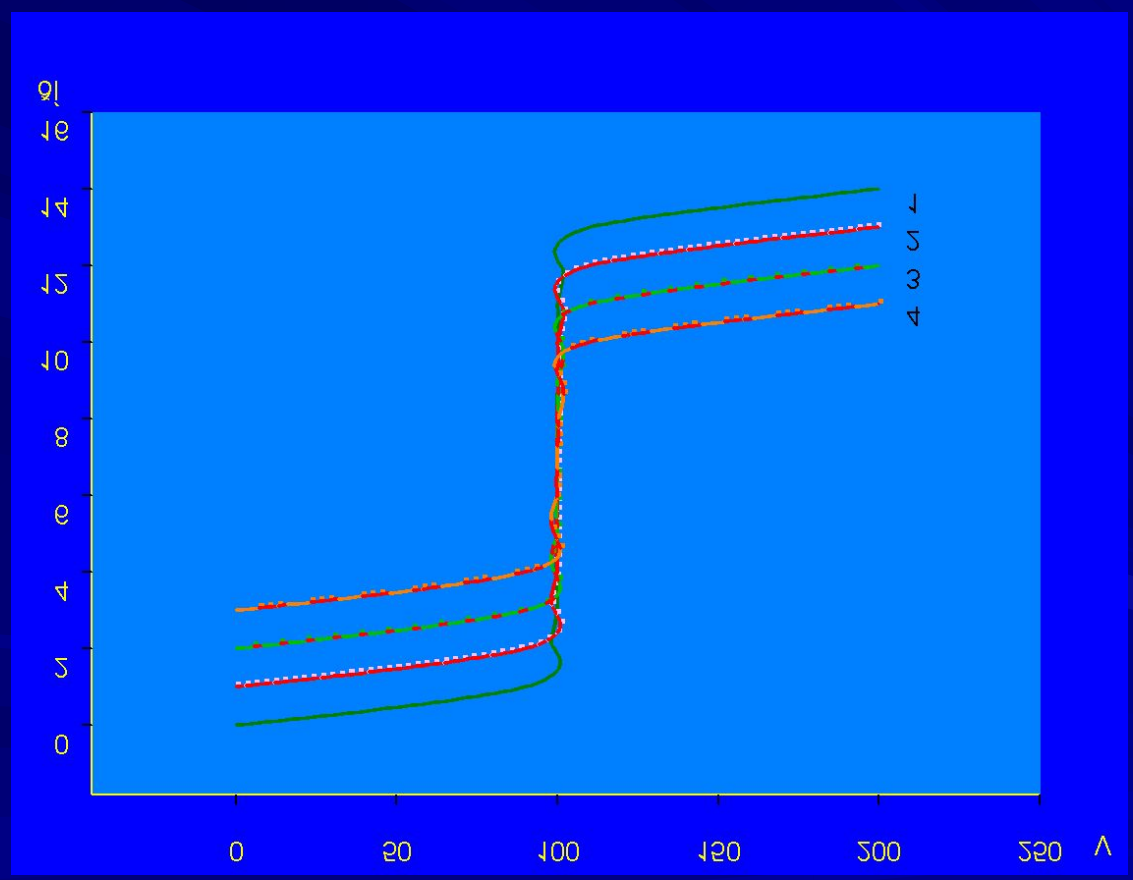
С визуальным фиксированием конечной точки титрования (КТТ) можно оттитровать вещества, у которых $K_a, K_b \geq 5 \cdot 10^{-8}$

Кривая титрования 0,1 М раствора HCl 0,1 М раствором NaOH

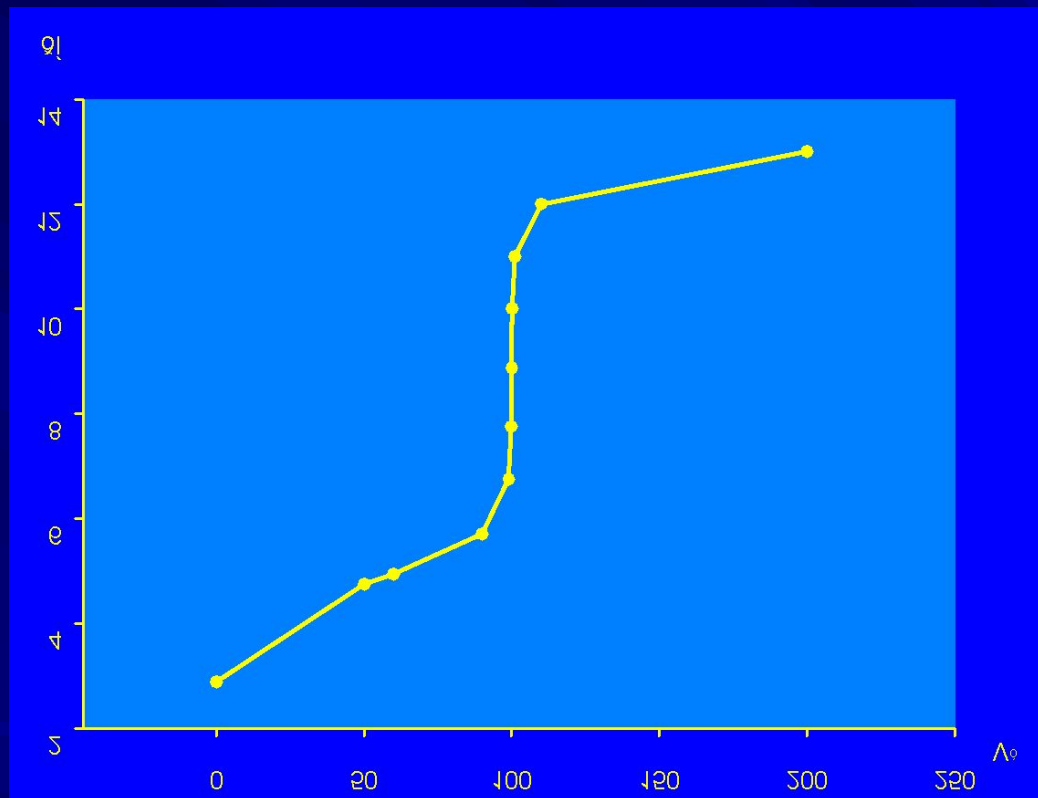


Кривая титрования раствора HCl раствором NaOH:

1 – 1 М растворы, 2 – 0,1 М растворы,
3 – 0,01 М растворы, 4 – 0,001 М растворы



Кривая титрования 0,1 М раствора CH_3COOH 0,1 М раствором NaOH



Кривая титрования 0,1 М раствора NH_4OH 0,1 М раствором HCl

