

Кислотно-основное титрование

Индикаторные системы

Индикаторы

Кислотно-
основные

Окред-
индикаторы

Металло-
индикаторы

Осади-
тельные

Адсорб-
ционные

Специ-
фические

Индикаторные системы

- Показатель титрования **pT** – значение pH, при котором наблюдается резкое изменение окраски индикатора.
- Это значение pH, до которого титруют раствор с данным индикатором.

Кислотно-основные индикаторы

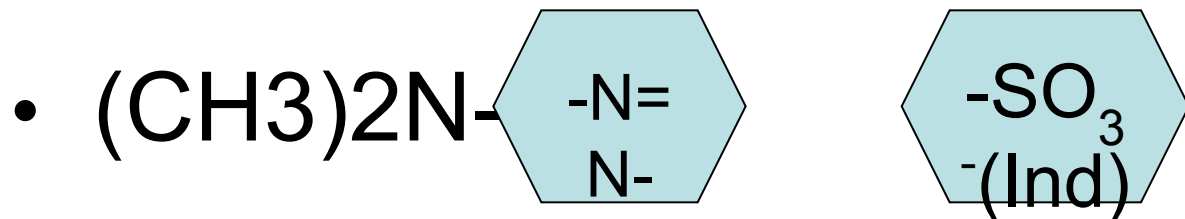
- **Слабые органические кислоты или основания, т.е. Представляют собой сопряженную пару, кислотная и основная форма которых различаются по цвету, более слабые чем титруемые вещества.**

- Изменение окраски индикатора наступает при определенном значении pH раствора:
- $\text{HInd} \leftrightarrow \text{H}^+ + \text{Ind}^-$
- 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 pH.

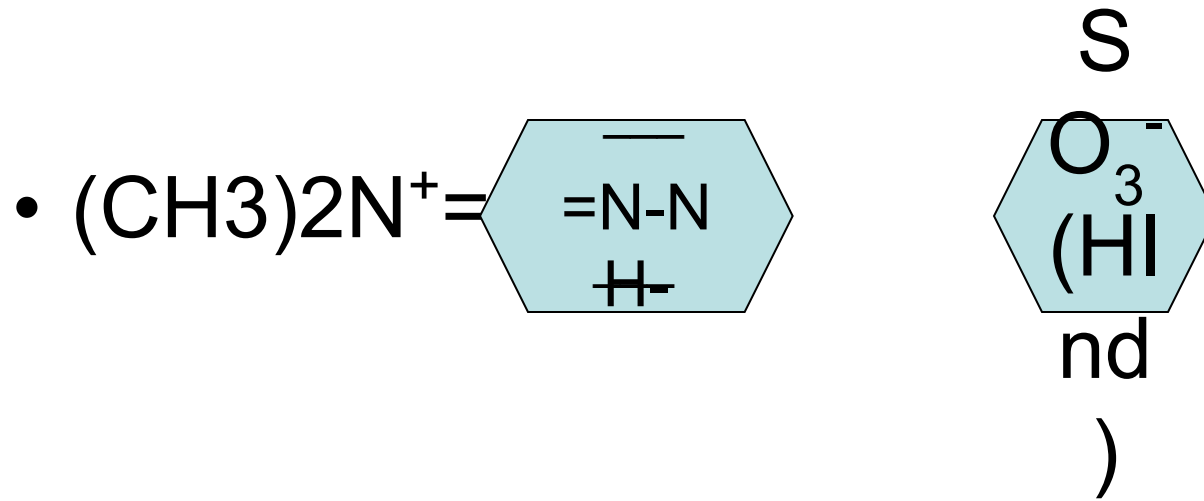
Наиболее распространенные кислотно-основные индикаторы

индикатор	Хар-р	pK	pH	pT	Кислая	Щелочная
Ализариновый желтый	КИСЛ	10,7	10,0-1 2,0	11	желт	Сиреневая
Тимолфталеин	КИСЛ	9,7	9,4-10, 6	10	бесц	синяя
Фенолфталеин	КИСЛ	9,2	8,0-10, 0	9	бесц	малиновая
Фенолкрасный	КИСЛ	8,0	6,8-8,0	7	желт	красная
Лакмус	КИСЛ		5,0-8,0	7	красн	синяя
Метиловый красный	Осн	5,1	5,4-6,2	5	красн	Желтая
Метиловый оранжевый	Осн	3,7	3,0-4,0	4	розов	Желтая

Метилоранжевый в кислой среде имеет структуру (желтый)



В кислой среде происходит присоединение протона и образуется кислотная форма:



Требования к кислотно-основным индикаторам

- **Быть чувствительными, чтобы расход индикатора был как можно меньше**
- **Равновесие между обеими формами должно устанавливаться быстро**
- **Обе (или одна у одноцветных) должны быть интенсивно окрашены**
- **Интервал перехода окраски индикатора должен быть небольшим**

Окислительно-восстановительные (оксред-индикаторы)

- Органические соединения, изменение окраски которых связано с процессами окисления и восстановления:
- $\text{Ind}_{\text{ox}} + ne \leftrightarrow \text{Ind}_{\text{Red}}$

Оксред-индикаторы

Индикатор	Ind Ox	Ind Red	E^0 при $H^+ = 1$
Дифениламин	Сине-фиолетовая	Бесцветная	+0,76
Дифенилбензидин	фиолетовая		+0,76
Дифениламин-сульфонат натрия	Красно-фиолетовая		+0,84
Ферроин	Бледно-голубая	Красная	+1,06
Дифениламиндикарбоновая кислота	Сине-фиолетовая	Бесцветная	+1,26
Дипиридил	Бесцветная	Желтая	+1,33

Металлоиндикаторы (металлохромные индикаторы)

- Хромоген черный
- $\text{H}_2\text{Ind}^- + \text{H}^+ \xrightarrow{\text{pK}=6.3} \text{Ind}^{2-} + 2\text{H}^+ \xrightarrow{\text{pK}=11.6} \text{Ind}^{3-} + 3\text{H}^+$
- Красный Синий желто-оранжевый

Классификация титриметрических методов

Тип реакц	Общее назван метода	Станд. раст-р	Частное назван	Прямое титров	Обратн титрова	Косвенн титров
Кислота + основан	Кислотн-основн	<p>Кислот HCL, <u>H₂SO₄</u></p> <p>Основание KOH, NaOH</p>	<p><u>Ацидиметрия</u></p> <p>Алкалиметрия</p>	<p>Основ, Соли: сил.осн+ <u>сл.к-та</u></p> <p>Кислоты, соли : сл. основ+си л.к-та</p>	Соли сл. основ и сил.к-т, <u>орг.в-ва</u>	
ОВР	Окислит-восстан титров	KMnO4	Перманганатометрия	Восстановители	Окислит	Вещ-ва, реаг с вос-лями

Кислотно-основное титрование

- Это экспериментальная методика определения концентрации кислоты либо основания, используемая преимущественно в количественном химическом анализе.
- **Кислоту** с известной концентрацией постепенно **добавляют** из бюретки **в щелочной раствор** неизвестной концентрации, находящийся в конической колбе.

Точка эквивалентности

- Достигается в тот момент, когда к основанию добавлено точное стехиометрическое количество кислоты.
- В этой точке вся щелочь нейтрализована, и в растворе нет ни избытка кислоты, ни избытка основания. Раствор состоит только из соли и воды.
- Ее фиксируют визуально по заметному аналитическому эффекту, вызываемому каким-либо из исходных соединений, продуктов реакции или специально введенных в систему веществ - индикаторов

Область перехода

- Интервал значений рН, в пределах которого индикатор изменяет свою окраску.
- *Метиловый оранжевый: область перехода от рН 4,4 до 3,1. При $pH > 4,4$, он сохраняет желтую окраску, а при $pH < 3,1$ - розовую*

- Для каждого случая титрования пригодны только те индикаторы, показатели титрования которых входят в пределы скачка рН на кривой.
- Лакмус $pT=7$ совпадает с точкой эквивалентности и входит в пределы скачка титрования сильной кислоты сильным основанием.

Методика кислотно-основного титрования

- К анализируемому раствору из бюретки приливают стандартный раствор (**титрант**) кислоты или основания до момента, когда вещества полностью прореагируют, что устанавливается при помощи индикатора. Содержание анализируемого объекта определяют по объему титранта пошедшего на титрование.

Случаи титрования

- **1 - сильную кислоту титруют сильным основанием**
- **2 – слабую кислоту титруют сильным основанием**
- **3 – сильное основание титруют сильной кислотой**
- **4 – слабое основание титруют сильной кислотой**

Кривая титрования

- **Выделяют:**
- **А) область до начала титрования**
- **Б) область до начала скачка титрования**
- **В) скачок титрования, включая точку эквивалентности**
- **Г) область после скачка титрования**

- До начала титрования значение pH титруемого раствора определяется концентрацией и константой диссоциации анализируемой кислоты (или основания)
- После точки эквивалентности – концентрацией титранта.
- В промежуточных точках титрование факторы, определяющие pH, зависят от того какое вещество титруют.

Изменение pH раствора при титровании сильной кислоты сильным основанием

NaOH, %	NaOH, мл	Осталось HCL, %	Осталось HCL, моль/л	[H]⁺, Моль/л	pH
0	0	100	0,1	10⁻¹	1
90	18	10	0,01	10⁻²	2
99	19,8	1,0	0,001	10⁻³	3
99,9	19,98	0,1	0,0001	10⁻⁴	4

Точка эквивалентности

100,0	20,0	0	0	10^{-7}	7
--------------	-------------	----------	----------	-----------------------------	----------

Избыток NaOH

100,1	20,02	0	0	10^{-10}	10
101	20,2	0	0	10^{-11}	11
110	22	0	0	10^{-12}	12
200	40	0	0	10^{-13}	13

Кривая титрования 0,1 н хлороводородной кислоты 0,1 н раствором гидроксида натрия

- На оси абцисс – избыток кислоты или щелочи в разные моменты титрования
- На оси ординат – значения рН раствора
- _____ X
- %, NaOH
- Мл, NaOH

Выбор индикатора

- **Фенолфталеин**
- **Метилловый оранжевый**
- **Метилловый красный**

Вывод

- При титровании сильной кислоты сильным основанием пригоден любой из четырех важнейших индикаторов метода нейтрализации