

Механическая смесь и растворы

- Механическая смесь — это система, где компоненты не взаимодействуют друг с другом.
- Растворам присуще взаимодействие между компонентами (происходят процессы диссоциации, сольватации и др.). Любой раствор отличается от химического соединения тем, что его состав может в известных пределах меняться.

- Растворы **классифицируют** в зависимости от **агрегатного состояния** на газообразные (воздух), жидкие, твердые (сплавы, стекла).
- Компонент, агрегатное состояние которого при образовании раствора не изменяется, принято считать **растворителем**, а другой компонент растворенным веществом.

- Раствор, в котором не достигнут предел растворимости вещества, называется **ненасыщенным** раствором.
- Раствор, в котором достигнут предел растворимости вещества, называется **насыщенным**.
- **Растворимость** вещества характеризуется составом его насыщенного раствора. Наиболее распространенным способом характеристики состава насыщенного раствора служит **коэффициент растворимости** вещества. Коэффициент растворимости вещества — наибольшая масса вещества, способная при данной температуре раствориться в 100 г растворителя.

- Если в 100 г воды растворяется более более 1,0 г вещества, то такое вещество называют **хорошо растворимым**. Если растворяется 0,1 – 1,0 г вещества – вещество **малорастворимо**. Наконец, вещество считают практически **нерастворимым**, если в 100 г воды растворяется менее 0,1 г вещества.
- Абсолютно нерастворимых веществ не бывает.

Пересыщенные растворы

- Если насыщенный раствор, полученный при повышенной температуре, слить с кристаллов и дать ему охладиться, то получится такая жидкость, в которой больше растворенного вещества, чем это полагалось бы по значению его растворимости. Такой раствор – пересыщенный. Пересыщенные растворы очень неустойчивы.

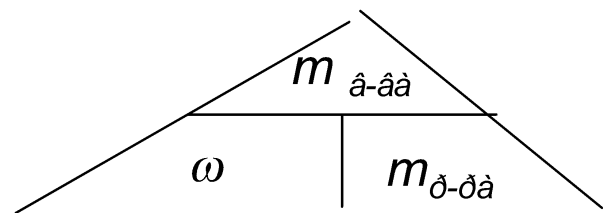
- Если содержание растворенного вещества в растворе (неважно, насыщенном или ненасыщенном) сравнительно маленькое, то раствор считается **разбавленным**, если большое – **концентрированным**.
- **Разбавленные растворы** – это растворы, в которых массовая доля растворенного вещества составляет всего несколько процентов, или молярная концентрация меньше 0,1 моль/л.
- В **концентрированных растворах** массы растворенного вещества и растворителя сопоставимы.

- Когда молекулы растворенного вещества связываются с молекулами воды, то получаются, строго говоря, новые химические соединения. Их общее название – ***гидраты***, они, как правило, не имеют постоянного состава. Процесс связывания веществ с водой называется ***гидратацией***.

- Молекулы воды из гидратной оболочки иногда могут вступать в химическую реакцию с растворенным веществом, образуя уже настоящее химическое соединение с постоянным составом, которые можно выделить из раствора, осторожно упаривая воду. Эти соединения называются *кристаллогидратами*, например $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$

- **Массовая доля ω** – число граммов растворенного вещества в 100 граммах раствора. Например, форма записи «раствор NaCl с массовой долей $\omega(\text{NaCl}) = 25\%$ » означает, что 25 г NaCl содержится в 100 г раствора.

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

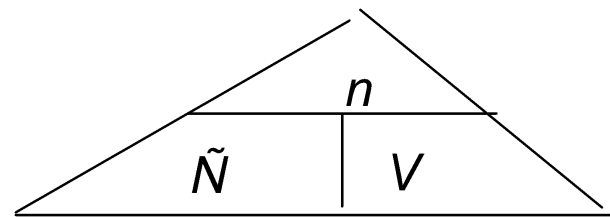


$$m(\text{р-ра}) = m(X) + m(\text{растворителя})$$

Массовую долю выражают в **долях** единицы или в %.

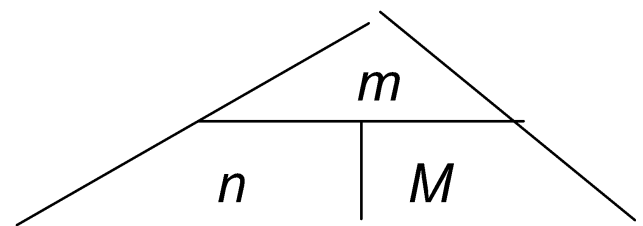
Молярная концентрация $C(X)$ – число молей n растворенного вещества в одном литре раствора. Молярная концентрация равна отношению химического количества растворенного вещества ($n(X)$, моль) к объему раствора (V , л):

$$C(X) = \frac{n(X)}{V(\text{р-ра})}$$



Химическое количество вещества выражается соотношением:

$$n(X) = \frac{m(X)}{M(X)}$$



Молярная концентрация

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

- Если известна масса раствора и плотность ρ раствора, то его объем V :

$$V = \frac{m_{\text{р-ра}}}{\rho}$$

$$\rho = \frac{m_{\text{р-ра}}}{V_{\text{р-ра}}} \quad (\text{или г/мл; кг/л})$$

- Молярная концентрация выражается в **моль/л** или в **моль/дм³** (эта размерность часто обозначается **M**), например:

2 M NaOH или $C(\text{NaOH}) = 2$ моль/л.

Данная форма записи означает, что **2 моль**
NaOH содержатся в **1 л** раствор

Молярная концентрация эквивалента $C_{\frac{1}{z}(X)}$; $C_{H.}$; $C_{\text{экв.}}$

Молярная концентрация эквивалента (нормальная концентрация) – число молей эквивалентов растворенного вещества $n_{\text{экв.}}$ в **одном литре раствора**, равна отношению химического количества вещества эквивалента или $n_{\text{экв}(X)}$ к объёму раствора $V(\text{л})$:

$$C_{\frac{1}{z}(X)} = \frac{n_{\frac{1}{z}(X)}}{V(\text{р - ра})} = \frac{m(X)}{M_{\frac{1}{z}(X)} \cdot V}$$

- Молярная концентрация эквивалента выражается в моль/л или моль/дм³ (часто обозначается н.), например:

2 н. Na_2SO_4 или $\text{C}(1/2\text{Na}_2\text{SO}_4) = 2$ моль/л. Данная форма записи означает, что 2 моль эквивалента Na_2SO_4 содержатся в 1 л раствора.

- Если взаимодействуют растворы веществ с известными нормальными концентрациями, то в точке эквивалентности справедливы соотношения:

$$n_{\frac{1}{z}(X)} = n_{\frac{1}{z}(Y)}$$

$$C_{\frac{1}{z}(X)} \cdot V(X) = C_{\frac{1}{z}(Y)} \cdot V(Y)$$

Моляльная концентрация

- Моляльная концентрация b – число моль растворенного вещества в одном килограмме растворителя:

$$b(X) = \frac{n(X)}{m(\text{р - ля})} = \frac{m(X)}{M(X) \cdot m(\text{р - ля})}$$

Измеряют моляльность в **моль/кг**

Молярная доля χ

- **Молярная доля χ** – это отношение количества компонента, содержащегося в данной системе (в молях), к общему количеству веществ в системе (в молях):

$$\chi(X) = \frac{n(X)}{\sum n_i}$$

- Для двухкомпонентного раствора

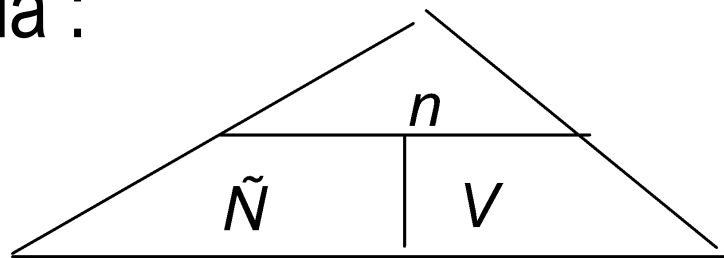
$$n_i = n(X) + n(\text{р-ля}).$$

Молярная доля также выражается в долях единицы или процентах. Сумма молярных (массовых) долей всех компонентов раствора равна 1 .

Задача 1

- Концентрированная соляная кислота имеет плотность 1,19 г/мл. Рассчитать массу 500 см³ раствора такой кислоты.
- **Решение.** Плотность равна :

$$\rho = \frac{m}{V}$$



$$m(\text{раствора}) = \rho \cdot V = 1,19 \cdot 500 = 714 \text{ г}$$

Задача 2

- Сколько граммов сульфата натрия и воды нужно для приготовления 300 г раствора с массовой долей сульфата натрия 5%?
- *Решение.*

$$0,05 = \frac{m(\text{Na}_2\text{SO}_4)}{300};$$

$$m(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 0,05 \cdot 300 = 15$$

- Массовая доля может иметь значения от 0 до 1 (от 0% до 100%);
- массовая доля растворенного вещества в чистой воде равна нулю, в чистом веществе – 100%,
- массовая доля вещества в кристаллогидрате равна массовой доле безводного вещества в составе кристаллогидрата.

- Для расчета массовой доли вещества в растворе следует понимать, что:

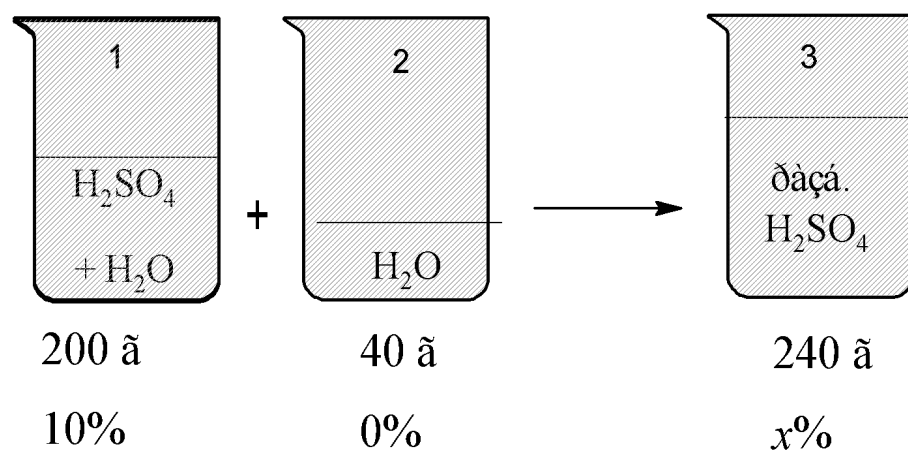
$$m(\text{р-ра } 1) + m(\text{р-ра } 2) = m(\text{р-ра } 3)$$

$$m(\text{в-ва } 1) + m(\text{в-ва } 2) = m(\text{в-ва } 3)$$

$$\omega_1 \cdot m_1(\text{р-ра}) + \omega_2 \cdot m_2(\text{р-ра}) = \omega_3 \cdot m_3(\text{р-ра})$$

Искомая неизвестная величина (х) может быть в любом из шести положений.

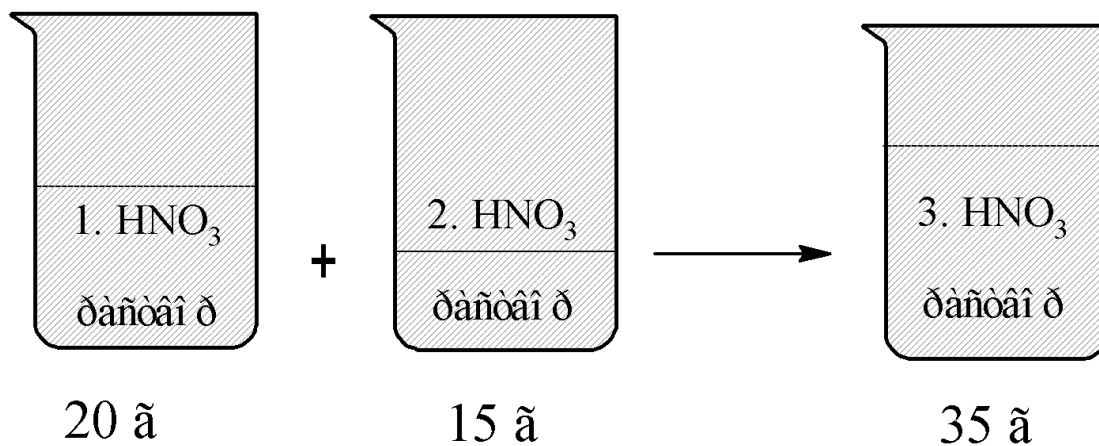
- Задача 3. . К 200 г раствора с массовой долей H_2SO_4 10% добавили 40 г воды. Найти массовую долю H_2SO_4 в полученном растворе.



$$200 \cdot 0,1 + 0 = 240 \cdot x; x = 0,083 \text{ (или } 8,3\%).$$

Ответ: $w(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,083$ (или 8,3%).

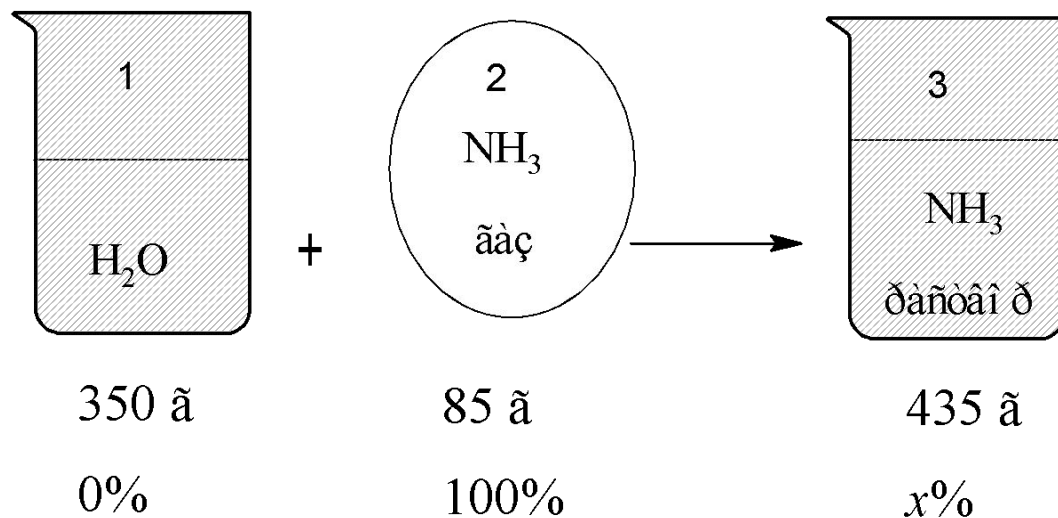
Задача 4. Определить массовую долю азотной кислоты в растворе, полученном смешением 20 г 96%-го и 15 г 48%-го растворов азотной кислоты.



$$\begin{aligned}
 &0,96 \cdot 20 + 0,48 \cdot 15 = x \cdot 35; \\
 &19,2 + 7,2 = 35 \cdot x; \\
 &x = 0,75 \text{ (или } 75\%).
 \end{aligned}$$

Ответ: $\omega_3(\text{HNO}_3) = 0,75$ (или 75%).

Задача 5. 112 л аммиака растворили в 85 мл воды. Определить массовую долю аммиака в растворе.



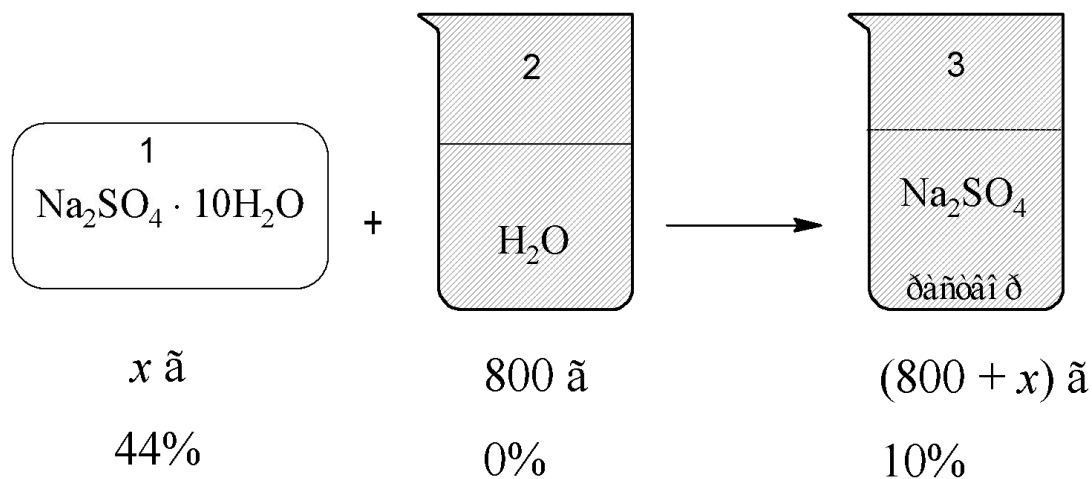
$$n(\text{NH}_3) = \frac{112}{22,4} = 5 \text{ моль}; m(\text{NH}_3) = 5 \cdot 17 = 85 \text{ г}$$

$$1 \cdot 85 + 0 \cdot 350 = x \cdot 435;$$

$$x = 0,195 \text{ (or } 19,5\%).$$

Ответ: $\omega(\text{NH}_3) = 0,195$ (или 19,5%).

Задача 6. Сколько г $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ следует растворить в 800г воды, чтобы получить раствор Na_2SO_4 с массовой долей 10%?



$$m(\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}) = x(\text{г});$$

$$M(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 142 \text{ г/моль};$$

$$M(\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = 322 \text{ г/моль}$$

$$322 \text{ г } \text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O} - 142 \text{ г } \text{Na}_2\text{SO}_4;$$

$$x \text{ г } \text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O} - m \text{ г } \text{Na}_2\text{SO}_4;$$

$$m(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 0,44x;$$

г

$$0,1 = \frac{m(\text{Na}_2\text{SO}_4)}{x + 800}$$

$$0,1 = \frac{0,44x}{x + 800};$$

$$m(\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = 235$$

Задача 7

- Определить массовую долю азотной кислоты, полученной смешением 20 г раствора азотной кислоты с массовой долей HNO_3 96% и 15 г раствора с массовой долей HNO_3 48%.
- *Ответ:* $w(\text{HNO}_3) = 0,75$ (или 75%).

Задача 8

- Медный купорос ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) массой 5 г растворили в 150 г воды. Рассчитать массовую долю CuSO_4 в полученном растворе.

$$M(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = 250 \text{ г/моль};$$

$$M(\text{CuSO}_4) = 160 \text{ г/моль}.$$

250 г $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ содержат 160 г CuSO_4 ,

$$w(\text{CuSO}_4) = 0,64 \text{ (или 64 \%)}$$

$$m(\text{CuSO}_4) = 5 \cdot 0,64 = 3,2 \text{ г};$$

$$w(\text{CuSO}_4) = \frac{3,2}{155} = 0,02 \text{ (или 2 \%)}$$

- Какой объем хлороводорода (л, н. у.) необходимо добавить к 650 г раствора соляной кислоты $w = 5\%$, чтобы получился раствор соляной кислоты с массовой долей 35 %. (Ответ 36,7 дм³)
- Газ, образовавшийся при взаимодействии 304,5 г MnO_2 с конц. соляной кислотой, пропустили через 200 г раствора бромида натрия с массовой долей бромида натрия 10%. Какая масса брома образовалась при этом?

- Сколько миллилитров раствора с массовой долей HCl 36 % ($\rho = 1,2 \text{ г/мл}$) необходимо для взаимодействия с 0,1 моль оксида марганца (IV)? Какой объем хлора (н. у.) выделится при этом?

(Ответ 33,8 мл, 2,24 дм^3)

- В каком объеме воды нужно растворить HCl , полученный при слабом нагревании NaCl массой 234 г с избытком концентрированной серной кислоты, чтобы получить раствор с массовой долей хлороводорода, равной 20 %?

- Поваренную соль расплавили и подвергли электролизу. Из выделившегося при электролизе газа и водорода получили новый газ, который растворили в воде. При этом образовалось 300 мл раствора соляной кислоты с массовой долей HCl 15 % ($\rho = 1,1 \text{ г/мл}$). Рассчитайте, какая масса хлорида натрия подверглась электролизу. (Ответ 79,33 г).