

## Работа № 1

### СПОСОБЫ ВЫРАЖЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ РАСТВОРОВ. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ СОЛЯНОЙ КИСЛОТЫ ТИТРОВАНИЕМ

Растворы – гомогенные системы, состоящие из двух или нескольких компонентов. *Растворенное вещество* в виде атомов, молекул или ионов равномерно распределено в *растворителе*. В случае водных растворов растворителем является вода.

Основной количественной характеристикой раствора является *концентрация* – величина, показывающая, сколько вещества растворено в определенном количестве (массе или объеме) растворителя. Существует несколько способов выражения концентрации растворов.

1. *Массовая доля* растворенного вещества ( $\omega$ ) – отношение массы растворенного вещества к массе раствора:

$$\omega = \frac{m(\text{в} - \text{ва})}{m(\text{р} - \text{ра})}$$

Массовая доля выражается в долях единицы либо в процентах. В последнем случае используют формулу:

$$\omega = \frac{m(\text{в} - \text{ва})}{m(\text{р} - \text{ра})} \cdot 100\%$$

2. *Молярная концентрация* (молярность) ( $C_M$ ) – количество молей растворенного вещества в 1 л раствора.

$$C_M = \frac{n(\text{в} - \text{ва})}{V(\text{р} - \text{ра})}$$

где  $n$  – количество вещества, равное отношению массы вещества к молярной массе:

$$n = \frac{m}{M}$$

Единица измерения молярной концентрации [ $C_M$ ] = моль/л.

3. *Моляльная концентрация* – количество молей растворенного вещества в 1 кг растворителя.

$$C_m = \frac{n(\text{в} - \text{ва})}{m(\text{р} - \text{ля})}$$

Единица измерения моляльной концентрации [ $C_m$ ] = моль/кг.

4.  $T_{\text{итр}}$  – масса растворенного вещества (г) в 1 мл раствора.

$$T = \frac{m(v - v_a)}{V(p - p_a)}$$

Единица измерения титра  $[T] = \text{г/мл}$ .

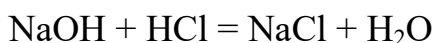
5. *Эквивалентная (нормальная) концентрация* ( $C_{\text{н}}$ ) – число молей эквивалентов растворенного вещества в 1 л раствора.

$$C_{\text{н}} = \frac{n_{\text{э}}(v - v_a)}{V(p - p_a)}$$

Единица измерения нормальной концентрации  $[C_{\text{н}}] = \text{моль экв/л}$ .

*Эквивалентом* вещества называют реальную или условную частицу вещества, которая в данной обменной реакции вступает в реакцию с одним протоном  $\text{H}^+$  (или сама содержит один протон).

Рассмотрим реакцию нейтрализации:



В этой реакции с одним протоном (т.е. с одной молекулой  $\text{HCl}$ ) реагирует одна молекула  $\text{NaOH}$ . Следовательно, эквивалентом  $\text{NaOH}$  будет одна молекула  $\text{NaOH}$  (реальная частица).

В реакции



на одну молекулу  $\text{HCl}$  приходится  $\frac{1}{2}$  молекулы  $\text{Ba}(\text{OH})_2$ , поэтому эквивалентом  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  является условная частица, равная половине молекулы  $\text{Ba}(\text{OH})_2$ .

Одно и то же вещество может иметь несколько эквивалентов. Определить эквивалент можно, исходя из конкретной химической реакции.

Например, в реакции  $\text{H}_2\text{S} + \text{NaOH} = \text{NaHS} + \text{H}_2\text{O}$  эквивалентом  $\text{H}_2\text{S}$  является 1 молекула  $\text{H}_2\text{S}$ .

А в реакции  $\text{H}_2\text{S} + 2\text{NaOH} = \text{Na}_2\text{S} + 2\text{H}_2\text{O}$  эквивалент  $\text{H}_2\text{S}$  –  $\frac{1}{2}$  молекулы  $\text{H}_2\text{S}$ .

Для расчетов необходимо определять молярную массу эквивалентов различных веществ.

Молярная масса эквивалента *кислоты* (при условии, что в реакции произошла замена всех ионов водорода) будет равна молярной массе кислоты, деленной на основность этой кислоты (т.е. число протонов в молекуле кислоты):

$$M_{\text{Э}}(\text{к} - \text{ты}) = \frac{M(\text{к} - \text{ты})}{\text{число } \text{H}^+}$$

Молярная масса эквивалента *основания* равна отношению молярной массы основания к кислотности основания (т.е. числу гидроксильных групп):

$$M_{\text{Э}}(\text{осн.}) = \frac{M(\text{осн.})}{\text{число } \text{OH}^-}$$

Молярная масса эквивалента *соли* – отношение молярной массы соли к произведению валентности металла и числа ионов металла

$$M_{\text{Э}}(\text{соли}) = \frac{M(\text{соли})}{\text{валентность металла} \times \text{число ионов металла}}$$

Очевидно, что используя понятие эквивалент, вместо понятия молекула, можно рассчитать количество молей эквивалентов как отношение массы вещества к молярной массе эквивалента:

$$n_{\text{Э}} = \frac{m}{M_{\text{Э}}}$$

В количественных расчетах используют *закон эквивалентов*. Его формулировка проста: вещества реагируют в эквивалентных количествах. Это значит, что для двух веществ (1) и (2), вступающих в реакцию, количества молей эквивалентов равны:

$$n_{\text{Э}1} = n_{\text{Э}2}$$

Т.к.  $C_{\text{н}} = n_{\text{Э}}/V$ , то можем переписать закон эквивалентов в следующем виде:

$$C_{\text{н}1} V_1 = C_{\text{н}2} V_2$$

На законе эквивалентов основан *титриметрический метод анализа*, который заключается в точном измерении количества реактива, израсходованного на реакцию с определяемым веществом. Если имеется определенный объем раствора вещества (1) неизвестной концентрации  $C_{\text{н}1}$ , то, проведя реакцию с веществом (2) (концентрация раствора  $C_{\text{н}2}$  известна) и измерив объем раствора  $V_2$ , можно определить концентрацию  $C_{\text{н}1}$ .

Чтобы зафиксировать конец реакции, раствор вещества известной концентрации (его называют *титрантом*) постепенно, небольшими порциями, добавляют к раствору определяемого вещества. Этот процесс называется *титрованием*. Окончание титрования определяют с помощью индикаторов (обычно применяют фенолфталеин и метиловый оранжевый).

В данной работе проводится определение концентрации раствора соляной кислоты титрованием раствором щелочи NaOH. К определенному объему

раствора соляной кислоты неизвестной концентрации постепенно добавляют раствор щелочи (титр его известен) до полной нейтрализации. Конец титрования, т.е. момент нейтральности раствора, устанавливают по изменению окраски фенолфталеина. Этот индикатор бесцветен в кислой и нейтральной средах и окрашен в малиновый цвет в щелочной среде. Объем раствора щелочи, израсходованного на нейтрализацию, определяют с помощью бюретки.

Результатом эксперимента является определение эквивалентной концентрации и титра соляной кислоты.

Выведем формулу связи эквивалентной концентрации и титра.

$$C_{\text{H}} = \frac{n_{\text{э}}(V - V_0)}{V(p - p_0)} = \frac{m}{M_{\text{э}}V(p - p_0)} = \frac{T \cdot 1000}{M_{\text{э}}}$$

Получим закон эквивалентов, выраженный через титры реагирующих веществ:

$$\frac{T_{\text{HCl}}}{M_{\text{эHCl}}} V_{\text{HCl}} = \frac{T_{\text{NaOH}}}{M_{\text{эNaOH}}} V_{\text{NaOH}}$$

Последняя формула используется для расчета титра соляной кислоты по экспериментальным данным.