

Занятие 3.

РАСТВОРИМОСТЬ ВЕЩЕСТВА. РАСТВОРЫ. СПОСОБЫ ВЫРАЖЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ РАСТВОРОВ

Понятие о химическом эквиваленте и факторе эквивалентности

В химии широко используют понятие эквивалента и фактора эквивалентности.

Эквивалентом называют реальную или условную частицу вещества X, которая в данной кислотно-основной реакции эквивалентна одному иону водорода или в данной окислительно-восстановительной реакции - одному электрону.

Например в реакции:



которую можно переписать в виде:



условная частица B, равноценна одной частице A, является эквивалентом вещества B данной реакции.

Множитель $1/z$ называют фактором эквивалентности вещества B и обозначают $f_{\text{эКВ}}(B)$.

Фактор эквивалентности $f_{\text{эКВ}}(X)$ – число, обозначающее какая доля реальной частицы вещества X эквивалентна одному иону водорода в данной кислотно-основной реакции или одному электрону в данной окислительно-восстановительной реакции.

$$f_{\text{эКВ}}(X) = 1/z$$

Молярная масса эквивалента (размерность г/моль) – равна массе вещества, эквивалентной 1 моллю водорода или 1 моллю электронов в химической реакции.

Молярная масса эквивалента равна молярной массе вещества умноженной на фактор эквивалентности:

$$M(1/z X) = M(X) \cdot f_{\text{эКВ}}(X) = M(X) / z$$

Существуют следующие формулы для определения молярных масс эквивалентов сложных веществ:

Кислоты:

$$M\left(\frac{1}{z} \text{кислоты}\right) = \frac{M(\text{кислоты})}{\text{основность кислоты}}$$

$$\text{HCl} : f(\text{HCl}) = 1 \quad M(1/1 \text{ HCl}) = \frac{M(\text{HCl})}{1}$$

$$\text{H}_2\text{SO}_4 : f(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{1}{2} \quad M(\frac{1}{2} \text{ H}_2\text{SO}_4) = \frac{M(\text{H}_2\text{SO}_4)}{2}$$

$$\text{H}_3\text{PO}_4 : f(\text{H}_3\text{PO}_4) = \frac{1}{3} \quad M(\frac{1}{3} \text{ H}_3\text{PO}_4) = \frac{M(\text{H}_3\text{PO}_4)}{3}$$

Основания:

$$M(\frac{1}{z} \text{ основания}) = \frac{M(\text{основания})}{\text{кислотность основания}}$$

$$\text{NaOH} : f(\text{NaOH}) = 1 \quad M(\text{NaOH}) = \frac{M(\text{NaOH})}{1}$$

$$\text{Ba}(\text{OH})_2 : f(\text{Ba}(\text{OH})_2) = \frac{1}{2} \quad M(\frac{1}{2} \text{ Ba}(\text{OH})_2) = \frac{M(\text{Ba}(\text{OH})_2)}{2}$$

$$\text{Al}(\text{OH})_3 : f(\text{Al}(\text{OH})_3) = \frac{1}{3} \quad M(\frac{1}{3} \text{ Al}(\text{OH})_3) = \frac{M(\text{Al}(\text{OH})_3)}{3}$$

Соли:

$$M(\frac{1}{z} \text{ соли}) = \frac{M(\text{соли})}{\text{число атомов Me} \cdot \text{степень окисления Me}}$$

$$\text{K}_2\text{SO}_4 : f(\text{K}_2\text{SO}_4) = \frac{1}{2} \quad M(\frac{1}{2} \text{ K}_2\text{SO}_4) = \frac{M(\text{K}_2\text{SO}_4)}{2}$$

$$\text{CaCl}_2 : f(\text{CaCl}_2) = \frac{1}{2} \quad M(\frac{1}{2} \text{ CaCl}_2) = \frac{M(\text{CaCl}_2)}{2}$$

$$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 : f(\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3) = \frac{1}{6} \quad M(\frac{1}{6} \text{ Fe}_2(\text{SO}_4)_3) = \frac{M(\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3)}{6}$$

Оксиды:

$$M(\frac{1}{z} \text{ оксида}) = \frac{M(\text{оксида})}{\text{число атомов эл-та} \cdot \text{степень окисления эл-та}}$$

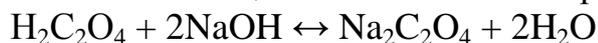
$$\text{Na}_2\text{O} : f(\text{Na}_2\text{O}) = \frac{1}{2} \quad M(\frac{1}{2}\text{Na}_2\text{O}) = \frac{M(\text{Na}_2\text{O})}{2}$$

$$\text{NiO} : f(\text{NiO}) = \frac{1}{2} \quad M(\frac{1}{2}\text{NiO}) = \frac{M(\text{NiO})}{2}$$

$$\text{N}_2\text{O}_5 : f(\text{N}_2\text{O}_5) = \frac{1}{10} \quad M(\frac{1}{10}\text{N}_2\text{O}_5) = \frac{M(\text{N}_2\text{O}_5)}{10}$$

Пример 1:

Укажите фактор эквивалентности щавелевой кислоты в реакции:



Найдите молярную массу эквивалента щавелевой кислоты.

Решение:

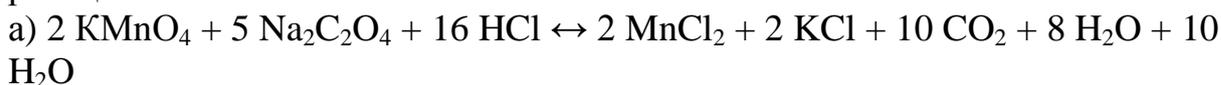
В данной реакции одна молекула $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ равноценна двум ионам водорода, следовательно:

$f_{\text{ЭКВ}}(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) = 1/2$, а молярная масса эквивалента кислоты:

$$M(\frac{1}{2}\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) = \frac{M(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4)}{2} = \frac{90}{2} = 45 \text{ (г/моль)}$$

Пример 2:

Укажите факторы эквивалентности и молярные массы эквивалента KMnO_4 в реакциях:



Решение:

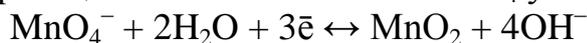
а) В полуреакции восстановления участвуют 5 электронов, следовательно:



$f_{\text{ЭКВ}}(\text{KMnO}_4) = 1/5$, а следовательно

$$M(\frac{1}{5}\text{KMnO}_4) = \frac{M(\text{KMnO}_4)}{5} = \frac{158}{5} = 31,67 \text{ (г/моль)}$$

б) Поскольку в полуреакции восстановления KMnO_4 участвуют 3 электрона:



$f_{\text{ЭКВ}}(\text{KMnO}_4) = 1/3$, следовательно

$$M(\frac{1}{3}\text{KMnO}_4) = \frac{M(\text{KMnO}_4)}{3} = \frac{158}{3} = 52,67 \text{ (г/моль)}$$

Способы выражения концентрации растворов

Концентрация раствора – величина, измеряемая количеством растворенного вещества, содержащегося в определенной массе или объеме растворителя.

Ниже приведены наиболее часто употребляемые в химии способы выражения содержания растворенного вещества в растворе:

Таблица 1.

Способ выражения растворенного вещества в растворе	Определение	Формулы, используемые для расчетов	Единицы измерения
массовая доля $\omega(X)$	процентное отношение массы растворенного вещества к общей массе раствора	$\omega(X) = \frac{m(X)}{m(p\text{-ра})} \cdot 100\%$	%
молярная доля N	отношение количества растворенного вещества (или растворителя) к сумме количеств всех веществ, находящихся в растворе	$N_1 = \frac{n_1}{n_1 + n_2}$ $N_i = \frac{n_i}{\sum_{i=1}^m n_i}$	–
молярная концентрация или молярность $C(X); C_M$	отношение количества растворенного вещества к объему раствора	$C(X) = \frac{n(X)}{V_{p\text{-ра}}} = \frac{m(X)}{M(X) \times V_{p\text{-ра}}}$ $C(X) = \frac{10 \times \omega(X) \times \rho}{M(X)}$	МОЛЬ/Л
эквивалентная концентрация или нормальность $C(1/zX); C_N$	отношение числа эквивалентов растворенного вещества к объему раствора	$C(1/zX) = \frac{n(1/zX)}{V_{p\text{-ра}}} = \frac{m(X)}{M(1/zX) \cdot V_{p\text{-ра}}}$ $C_N(X) = \frac{z \times m(X)}{M(X) \times V_{p\text{-ра}}}$ $C_N(X) = \frac{10 \times \omega(X) \times \rho}{M(1/zX)}$ $C_N(X) = z \times C(X)$	МОЛЬ/Л
моляльная концентрация $b(X)$	отношение количества растворенного вещества к массе растворителя	$b(X) = \frac{n(X)}{m_{p\text{-ля}}} = \frac{m(X)}{M(X) \times m_{p\text{-ля}}}$	МОЛЬ/КГ

Условные обозначения:

$m(X)$ – масса растворенного вещества;

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

$V(\text{р-ра})$ – объем раствора;

$m(\text{р-ля})$ – масса растворителя;

n_1 и n_2 – соответственно количество вещества растворителя и растворенного вещества;

$n(1/z)$ – количества эквивалентов растворенного вещества;

$n(X)$ – количество растворенного вещества.