

Лекция № 2

Кисотно-основной метод

1. Теоретические основы метода

В основе метода лежит реакция нейтрализации:



Метод применяется для количественного определения кислот и щелочей, а также для проведения титриметрических определений, связанных с методом нейтрализации, например, определение некоторых солей, образованных сильными основаниями и слабыми кислотами (Na_2CO_3 , $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$) или солей аммония.

При количественном определении кислот алкалометрии - рабочим раствором является раствор щелочи NaOH или KOH . Приготовить титрованный раствор щелочи по навеске невозможно, кроме того, даже при самом тщательном хранении раствора щелочей легко и быстро меняют свой титр, поэтому титр этих рабочих растворов устанавливают. Исходными веществами для установки титра рабочего раствора щелочи может служить щавелевая кислота ($\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$) или янтарная кислота ($\text{H}_2\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_4$). Часто используют децинормальные растворы кислоты (0,1 Н), приготовленные из фиксанала.

При количественном определении щелочи ацидиметрии - рабочим раствором является раствор сильной кислоты (HCl , H_2SO_4). Приготовить титрованный раствор кислоты, исходя из концентрированной, невозможно, поэтому титр устанавливают.

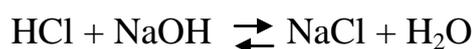
Исходным веществом для установки титра кислоты служит бура ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \times 10\text{H}_2\text{O}$) или сода (Na_2CO_3), В некоторых случаях рабочий раствор готовят из фиксанала.

Кисотно-основной метод используют для определения кислотности желудочного сока, для определения карбонатной жесткости воды, кислотности молочных продуктов, квашенной капусты, безалкогольных напитков. В фармацевтическом анализе - для определения концентрации HCl , количества гидрокарбоната, борной кислоты и др.

Если титровать растворы кислоты раствором щелочи, происходит связывание ионов H^+ ионами OH^- и концентрация ионов H^+ постепенно уменьшается, а рН раствора увеличивается. При определенном значении рН достигается точка эквивалентности и титрование должно быть закончено.

При титровании раствора щелочи раствором кислоты связываются ионы OH^- и концентрация их в растворе уменьшается, а концентрация ионов H^+ увеличивается и рН раствора уменьшается. Однако значение рН в точке эквивалентности не во всех случаях имеет одно и то же значение - оно зависит от природы реагирующих кислоты и основания.

При нейтрализации сильной кислоты сильным основанием образуется один слабый электролит - H_2O .



Реакция практически доходит до конца. NaCl гидролизу не подвергается и имеет нейтральную реакцию, т.е. при титровании сильной кислоты щелочью, и наоборот, в точке эквивалентности среда раствора нейтральная, $pH = 7$.

Если вместо сильной кислоты титровать щелочью слабую кислоту (уксусную), то происходит реакция:

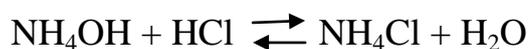


В растворе в точке эквивалентности будет присутствовать соль, подвергающаяся гидролизу:



Следовательно, реакция обратима и не будет доходить до конца. Титрование будет закончено при $pH > 7$.

При титровании соевых оснований сильными кислотами:



Образующаяся соль подвергается гидролизу. Реакция нейтрализации будет обратима и в точке эквивалентности концентрация ионов H^+ превысит концентрацию ионов OH^- . Титрование будет закончено при $pH < 7$.

Таким образом, в методе нейтрализации лишь при взаимодействии сильной кислоты с сильным основанием точка эквивалентности будет совпадать с точкой нейтрализации. При титровании необходимо устанавливать точку эквивалентности, а не нейтрализации. Следовательно, титрование в разных случаях приходится заканчивать при различных pH .

2. Кисотно-основные индикаторы.

Точка эквивалентности при реакциях нейтрализации не сопровождается каким-либо внешними изменениями. Поэтому для определения конца реакции применяются специальные индикаторы. В точке эквивалентности происходит изменение pH раствора, поэтому индикаторы, применяемые при кислотно-основном титровании, представляют собой органические соединения, окраска которых меняется в зависимости от концентрации ионов H^+ в растворе. Это кислотно-основные (или pH) индикаторы.

Область значений pH раствора, в которой происходит заметное изменение окраски индикатора, называется областью перехода индикатора.

наиболее важная характеристика индикатора при нейтрализации - показатель титрования (pT) - та концентрация ионов H^+ , при которой наиболее резко изменяется окраска индикатора.

Интервал перехода некоторых индикаторов

<i>Индикатор</i>	<i>Цвет раствора в кислой среде</i>	<i>Интервал перехода</i>	<i>Цвет раствора в щелочной среде</i>	<i>pT</i>
метилоранж	розовый	3,1 - 4,4	желтый	4
метилоранжевый красный	красный	4,2 - 6,2	желтый	5
лакмус	красный	5,0 - 8,0	синий	7
фенолфталеин	бесцветный	8,2 - 10,0	малиновый	9

3. Выбор индикатора.

Чтобы правильно выбрать индикатор, нужно знать, как изменится рН в процессе титрования и каково его значение в точке эквивалентности. В каждом случае титрования следует применять такой индикатор, численное значение показателя титрования которого отличается от рН титруемого раствора в момент эквивалентности.

1. Титрование сильной кислоты слабым основанием или слабого основания сильной кислотой.

Вследствие гидролиза соли в точке эквивалентности накапливается катион H^+ , поэтому среда кислая. Титрование нужно закончить в кислой среде. В качестве индикатора можно применить лакмус, метилоранж или метиловый красный, т.к. они меняют окраску при $pH < 7$.

2. Титрование слабой кислоты слабым основанием или сильного основания слабой кислотой.

В точке эквивалентности накапливаются OH^- ионы, поэтому среда раствора щелочная. Титрование заканчивается в щелочной среде. В качестве индикатора можно применить фенолфталеин, т.к. он меняет окраску в щелочной среде при $pH = 8,2 - 10,0$

3. Титрование сильной кислоты сильным основанием или сильного основания сильной кислотой.

В момент эквивалентности среда нейтральная, $pH = 7$. Следовательно, нужно применить индикатор, меняющий окраску при $pH = 7$. Можно применять индикаторы, изменяющие окраску от 4 до 10 (все индикаторы).

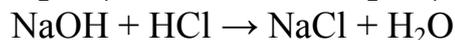
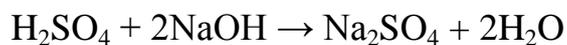
Изменение рН, происходящее по мере нейтрализации различных по степени диссоциации кислот и оснований, обычно изображают графически. Такие графики постепенного изменения рН при нейтрализации называют кривыми нейтрализации или кривыми титрования метода нейтрализации.

Практическая работа по теме: «Метод нейтрализации»

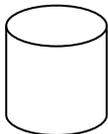
Определение содержания HCl в контрольном растворе методом нейтрализации.

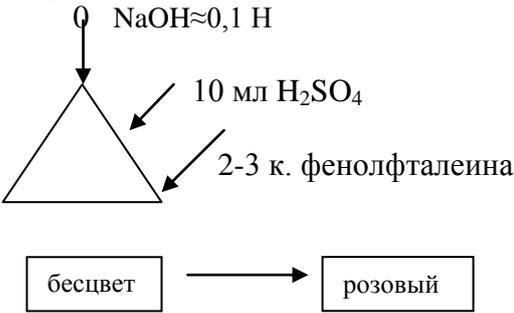
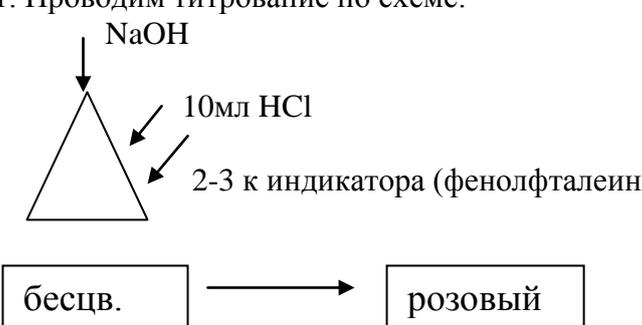
Цель работы: Определить сколько грамм HCl содержится в контрольном растворе HCl.

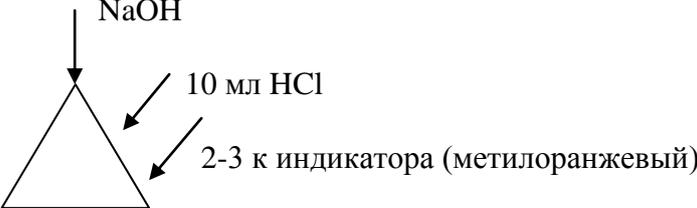
Уравнение реакции, лежащей в основе метода:



Практическая значимость: в клинических лабораториях определение кислотности желудочного сока.

№ п/п	Система действий	Средства и условия действия	Критерии оценки
1.	Приготовить 250 мл 0,1Н раствора NaOH	<p>I способ - по приблизительно взятой навеске с последующим осаждением примесей раствором BaCl₂</p> <p>1. Делаем расчет: Дано: $m = C_M \times M \times V \text{ (л)}$ $V_{\text{р-ра}} = 250 \text{ мл}$ $C_M = 0,1 \text{ М}$</p> <hr/> $m_{\text{NaOH}} - ?$ <p>2. На основе расчета готовим раствор</p> <p style="text-align: center;"> NaOH →  ← H₂O </p> <p>3. Для осаждения примесей карбонатов приготовить 5 мл 2М BaCl₂ из кристаллогидрата BaCl₂ × 2H₂O</p> <p>Дано: $V_{\text{р-ра}} = 5 \text{ мл}$ $C_M = 2 \text{ М}$</p> <hr/> $m_{\text{BaCl}_2 \times 2\text{H}_2\text{O}} - ?$ Слить приготовленный раствор BaCl ₂ в раствор NaOH отфильтровать $\text{CO}_3^{2-} + \text{Ba}^{2+} \rightarrow \text{BaCO}_3 \downarrow$ <p>II способ - приготовление NaOH из концентрированных растворов. Взвесить на теххимических весах 4,5 г. NaOH, растворить в 6 мл воды, раствор отстоять, добавить 95 мл воды дистиллированной. При необходимости отфильтровать, перелить в мерную колбу на 1 л и разбавить водой (д) до метки, полученный раствор</p>	<p>вспомнить особенности приготовления растворов щелочей и растворов молярной концентрации</p> <p>Навеска должна быть близка к расчетной</p> <p>Выполнить особенности расчетов солей, приготовленных из кристаллогидрата</p> <p>Через какой фильтр нужно осуществлять фильтрацию, в какой посуде нужно Проводить растворение?</p>

		NaOH поместить в бюретку.	
2.	Приготовить установочный раствор H_2SO_4 из фиксаля (0,1 Н)	1. Обработать ампулу и боек. Пробить ампулу бойком и перевернуть в воронку в мерную колбу на 1 л, заполненную на 1/3 водой. 2. Промыть ампулу водой (д) до заполнения объема колбы на 2/3. Долить до метки, закрыть крышкой, перевернуть 10-12 раз.	Данный раствор является установочным для NaOH
3.	Приготовить 100 мл индикатора фенолфталеина.	1. Взвесить 100 мг фенолфталеина. 2. Растворить в смеси 70 мл спирта и 30 мл воды.	Навеска и объемы должны быть близкими к расчетным.
4.	Определить точную концентрацию приготовленного раствора NaOH по 0,1 Н раствору H_2SO_4 , приготовленного из фиксаля	1. Проводим титрование по схеме:  2. По результатам титрования делаем расчет: Дано: $V_{H_2SO_4} = 10 \text{ мл}$ $C_{N H_2SO_4} = 0,1 \text{ Н}$ $V_{1 NaOH} = \text{мл}$ $V_{2 NaOH} = \text{мл}$ $V_{cp NaOH} = \text{мл}$ <hr/> $C_m (NaOH) \text{ пр} - ? (N_{1 \text{ пр}})$ $K = ?$ $m (NaOH) - ? (P_{(NaOH)})$ $T_{(NaOH)} - ?$ T_{NaOH/H_2SO_4}	Проводим 2 параллельных титрования (2 колбы), результаты которых не должны расходоваться более, чем на 0,2 мл.
5.	Определение содержания HCl в исследуемом растворе: а) с индикатором фенолфталеином.	1. Проводим титрование по схеме: 	Результаты 2-х параллельных титрований не должны расходиться более чем на 0,2 мл.

	<p>б) с индикатором метиловым оранжевым</p>	<p>На основе титрования делаем расчет: Дано: $V_{\text{HCl}} = 10 \text{ мл}$ $V_1 \text{ NaOH} = \text{ мл}$ $V_2 \text{ NaOH} = \text{ мл}$ $V_{\text{ср}} \text{ NaOH} = \text{ мл}$ $C_{\text{N пр NaOH}} = \text{ н}$</p> <p>$C_{\text{N HCl}} - ?$ $T_{\text{NaOH/HCl}} - ?$ $P_{\text{HCl}} - ?$</p> <p>Проводим титрование по схеме:</p>  <p>розовый → желтый</p> <p>На основе титрования делаем расчет: Дано: $V_{\text{HCl}} = 10 \text{ мл}$ $V_1 \text{ NaOH} = \text{ мл}$ $V_2 \text{ NaOH} = \text{ мл}$ $V_{\text{ср}} \text{ NaOH} = \text{ мл}$ $C_{\text{N пр NaOH}} = \text{ н}$</p> <p>$C_{\text{N HCl}} - ?$ $T_{\text{NaOH/HCl}} - ?$ $P_{\text{HCl}} - ?$</p>	<p>Титрование проводим в присутствии колбы - «свидетеля» 2 параллельных титрования, расхождение не более 0,2 мл Колба - «свидетель»: в 3-ю колбу помещаем 20 мл H_2O (д) и 2-3 к. метилоранжевого</p>
--	---	---	--

Вывод: