



Основная задача титрования – точное определение конца титрования или момента эквивалентности.

Его определяют **визуально** или **инструментально**.

В этом случае принято говорить о конечной точке титрования (КТТ).

Которая может не совпадать с тэ.

К **визуальным способам** определения тэ относят изменение окраски самого раствора или добавленного индикатора, прекращение выпадения осадка.

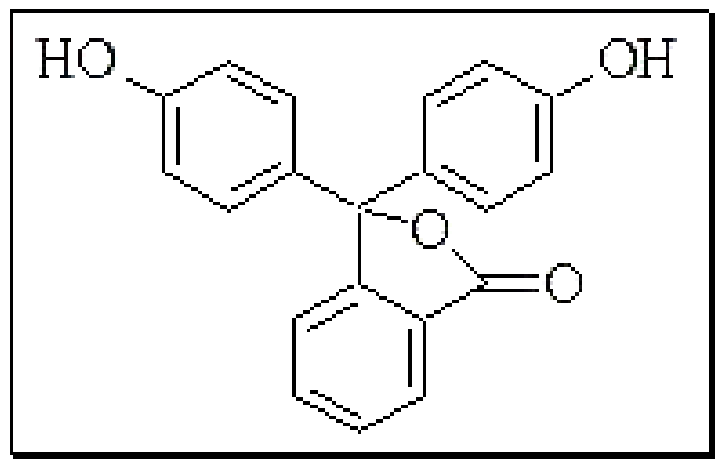
Индикаторы – вещества, добавляемые в раствор в небольшом количестве и позволяющие наблюдать конец титрования по изменению какого-либо параметра раствора.

Существуют кислотно-основные, окислительно-восстановительные, адсорбционные, флуоресцентные и др. индикаторы.



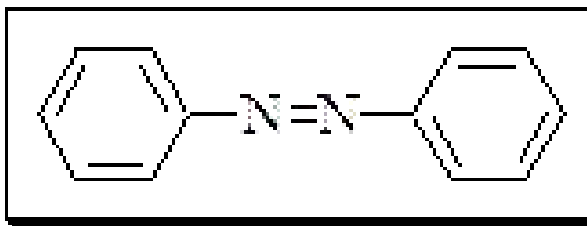
КИСЛОТНО-ОСНОВНЫЕ ИНДИКАТОРЫ

фталенины



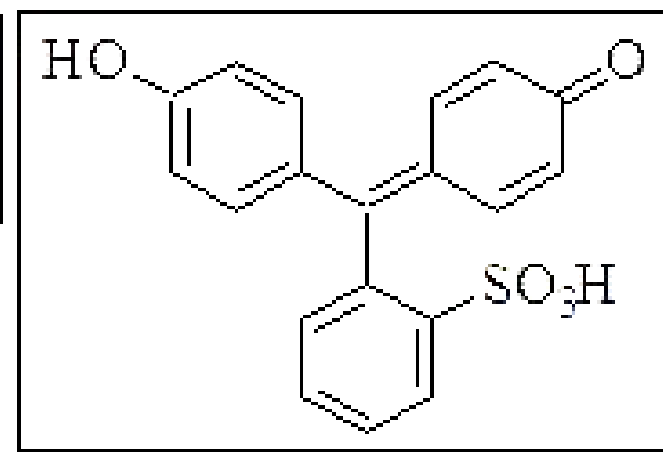
фенолфталеин, тимолфталеин

азосоединения



метиловый оранжевый,
метиловый красный,
тропaeлины

сульфоталенины



феноловый красный, тимоловый синий,
бромфеноловый синий, бромтимоловый синий,
бромкрезоловый пурпурный, бромкрезоловый зелёный



Кислотно-основные индикаторы

Изменяют свой цвет при изменении pH среды.

Согласно **ионной теории индикаторов Оствальда**:

Кислотно-основные индикаторы – слабые органические кислоты или основания, у которых недиссоциированные молекулы и ионы имеют различную окраску.

Различают индикаторы **кислотного** и **основного** типов.

Формы существования индикатора в растворе находятся в химическом равновесии, зависящем от pH и характеризующимся константой равновесия.



Индикатор **кислотного** типа



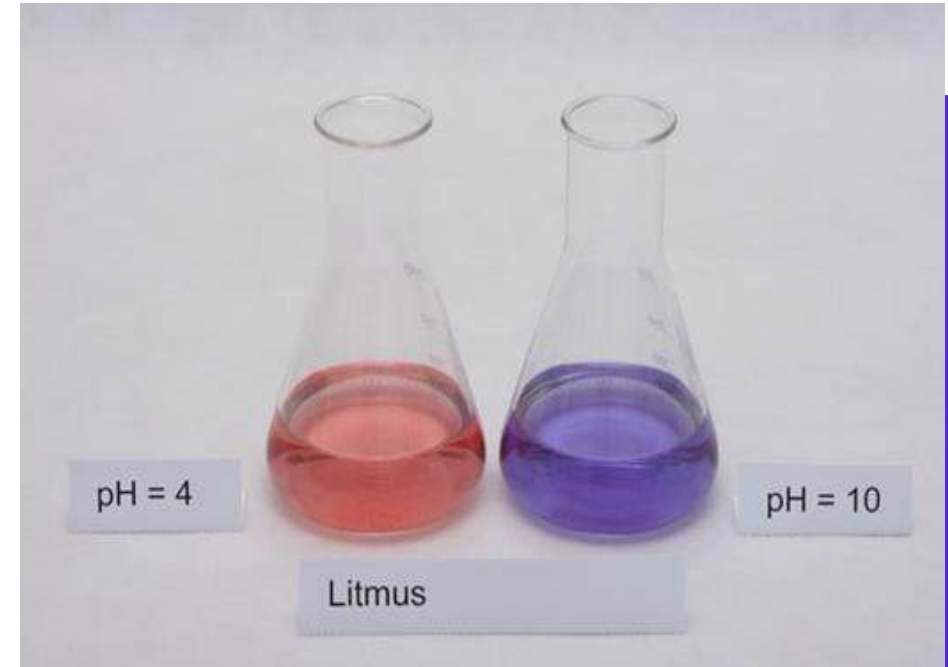
$$\text{p}K_a = \text{pH} + \lg \frac{[\text{HInd}]}{[\text{Ind}]}$$

Например

Лакмус – двуцветный индикатор

в кислой среде – **красный**

в щелочной среде – **синий**



Лакмус — красящее вещество природного происхождения, один из первых и наиболее широко известных кислотно-основных индикаторов.



Фактически природный лакмус представляет собой сложную смесь 10—15 различных субстанций.

Основными компонентами лакмуса считаются:

- **Азолитмин** (сост. $C_9H_{10}NO_5$) — может быть выделен из лакмуса экстракцией и использоваться как самостоятельный кислотно-щелочной индикатор;
- **Эритролитмин** (сост. $C_{13}H_{22}O_6$).

Также экстракционным разделением из лакмуса могут быть выделены:

- **Спанолитмин**
- **Лейкоорцеин**
- **Лейказолитмин**



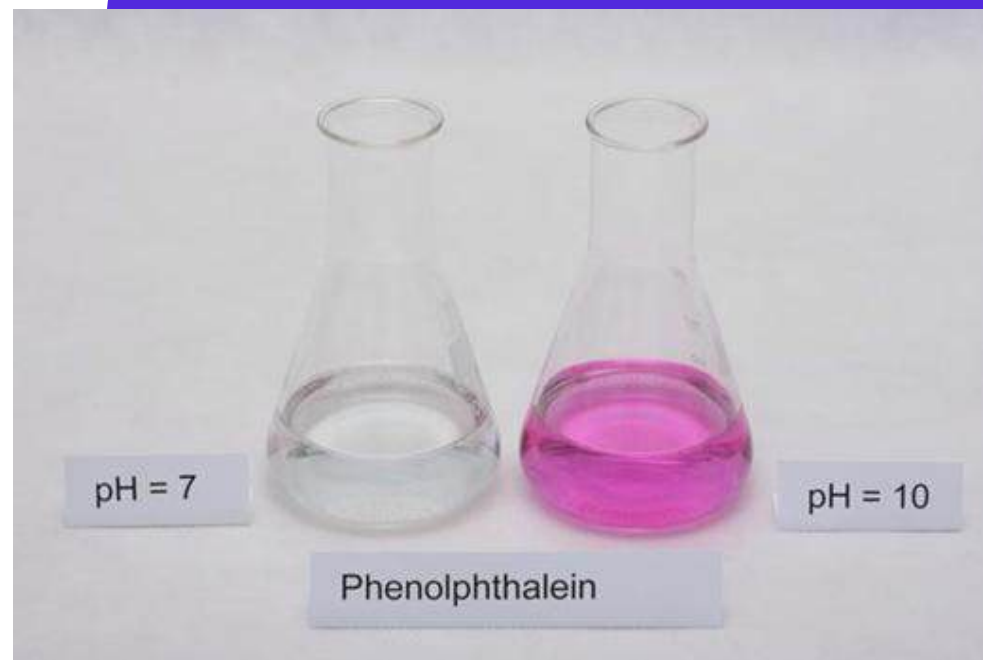
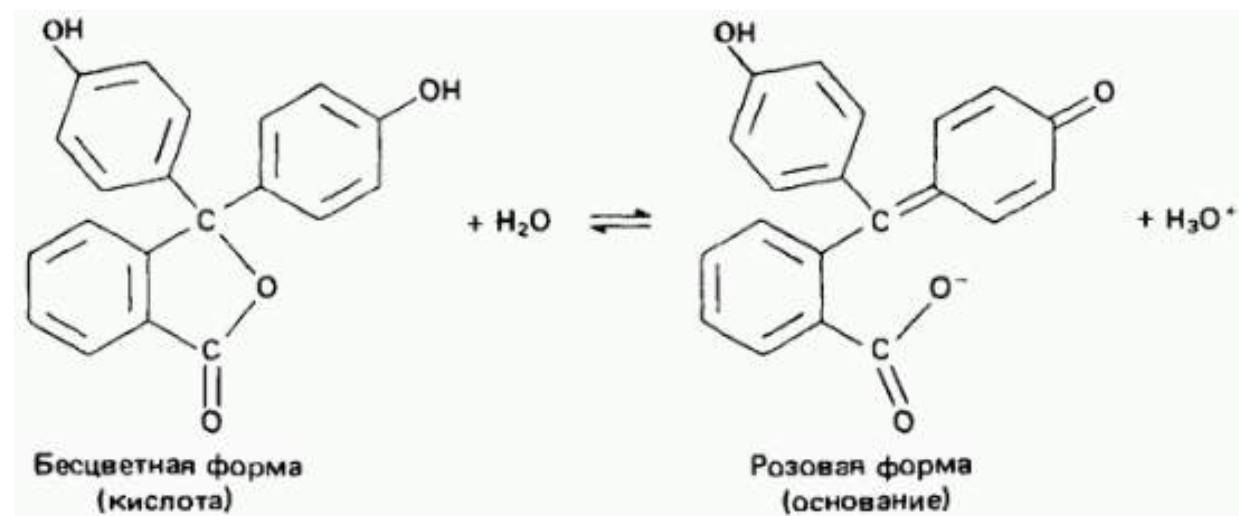
Существуют и одноцветные индикаторы

Например

фенолфталеин

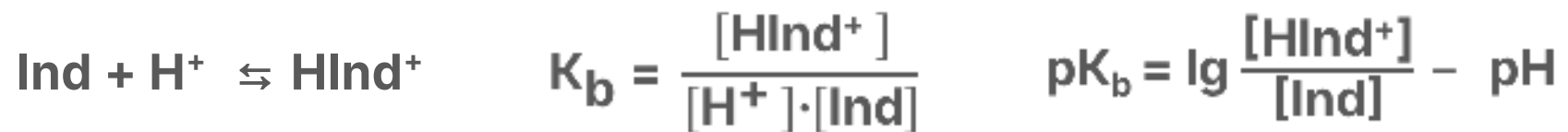
в кислой среде – бесцветный

в щелочной среде – малиновый



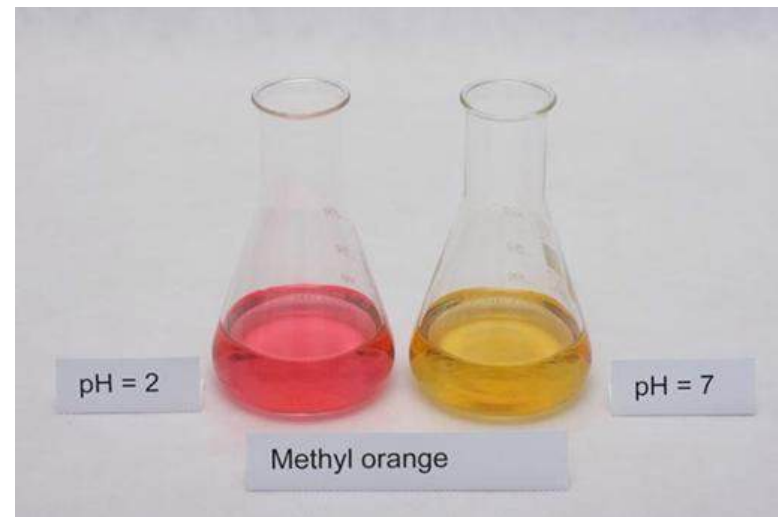
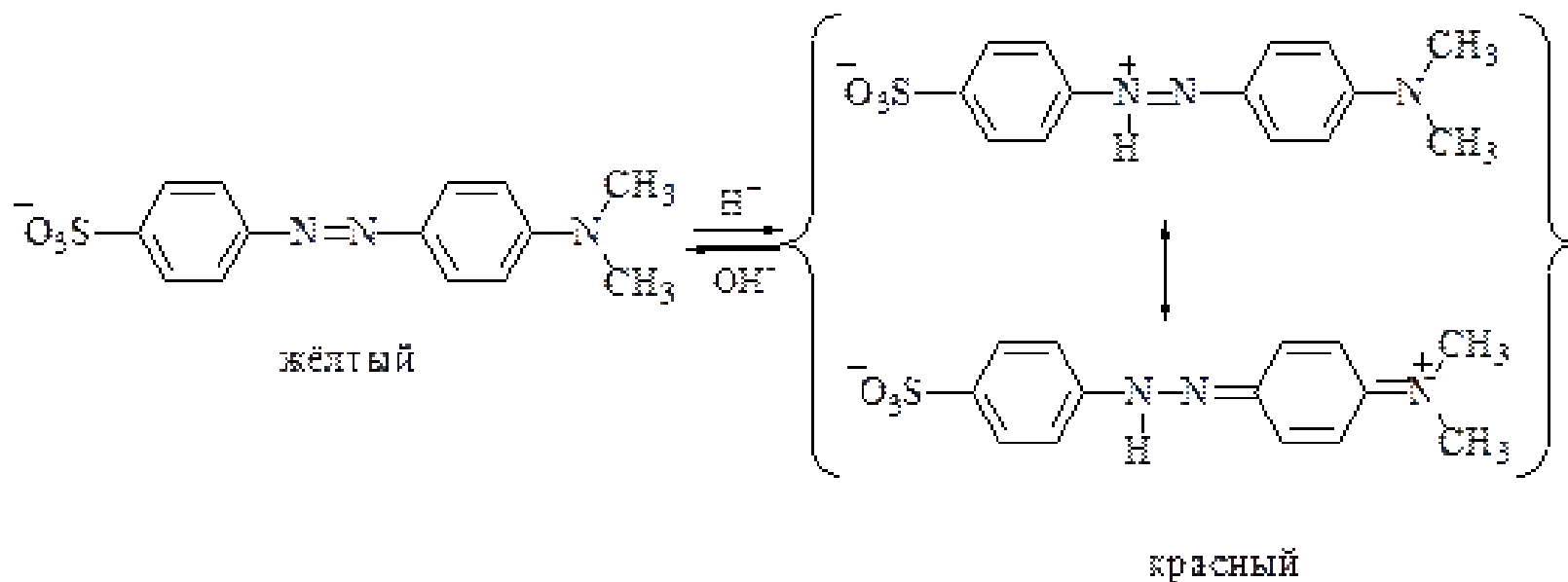


Индикатор основного типа



Например

метиловый оранжевый в кислой среде – **красный**
– двуцветный индикатор в щелочной среде – **желтый**





Изменение окраски индикаторов связано также и с **таутомерией органических молекул**.

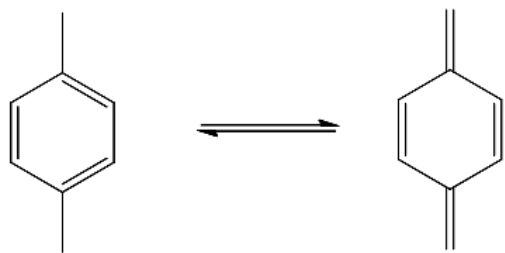
Отсюда возникла **хромофорная теория индикаторов**.

Окраска органических соединений приписывается наличию в молекулах особых атомных групп (радикалов) или группировок двойных связей, называемых **хромофорами**.

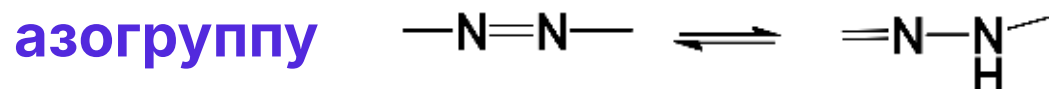
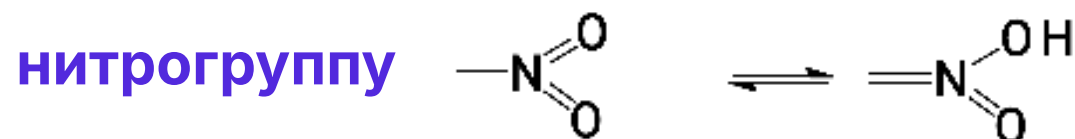
Они обладают подвижными π -электронами. В зависимости от распределения электронной плотности им можно приписать несколько таутомерных форм.



К хромофорам относят:



хиноидную
группу



Несколько близко расположенных **двойных связей** или **карбонильных групп**.

В общем случае молекула, содержащая хромофорную группу, имеет полосу поглощения в УФ или видимой части спектра, соответствующую π -переходу.



На окраску влияет также присутствие других групп – **ауксохромов**.

Они сами **не способны** сообщать окраску, но **усиливают** действие хромофоров.

Важнейшие **ауксохромы**: $-\text{OH}$, $-\text{NH}_2$, $-\text{NHR}$, $-\text{NR}_2$, и др.

Согласно **хромофорной теории**:

изменение или исчезновение окраски является следствием
изомерного превращения (таутометрии).

Если при этой перегруппировке возникают (или исчезают) группы, влияющие на окраску (хромофоры и ауксохромы), то окраска **меняется**.



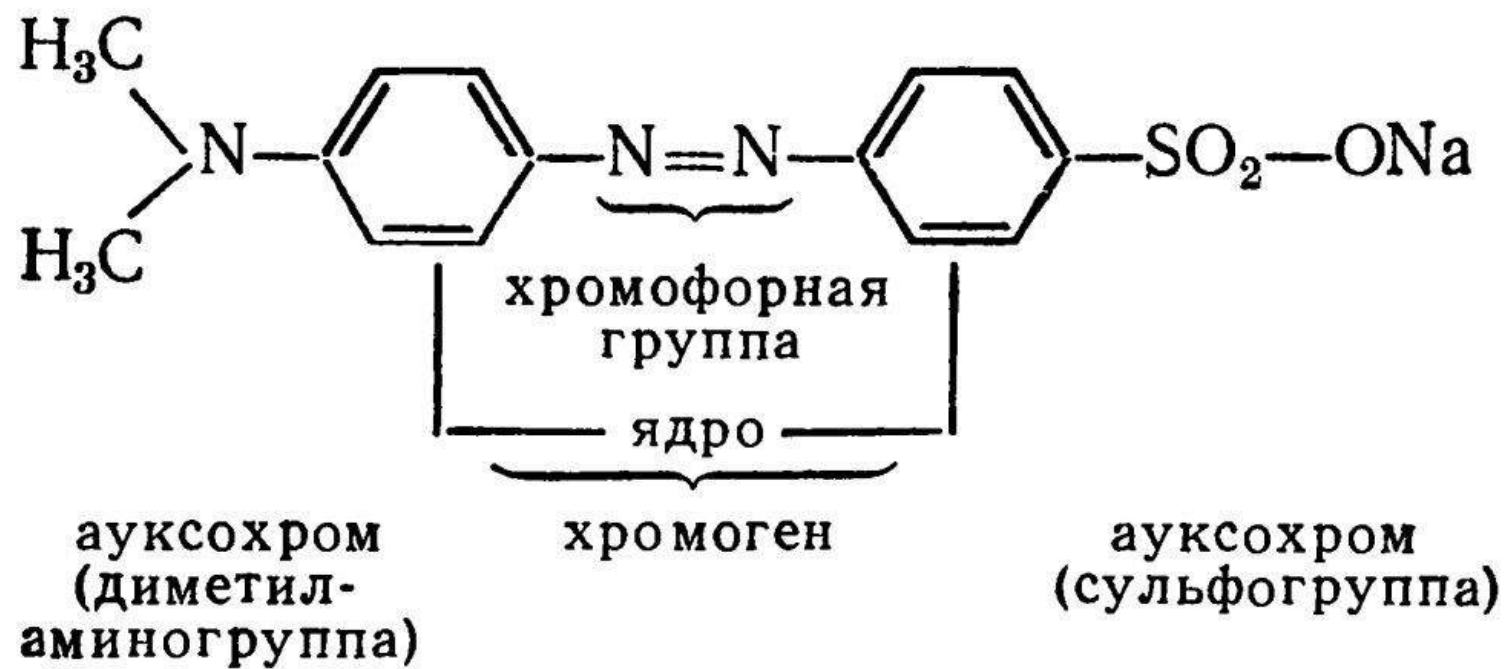
Недостатки хромофорной теории:

- нет количественной оценки;
- не объясняет почему таутомерные превращения связаны с рН;
- таутомерные превращения протекают во времени (не мгновенно).

Поэтому на практике пользуются объединенной **ионно-хромофорной** теорией.



Метиловый оранжевый





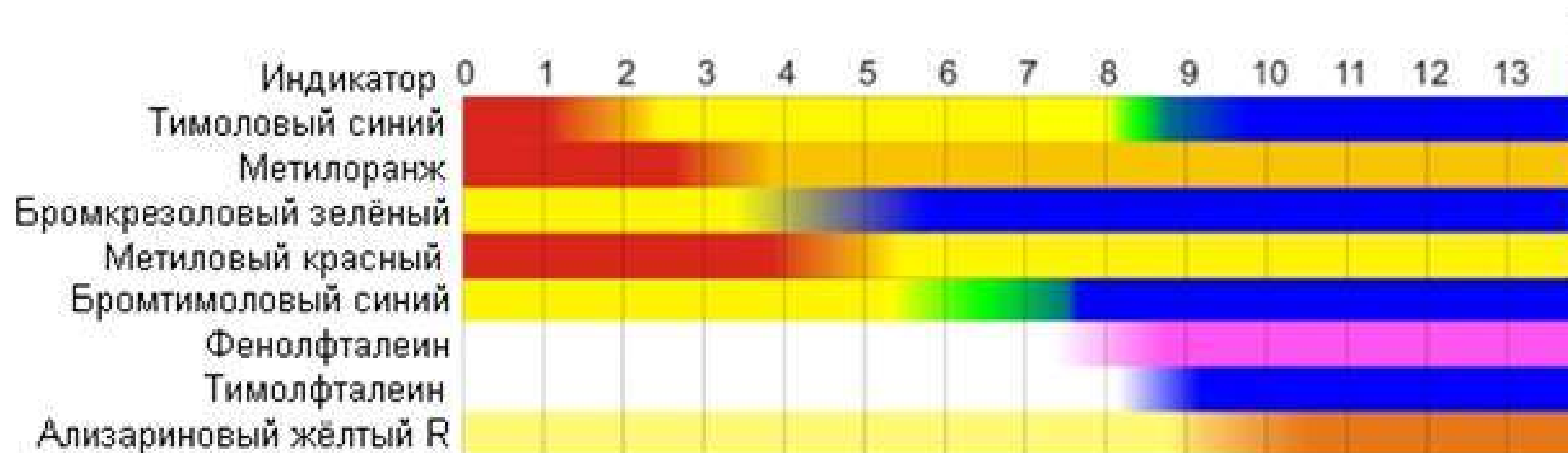
Итак, изменение окраски индикатора происходит не сразу, а только при **определенных** значениях pH.

Так как окраска обусловлена наличием определенных форм, то это происходит в некотором интервале значений pH. Обычно $\Delta \text{pH} = \text{pK} \pm 1$.

Он и называется **интервалом перехода окраски индикатора**.

Т.е. интервал перехода окраски индикатора – **интервал значений pH**, в котором индикатор меняет цвет.

Это индивидуальная характеристика индикатора.





Кроме этого индикаторы характеризуются **показателем титрования pT**.

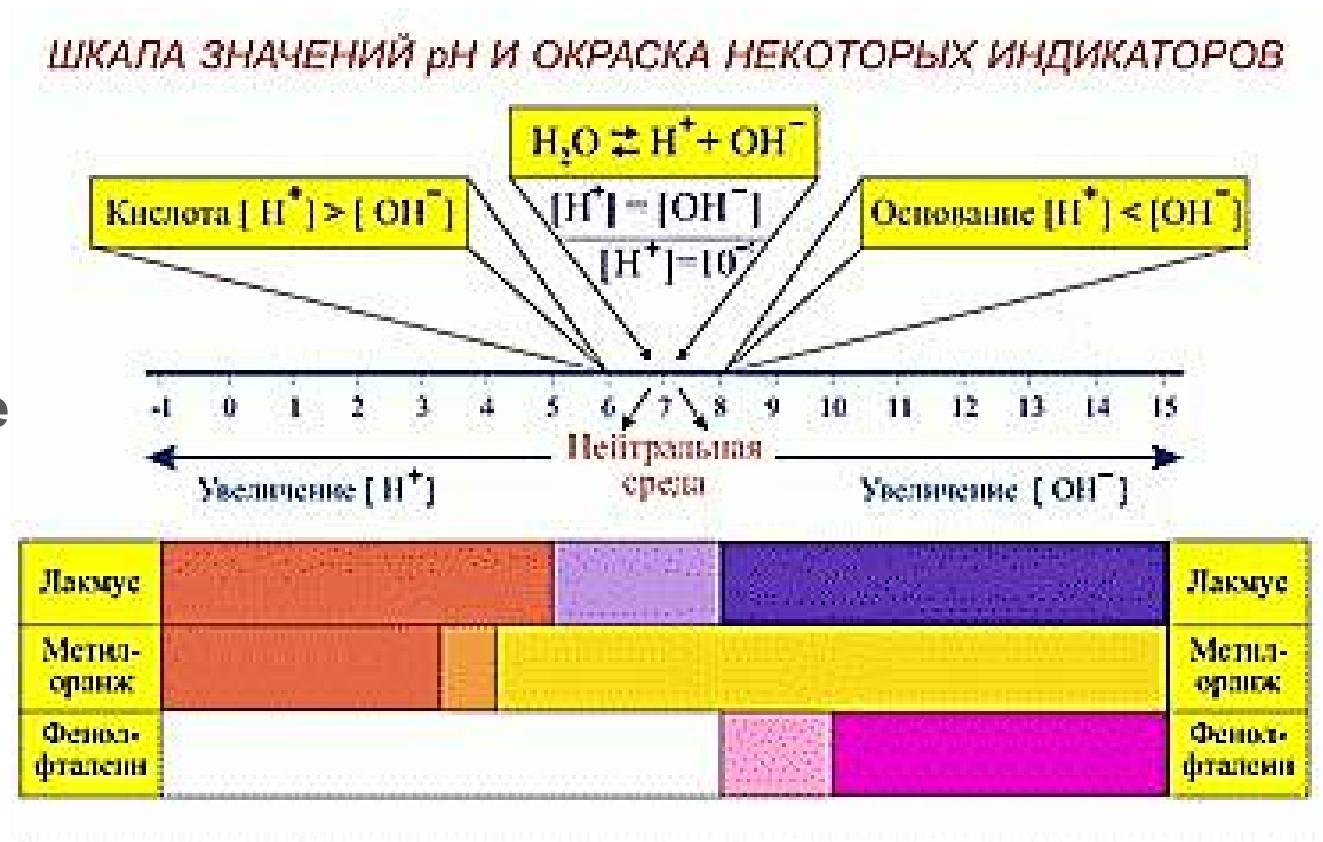
Показатель титрования pT – значение pH, при котором заканчивают титрование с данным индикатором.

Как правило pT равен **середине интервала перехода окраски**.

И часто близок к **pK** индикатора.

Индикатор должен добавляться в **небольшом** количестве, но изменение окраски должно **быть заметно**.

Существует более **200** кислотно-основных индикаторов.



Важнейшие кислотно-основные индикаторы



Индикатор	Интервал перехода $\Delta \text{pH}_{\text{Ind}}$	pT	$\text{pK}_a(\text{HInd})$	Изменение окраски
Метиловый оранжевый	3.1 - 4.4	4.0	3.5	Красная - желтая
Бромкрезоловый зеленый	3.8 - 5.4	4.5	4.9	Желтая - синяя
Метиловый красный	4.2 - 6.2	5.5	5.0	Красная - желтая
Бромкрезоловый пурпурный	5.2 - 6.8	6.0	6.4	Желтая - фиолетовая
Бромтимоловый синий	6.0 - 7.6	7.0	7.3	Желтая - синяя
Лакмус	6.0 – 8.0	7.0	-	Красная - синяя
Феноловый красный	6.8 - 8.4	7.5	8.0	Желтая - красная
Тимоловый синий	8.0 - 9.6	8.5	9.2	То же
Фенолфталеин	8.2 - 10.0	9.0	9.5	Бесцветная - красная



Кислотно-основное титрование

- Основы метода нейтрализации
- Кривые титрования
- Кислотно-основные индикаторы

ОСТАЛИСЬ ВОПРОСЫ?