

Аналитическая химия
Лекция 4
Кислотно-основное титрование



План лекции:

1. Теоретические кривые титрования
2. Этапы титрования
3. Построение кривых кислотно-основного титрования
4. Индикация конечной точки титрования: визуальная и потенциометрическая

Учебная литература:

1. Аналитическая химия. Химические методы анализа / под ред. О.М. Петрухина.
2. Качественный анализ и кислотно-основное титрование. Практическое пособие / под ред. Кузнецова В.В.
3. Аналитическая химия. Химические методы анализа. Лабораторный практикум / под редакцией доц. С. Л. Рогатинской



Теоретические кривые титрования

ТКТ - график зависимости концентрации определяемого компонента (или \lg) от количества прибавленного титранта или от степени оттитрования (τ)

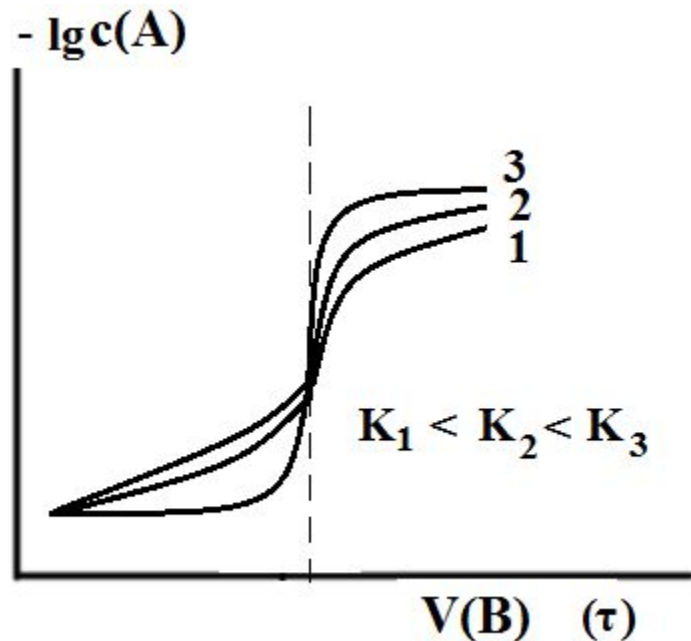
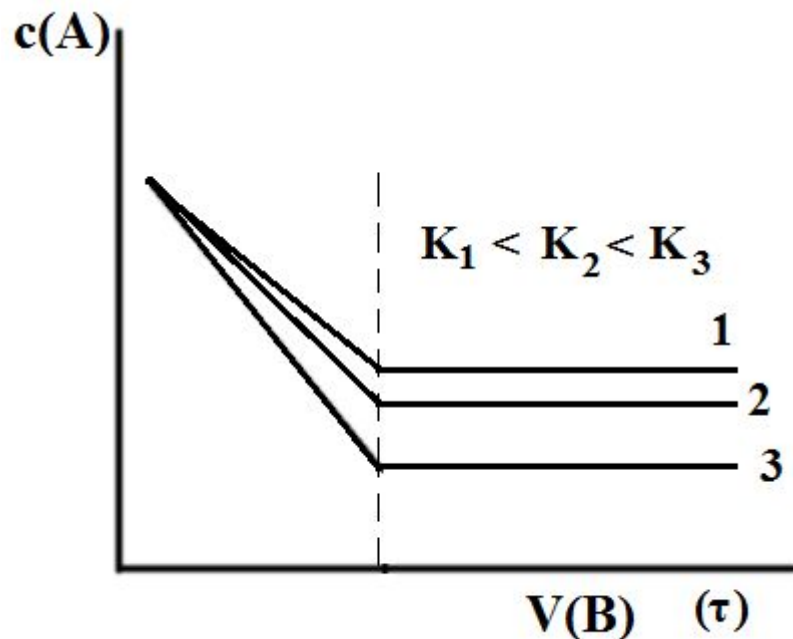
$$\tau = \frac{n(f_{\text{экв}} A)}{n(f_{\text{экв}} B)}$$



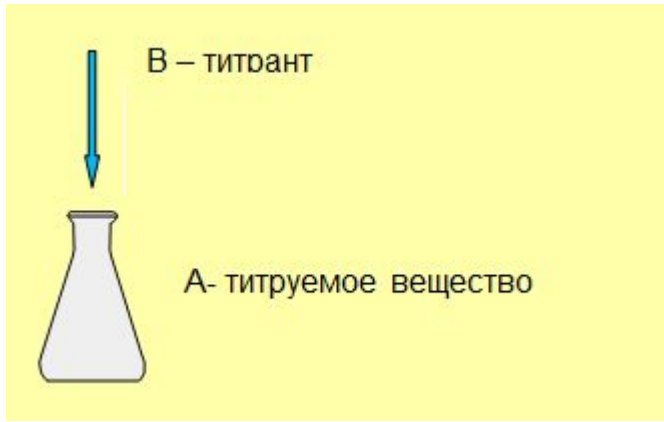
A – определяемое вещество, *B* - титрант

ТКТ позволяют:

- ✓ оценивать качественные и количественные изменения титруемого раствора
- ✓ подобрать условия титрования
- ✓ выбрать подходящий индикатор



ЭТАПЫ ТИТРОВАНИЯ



- 1 – до начала титрования
- 2 – до точки эквивалентности (ТЭ)
- 3 - ТЭ
- 4 – после ТЭ

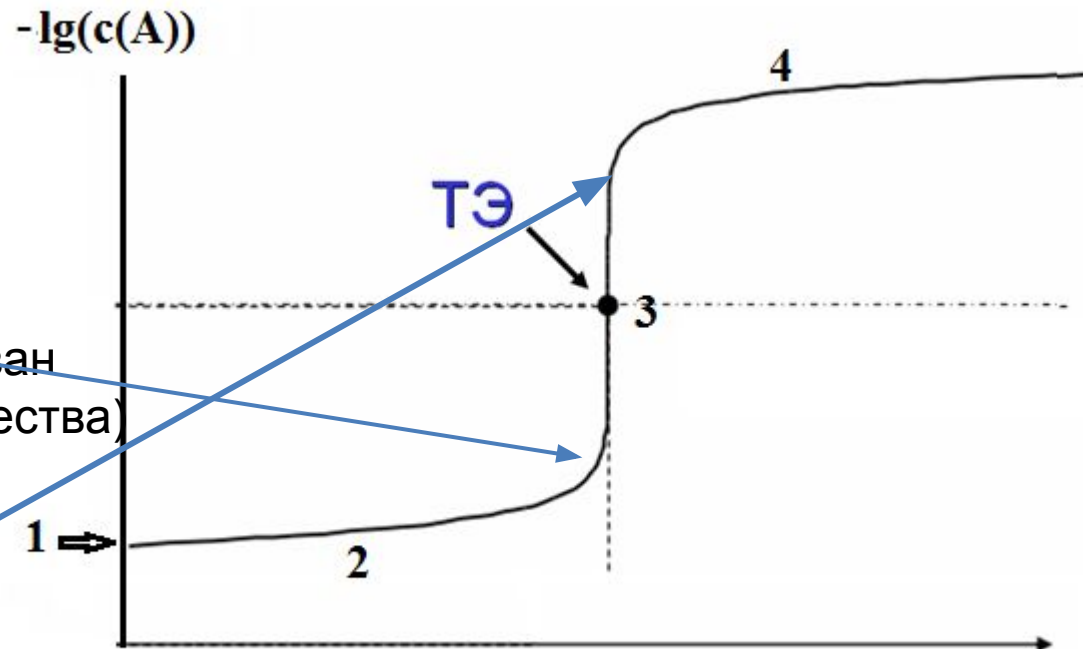
ТЭ – точка, в которой 100% вещества А оттитровано.
Теоретическое понятие

Начало скачка

В этой точке раствор не дотитрован на 0,1% (оттитровано 99,9% вещества)

Конец скачка титрования

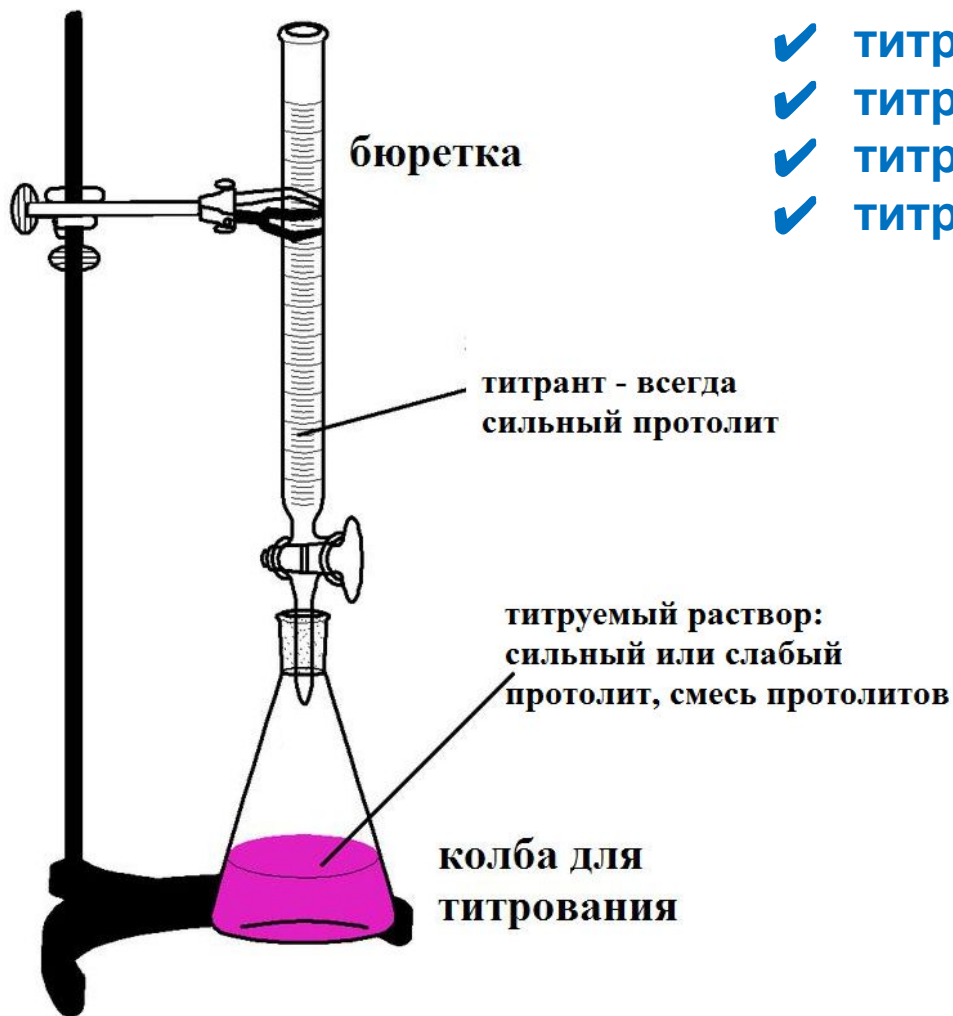
В этой точке титруемое вещество перетитровано на 0,1%



Кислотно-основное титрование

Случаи титрования:

- ✓ титрование сильных протолитов
- ✓ титрование слабых протолитов
- ✓ титрование многоосновных протолитов
- ✓ титрование смесей протолитов



В основе расчетов закон эквивалентов:

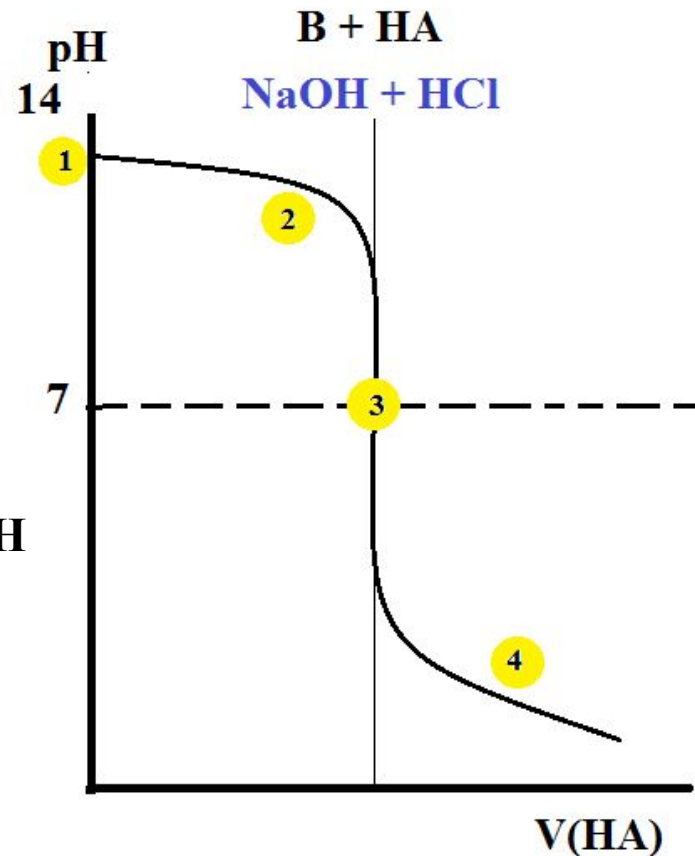
$$n(f_{\text{ЭКВ}}(A)) = n(f_{\text{ЭКВ}}(B))$$



Кривые титрования сильных протолитов

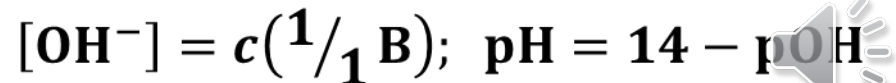
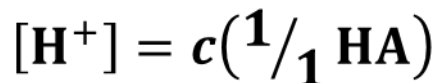


сильная кислота



сильное основание

1 До начала титрования



сильная кислота

сильное основание

2 до ТЭ: в растворе продукт + исходное соединение

$$n(1/1 \text{ HA}) > n(1/1 \text{ B})$$

$$[\text{H}^+] = c(1/1 \text{ HA}_{(\text{ост})}) =$$

$$\frac{c(1/1 \text{ HA})V(\text{HA}) - c(1/1 \text{ B})V(\text{B})}{V(\text{HA}) + V(\text{B})}$$

$$n(1/1 \text{ B}) > n(1/1 \text{ HA})$$

$$[\text{OH}^-] = c(1/1 \text{ B}_{(\text{ост})}) =$$

$$\frac{c(1/1 \text{ B})V(\text{B}) - c(1/1 \text{ HA})V(\text{HA})}{V(\text{HA}) + V(\text{B})}$$

3 ТЭ : в растворе только продукт реакции

соль, которая гидролизу не подвергается
рН 7

соль, которая гидролизу не подвергается
рН 7

4 После ТЭ : в растворе продукт реакции + титрант

рН > 7

$$[\text{OH}^-] = c(1/1 \text{ B}_{(\text{изб})})$$

$$[\text{OH}^-] = \frac{c(1/1 \text{ B})V(\text{B}) - c(1/1 \text{ HA})V(\text{HA})}{V(\text{B}) + V(\text{HA})}$$

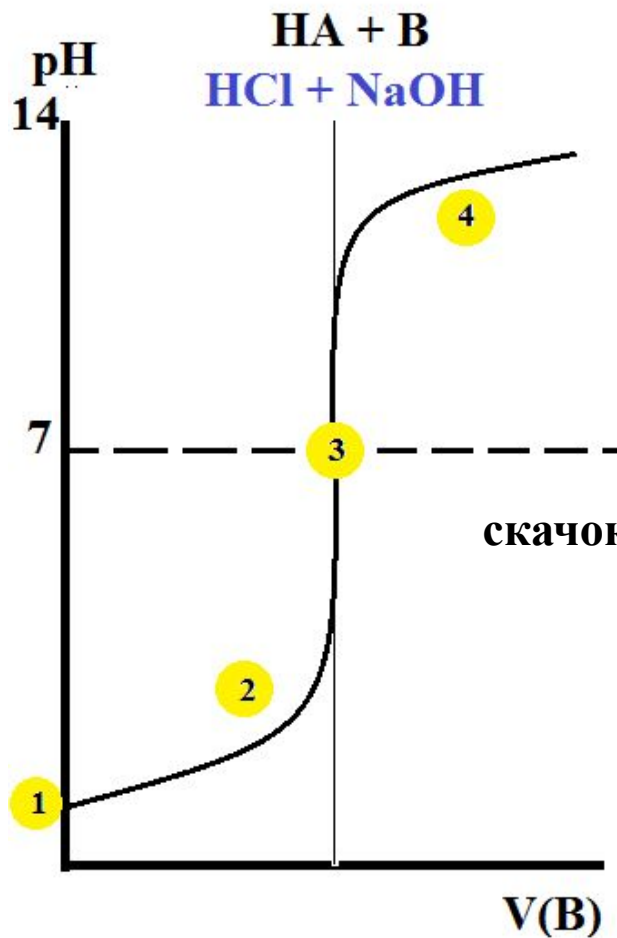
рН < 7

$$[\text{H}^+] = c(1/1 \text{ HA}_{(\text{изб})})$$

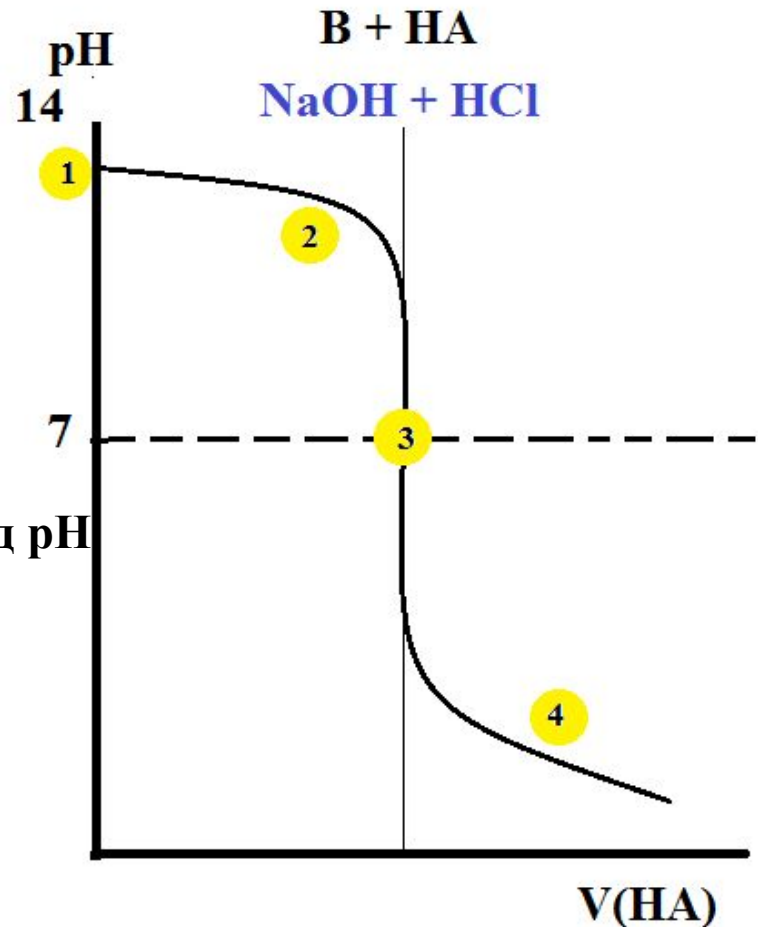
$$[\text{H}^+] = \frac{c(1/1 \text{ HA})V(\text{HA}) - c(1/1 \text{ B})V(\text{B})}{V(\text{HA}) + V(\text{B})}$$



Кривые титрования сильных протолитов



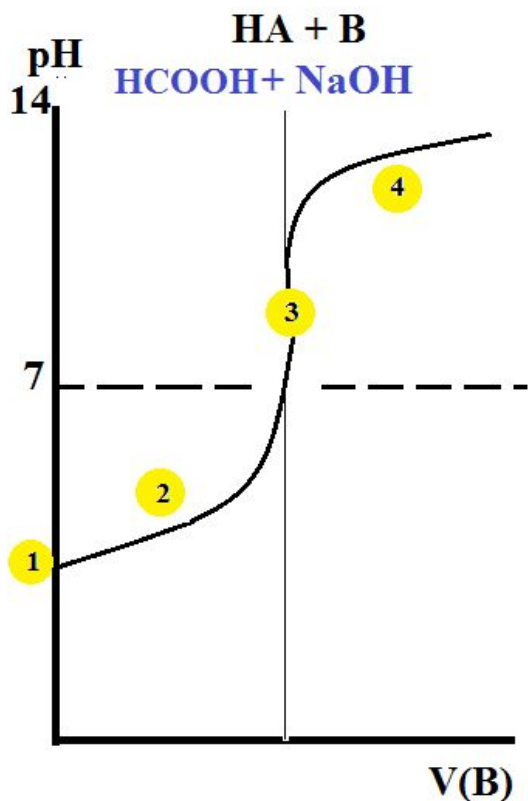
сильная кислота



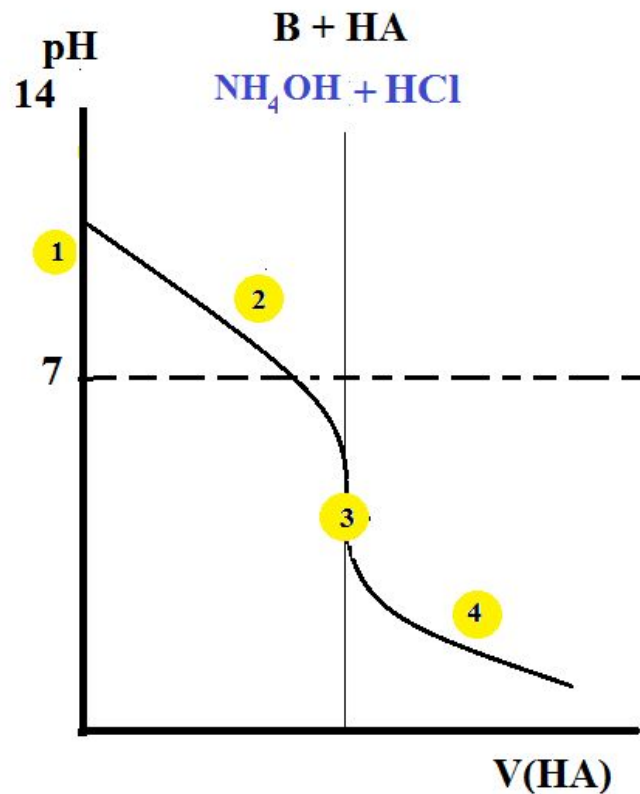
сильное основание



Кривая титрования слабых одноосновных протолитов



слабая кислота



слабое основание

1 До начала титрования

$$[\text{H}^+] = \sqrt{K_a \cdot c(1/1 \text{ HA})}$$

$$[\text{OH}^-] = \sqrt{K_b \cdot c(1/1 \text{ B})}$$



слабая кислота

слабое основание

2 до ТЭ: в растворе продукт + исходное соединение

$$n(1/1 \text{ HA}) > n(1/1 \text{ B})$$

$$n(1/1 \text{ B}) > n(1/1 \text{ HA})$$

Слабый протолит + его соль ???

Буферный раствор

$$[\text{H}^+] = K_a(\text{HA}) \cdot \frac{c(1/1 \text{ HA})}{c(\text{соли})}$$

кислоты осталось:

$$[c(1/1 \text{ HA})] = \frac{c(1/1 \text{ HA})V(\text{HA}) - c(1/1 \text{ B})V(\text{B})}{V(\text{B}) + V(\text{HA})}$$

соли образовалось:

$$[c(\text{соли})] = \frac{c(1/1 \text{ B})V(\text{B})}{V(\text{B}) + V(\text{HA})}$$

$$[\text{H}^+] = K_a(\text{HA}) \cdot$$

$$\cdot \frac{c(1/1 \text{ HA})V(\text{HA}) - c(1/1 \text{ B})V(\text{B})}{c(1/1 \text{ B})V(\text{B})}$$

$$[\text{OH}^-] = K_b(\text{B}) \cdot \frac{c(1/1 \text{ B})}{c(\text{соли})}$$

основания осталось:

$$[c(1/1 \text{ B})] = \frac{c(1/1 \text{ B})V(\text{B}) - c(\text{HA})V(\text{HA})}{V(\text{B}) + V(\text{HA})}$$

соли образовалось:

$$[c(\text{соли})] = \frac{c(1/1 \text{ HA})V(\text{HA})}{V(\text{B}) + V(\text{HA})}$$

$$[\text{OH}^-] = K_b(\text{B}) \cdot$$

$$\cdot \frac{c(1/1 \text{ B})V(\text{B}) - c(1/1 \text{ HA})V(\text{HA})}{c(1/1 \text{ HA})V(\text{HA})}$$



слабая кислота

слабое основание

3 ТЭ : в растворе только продукт реакции

$$n(1/1 \text{ HA}) = n(1/1 \text{ B})$$

соль, которая гидролизуеться по аниону
 $\text{pH} > 7$ (HCOONa)

$$[\text{OH}^-] = \sqrt{\frac{K_w}{K_a} \cdot c(\text{соли})}$$

$$[\text{OH}^-] = \sqrt{\frac{K_w}{K_a} \cdot \frac{c(1/1 \text{ HA})V(\text{HA})}{V(\text{B}) + V(\text{HA})}}$$

соль, которая гидролизуеться по катиону
 $\text{pH} < 7$ (NH_4Cl)

$$[\text{H}^+] = \sqrt{\frac{K_w}{K_b} \cdot c(\text{соли})}$$

$$[\text{H}^+] = \sqrt{\frac{K_w}{K_b} \cdot \frac{c(1/1 \text{ B})V(\text{B})}{V(\text{B}) + V(\text{HA})}}$$

4 После ТЭ : в растворе продукт реакции + титрант

$\text{pH} > 7$

$$n(1/1 \text{ HA}) < n(1/1 \text{ B})$$

$$[\text{OH}^-] = c(1/1 \text{ B}_{(\text{изб})})$$

$$[\text{OH}^-] = \frac{c(1/1 \text{ B})V(\text{B}) - c(1/1 \text{ HA})V(\text{HA})}{V(\text{B}) + V(\text{HA})}$$

$\text{pH} < 7$

$$n(1/1 \text{ HA}) > n(1/1 \text{ B})$$

$$[\text{H}^+] = c(1/1 \text{ HA}_{(\text{изб})})$$

$$[\text{H}^+] = \frac{c(1/1 \text{ HA})V(\text{HA}) - c(1/1 \text{ B})V(\text{B})}{V(\text{HA}) + V(\text{B})}$$