

**СПОСОБЫ
ВЫРАЖЕНИЯ
КОНЦЕНТРАЦИИ В
ТИТРИМЕТРИЧЕСКОМ
АНАЛИЗЕ**



**Состав раствора выражают
в виде концентрации или доли
каждого из веществ.**

**Под концентрацией принято
понимать массу, объём или
количество вещества в
определенной массе или
объёме раствора.**

**В связи с этим различают массовую и
объёмную концентрации.**

I. МАССОВАЯ ДОЛЯ -

отношение массы растворенного вещества к общей массе раствора:

$$\omega(X) = \frac{m(X)}{m(\text{р-ра})}, \text{ где}$$

$\omega(X)$ – массовая доля растворённого вещества X ;

$m(X)$ – масса растворенного вещества X ;

Массовую долю растворённого вещества ω (X) обычно выражают в %; она показывает содержание массы растворённого вещества в 100 г раствора:

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

например, массовая доля $\omega(\text{NaCl})$ в растворе составляет 20 %.

Это значит, что в 100 г раствора содержится :

20 г NaCl и 80 г воды

2. Молярная доля – отношение количества растворенного вещества в растворе к общему количеству веществ этого раствора: $n_{\text{общ.}} = n(X_1) + n(\text{H}_2\text{O})$

$$\alpha(X_1) = \frac{n(X_1)}{n_{\text{общ.}}} \text{ ИЛИ}$$

$$\alpha(X_1) = \frac{n(X_1)}{n_{\text{общ.}}} \cdot 100 \%$$

3. Количество растворенного вещества:

$$n(X_1) = \frac{m(X_1)}{M(X_1)},$$

где $m(X_1)$ – масса растворенного вещества X_1 ;

$M(X_1)$ – молярная масса растворенного вещества X_1 ;

например,

$M(\text{NaOH}) = 40 \text{ г/моль};$

$m(\text{NaOH}) = 80 \text{ г};$

тогда $n(\text{NaOH}) = 2 \text{ моль}$

4. Фактор эквивалентности – число, показывающее, какая доля реальной частицы вещества X эквивалентна одному иону водорода в данной кислотно-основной реакции или одному электрону в окислительно-восстановительной реакции.

Это безразмерная величина, которая рассчитывается на основании стехиометрических коэффициентов реакции, равная или меньше единицы:

$$f_{\text{экв.}}(X) \leq 1$$

Для кислотно-основных реакции $f_{\text{экв.}}(X)$ вычисляют по числу замещенных атомов водорода, а для окислительно-восстановительных – по числу электронов, участвующих в реакции.

частицы вещества.

Число Z_x называют числом эквивалента. Оно указывает на число замещенных (присоединенных) атомов водорода или число отданных (принятых) электронов.

Фактор и число эквивалентности связаны соотношением:

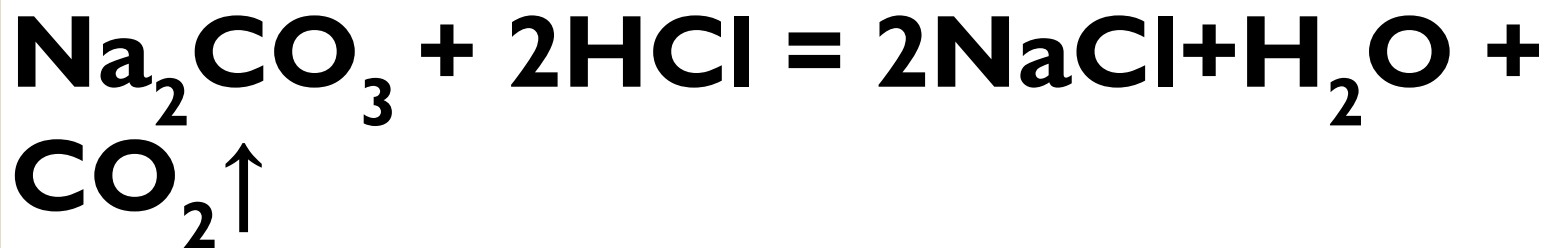
$$f_{\text{ЭКВ.}}(X) = 1/Z_x, \text{ очевидно, что } Z \geq$$

**Эквивалент вещества,
используя фактор
эквивалентности,
записывают**

$$f_{\text{ЭКВ.}}(X)$$

**и при этом указывают его
величину**

Пример, в реакции



молекула Na_2CO_3 эквивалентна двум протонам. Следовательно, 1/2 её часть,

взаимодействующая с одним протоном, является

эквивалентом. Поэтому число

эквивалентности : $Z(\text{Na}_2\text{CO}_3) =$

$2; f(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 1/2$

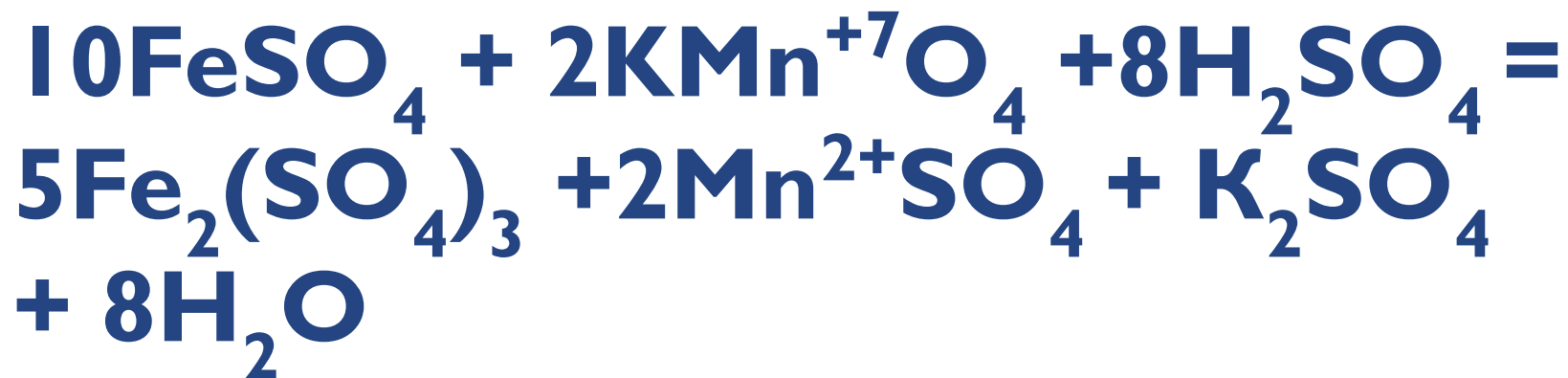
Значение $Z(X)$ можно определить по химической формуле вещества.

Так, для кислот число эквивалента $Z(X)$ равно числу катионов водорода, способных замещаться катионами металла (равно основности кислоты).

Для гидроксидов число эквивалента $Z(X)$ равно числу гидроксогрупп OH^- .

Для солей число эквивалента $Z(X)$ равно числу катионов водорода кислоты, замещенных катионами металла или аммония.

Пример, в реакции:



Следовательно: $Z(\text{KMnO}_4) = 5$; f
 $(\text{KMnO}_4) = 1/5$;

$$f_{\text{ЭКВ.}}(\text{КИСЛОТЫ}) = \frac{1}{[\text{H}]}$$

$$f_{\text{ЭКВ.}}(\text{HCl}) = 1/[\text{H}] = 1 \quad | \quad |$$
$$f_{\text{ЭКВ.}}(\text{H}_2\text{SO}_4) = 1/[\text{H}] = 1 \quad | \quad 2$$

$$f_{\text{ЭКВ.}}(\text{ГИДРОКСИДА}) = \frac{1}{[\text{OH}]}$$

$$f_{\text{ЭКВ.}}(\text{KOH}) = 1/[\text{OH}] = 1 \quad | \quad |$$
$$f_{\text{ЭКВ.}}\text{Ba}(\text{OH})_2 = 1/[\text{OH}] = 1 \quad | \quad 2$$

$$f_{\text{ЭКВ.}}(\text{СОЛИ}) = \frac{1}{[\text{Me}] \times \text{B}}$$

$$f(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 1/2 \times 1 = 1/2$$

$$f_{\text{ЭКВ.}}(\text{HCl}) = 1/[\text{H}] = 1 | 1$$

$$f_{\text{ЭКВ.}}(\text{H}_2\text{SO}_4) = 1/[\text{H}] = 1 | 2$$

$$f_{\text{ЭКВ.}}(\text{KOH}) = 1/[\text{OH}] = 1 | 1$$

$$f_{\text{ЭКВ.}}\text{Ba}(\text{OH})_2 = 1/[\text{OH}] = 1 | 2$$

$$f_{\text{ЭКВ.}}(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 1/2 \times 1 = 1/2$$

6. Молярная масса

эквивалента вещества X –

это масса одного моля

эквивалента этого вещества.

Её записывают и

рассчитывают следующим

образом:

$$M_{\text{Э}(X)} = f_{\text{ЭКВ.}}(X) \cdot M(X) = M$$

$(X)/Z_x$

Например:

$$M_{\text{Э}(\text{Na}_2\text{CO}_3)} = 1/2 \cdot 105,99 = \frac{105,99}{2} = 52,99 \text{ г}$$

$$M_{\text{Э}(\text{KMnO}_4)} = 1/5 \cdot 158,03 = \frac{158,03}{5} = 31,61 \text{ г}$$

отношение количества растворенного вещества к объёму раствора (количество молей растворенного вещества в 1 л раствора).

Обычно её обозначают $C(X)$, а после численного значения пишут моль/л или М:

$$C(X) = \frac{n(X)}{V} \cdot 1000 = \frac{m(X)}{M(X) \cdot V} \cdot 1000,$$

например $C(\text{HCl}) = 0,1$ моль/л или 0,1

М

$m(X)$ – масса растворенного
вещества X , г;

$M(X)$ – молярная масса
растворенного вещества X , г;

V – объём раствора, мл;

$n(X)$ – количество
растворенного вещества X ,
моль.

8. Молярная концентрация эквивалента – отношение количества вещества эквивалента в растворе к объёму этого раствора или количество молей эквивалента вещества в 1 л раствора.

$$C(f_{\text{ЭКВ.}}(X)) = \frac{n(f_{\text{ЭКВ.}}(X))}{V} \cdot 1000 \quad (\text{МОЛЬ/Л ИЛИ М})$$

$$C(f_{\text{ЭКВ.}}(X)) = \frac{m(X)}{M(f_{\text{ЭКВ.}}(X)) \cdot V} \cdot 1000, \quad (\text{МОЛЬ/Л ИЛИ М}), \text{ где}$$

$n(f_{\text{ЭКВ.}}(X))$ – количество эквивалентов вещества,

МОЛЬ;

V – объём раствора, мл;

$m(X)$ и $M(f_{\text{ЭКВ.}}(X))$ – соответственно растворённая и молярная масса

Например:



9. Титр – масса вещества в г, содержащаяся в 1 мл раствора, обозначается:

$$T(X) = \frac{m(X)}{V}, \text{ г/мл}$$

Например, $T(\text{HCl}) = 0,03604 \text{ г/мл}$, т. е. в 1 мл этого раствора содержится $0,034604 \text{ г HCl}$.

**Титр связан с молярной
концентрацией уравнением:**

$$T(X) = \frac{C(X) \cdot M(X)}{1000} \quad (\text{г/мл})$$

**Титр связан с молярной
концентрацией эквивалента
уравнением:**

$$T(X) = \frac{C(f_{\text{ЭКВ.}}(X)) \cdot M(f_{\text{ЭКВ.}}(X))}{1000} \quad (\text{г/мл})$$

10. Титр раствора по определяемому веществу

$T_{A/X}$ – масса определяемого вещества (X) в г, реагирующая с 1 мл раствора титранта (A)

$$T(A/X) = \frac{m(X)}{V(A)}, \text{ г/мл}$$

Например, $T(H_2SO_4/NaOH) = 0,0025$ г/мл, это значит 1 мл раствора H_2SO_4 реагирует с 0,0025 г NaOH.

Для перевода обычного (простого) титра в титр по определяемому веществу (сложный) пользуются формулой:

$$T(A/X) = \frac{T(A) \cdot M_{\text{ЭКВ.}}(X)}{M_{\text{ЭКВ.}}(A)} \quad (\text{г/моль})$$

II. Поправочный коэффициент –

число, показывающее, во сколько раз практическая концентрация (навеска) больше или меньше заданной (расчётной, теоретической).

$$K = \frac{\text{практическая концентрация}}{\text{теоретическая концентрация}}$$

$$K = \frac{\text{взятая навеска}}{\text{теоретическая навеска}}$$

12. Закон эквивалентов, в соответствии с которым число эквивалентов взаимодействующих и образующихся веществ равно.

Для произвольной реакции :
 $aA + bB = cC + dD$

закон эквивалентов имеет следующие математические выражения:

$$n_{f_{\text{ЭКВ}}}(\text{A}) = n_{f_{\text{ЭКВ}}}(\text{B}) = n_{f_{\text{ЭКВ}}}(\text{C}) = n_{f_{\text{ЭКВ}}}(\text{D}) ;$$
$$2 \text{ моль} \cdot \frac{1}{2} \text{ A} = 2 \text{ моль} \cdot \frac{1}{2} \text{ B} = 2 \text{ моль} \cdot \frac{1}{2} \text{ C} = 2 \text{ моль} \cdot \frac{1}{2} \text{ D} = 1 \text{ моль}$$

$$C_{f_{\text{ЭКВ}}}(\text{A}) \cdot V(\text{A}) = C_{f_{\text{ЭКВ}}}(\text{B}) \cdot V(\text{B})$$