



# *Общая химия*

## *Лекция 3. Концентрация. Растворы.*

*Лектор: Старший преподаватель кафедры химии  
Строганова Елена Алексеевна*

*Раствором* называется гомогенная многокомпонентная химическая система, состав которой в определенных пределах может варьироваться (быть переменным) без качественного изменения свойств.

Химическая система переменного состава означает взаимодействие растворителя и компонентов с образованием химических соединений переменного состава.

Химическое взаимодействие растворителя с компонентами называется *сольватацией*, а в случае растворителя воды – *гидратацией*. Процесс этот сопровождается поглощением или выделением тепла, как и в других химических реакциях. Образующиеся сольваты и гидраты в растворе в зависимости от концентрации, температуры, давления и других факторов имеют переменный состав в отличии от исходных реагентов: растворителя и компонентов.

Растворы классифицируются: в зависимости от агрегатного состояния растворителя:

- 1) **газообразные** (воздух);
- 2) **жидкие смеси** (Г+Ж, Ж+Ж, Ж+Т);
- 3) **твердые** (сплавы, стекла).

- Растворы как дисперсные системы
  - истинные растворы
    - ( $10^{-9} - 10^{-10}$  м)
    - растворы электролитов (ионные)
    - растворы неэлектролитов (молекулярные)
  - коллоидные растворы
    - ( $10^{-6} - 10^{-8}$  м)
    - эмульсии (Ж+Ж)
      - ( $10^{-4} - 10^{-5}$  м)
    - суспензии (Т+Ж)
      - ( $10^{-4} - 10^{-5}$  м)

Под **концентрацией** понимается количество растворенного вещества в объеме раствора (растворителя). Под **растворимостью** понимается максимально возможное количество растворенного вещества в объеме (массе) растворителя до появления осадка (гетерогенная система, и есть граница раздела фаз).

## Способы выражения состава раствора

Определение	Расчетная формула	Единицы измерения
<p><b>Мольная доля <math>x_j</math></b> – отношение количества растворенного <b>j</b>-го вещества к общему количеству вещества в растворе (<b><math>n_j</math></b> – количество <b>j</b>-го вещества в молях)</p>	$x_j = \frac{n_j}{\sum n_j}$	Доли единицы
<p><b>Моляльная концентрация <math>\mu_j</math></b> – количество <b>j</b>-го компонента (в молях) в 1 кг растворителя (<b><math>m_j</math></b> – масса <b>j</b>-го вещества, <b><math>m_A</math></b> – масса растворителя, <b><math>M_j</math></b> – молекулярная масса <b>j</b>-го компонента)</p>	$\mu_j = \frac{1000 \cdot m_j}{M_j \cdot m_A}$	Моль/кг (растворителя)
<p><b>Молярная концентрация <math>c_j</math></b> – количество <b>j</b>-го компонента (моль) в 1 л раствора (<b><math>V</math></b> – объем раствора, л)</p>	$c_j = \frac{\nu_j}{V}$	Моль/л
<p><b>Массовая доля <math>\omega_j</math></b> – отношение массы растворенного вещества к общей массе раствора (<b><math>m_j</math></b> – масса <b>j</b>-го вещества)</p>	$\omega_j = \frac{m_j}{\sum m_j}$	Доли единицы, проценты
<p><b>Массовая концентрация <math>g_j</math></b> – масса <b>j</b>-го компонента в одном литре раствора</p>	$g_j = \frac{m_j}{V}$	г/л
<p><b>Молярная концентрация эквивалентов (нормальная) <math>c_{Nj}</math></b> – количество эквивалентов <b>j</b>-го компонента (моль) в 1 л раствора (<b><math>n_{j \text{ экв}}</math></b> – количество эквивалентов <b>j</b>-го вещества в молях)</p>	$c_{Nj} = \frac{\nu_{\text{экв}j}}{V}$	Моль-экв/л (г-экв/л)

• *По природе растворенного вещества*

- Растворы электролитов (солей, кислот, оснований)
- Растворы неэлектролитов (органических соединений)

• *По концентрации растворенного вещества*

- Ненасыщенные растворы (концентрация меньше максимально возможной)
- Насыщенные растворы (стабильные растворы с максимальной концентрацией растворенного вещества)
- Пересыщенные растворы (метастабильные растворы с концентрацией, больше возможной)

# *Термодинамические свойства растворов*

Для растворов характерны *коллизативные свойства*, т.е. свойства, зависящие от числа самостоятельных (кинетических единиц растворенного вещества): *давление насыщенного пара ( $P$ )*, *температуры замерзания ( $T_z$ )* и *кипения ( $T_k$ )*, *осмотическое давление ( $P\pi$ )*.

**Закон Рауля:** *Величина относительного понижения давления пара растворителя над раствором по сравнению с чистым растворителем пропорциональна концентрации растворенного вещества*

$$\Delta P = \frac{P_0 - P}{P_0} = x$$

где  $P_0$  — *давление пара над чистым растворителем*,  $P$  — *давление пара над раствором*,  $x$  — *мольная доля растворенного вещества*

Пояснение: в замкнутой системе, состоящей из жидкого растворителя и паров над ним, при постоянных условиях устанавливается динамическое равновесие между жидкой и газообразной фазой: количество молекул, перешедших из газообразной фазы в жидкую за данный промежуток времени, равно количеству молекул, перешедших из жидкой фазы в газообразную. Первая величина зависит от содержания *молекул растворителя в единице объема газовой фазы*, вторая — от количества молекул растворителя на единицу *поверхности раздела фаз*. Добавление нелетучего растворенного вещества уменьшает только вторую величину (часть поверхности занята молекулами растворенного вещества), поэтому положение равновесия должно сместиться в сторону уменьшения давления пара растворителя.

## Следствия закона Рауля:

- 1) Повышение температуры кипения растворов, по сравнению с растворителем – *эбулиоскопия*:

$$\Delta T_{\text{кип}} = K_E \cdot C_m$$

где  $K_E$  – *эбулиоскопическая постоянная для данного растворителя*,  $C_m$  – *моляльная концентрация*.

- 2) Понижение температуры замерзания растворов, по сравнению с растворителем – *криоскопия*:

$$\Delta T_{\text{зам}} = K_K \cdot C_m$$

где  $K_K$  – *криоскопическая постоянная для данного растворителя*,  $C_m$  – *моляльная концентрация*

Методами эбулиоскопии и криоскопии можно определить молекулярную массу неизвестного вещества.



**Задача:** определить молекулярную массу вещества X по известной величине повышения температуры кипения

**Решение:**

Если к  $g_1$  г растворителя добавить  $g_2$  г растворенного вещества, то моляльная концентрация будет равна:

$$C_m = \frac{g_2 \cdot 1000}{M \cdot g_1}$$

где  $M$  – молекулярная масса растворенного вещества. Тогда, из первого следствия закона Рауля с учетом моляльной концентрации получаем:

$$M = \frac{K_E \cdot g_2 \cdot 1000}{\Delta T_{\text{кип}} \cdot g_1}$$

**Закон осмотического давления Вант-Гоффа:** *Давление чистого растворителя на стенки полупроницаемой мембраны выше давления растворителя в растворе (с другой стороны мембраны)*

$$P_{\pi} = C \cdot R \cdot T$$

*где  $P_{\pi}$  – осмотическое давление,  $C$  – молярная концентрация,  $R$  – газовая постоянная,  $T$  – температура*

**Под полупроницаемой** понимается мембрана, проницаемая для молекул растворителя, но задерживающая молекулы растворенного вещества.