

1 Основные понятия

Основные понятия химии

- Атомная единица массы (а.е.м.) – 1/12 массы ^{12}C
 $1 \text{ а. е. м.} \approx 1.66 \cdot 10^{-27} \text{ кг} = 1.66 \cdot 10^{-24} \text{ г}$
- Атомная масса (A_r) – среднее значение массы атома в а.е.м. ($A_r(\text{O}) = 16$, $A_r(\text{Ca}) = 40$)
- Молекулярная масса (M_r) – масса молекулы в а.е.м.
- Измерять мы можем **массу** веществ, а реагируют вещества в определённых **количественных** соотношениях
- Моль ($\nu \equiv n$) – количество вещества, содержащее $N_A = 6.022 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$ структурных единиц
- $N_A = 6.022 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$ – постоянная Авогадро
- Молярная масса (M) – масса одного моля вещества
 - $M(\text{CaCO}_3) = M(\text{Ca}) + M(\text{C}) + 3M(\text{O})$
 - численные значения – в Периодической таблице
 - $M(\text{CaCO}_3) = 40 + 12 + 3 \cdot 16 = 100 \text{ г/моль}$
- Связь между количеством и массой: $n = \frac{m}{M}$

Понятие «доля»

- Доля – отношение характеристики части к характеристике целого, иногда выражаемое в процентах
- Массовая доля – отношение массы части к массе целого
 - $\omega(\text{соли}) = \frac{m(\text{соли})}{m(\text{раствора})} \cdot 100\%$ – доля соли в растворе
 - $\omega(\text{O}) = \frac{2 \cdot M(\text{O})}{M(\text{CO}_2)} \cdot 100\%$ – доля кислорода в CO_2
- Уксус – продукт, содержащий кислоту CH_3COOH
 - столовый уксус: $\omega(\text{CH}_3\text{COOH}) = 3 \dots 15\%$
 - уксусная эссенция: $\omega(\text{CH}_3\text{COOH}) \approx 80\%$

– ледяная уксусная кислота: $\omega(\text{CH}_3\text{COOH}) \approx 100\%$

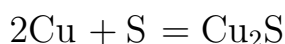
- Объёмная доля – отношение объёмов

$$- \varphi(\text{O}_2) = \frac{V(\text{O}_2)}{V(\text{воздуха})} \cdot 100\% - \text{доля } \text{O}_2 \text{ в воздухе}$$

2 Основные законы

Закон сохранения массы

- *Закон сохранения массы:* суммарная масса всех участников реакции остаётся неизменной.
- Причина: носители массы – атомы – не изменяются в химических реакциях.
- Польза: расчёты по уравнениям реакций, например:



	Cu	S	Cu ₂ S
количество	2	1	1
масса, г	2 · 64	32	160

Молярную массу M берём из Периодической таблицы

- Пусть в реакцию вступило 16 г меди (Cu). Чему равны массы серы и сульфида меди Cu₂S?
- $n(\text{S}) = 1/2n(\text{Cu})$ или $\frac{m(\text{S})}{M(\text{S})} = \frac{1}{2} \frac{m(\text{Cu})}{M(\text{Cu})}$, $\frac{m(\text{S})}{32} = \frac{16}{128}$
- $m(\text{S}) = 4$ г, для Cu₂S по аналогичной схеме получаем 20 г.

Газовые законы

- *Закон Авогадро:* 1 моль идеального газа занимает при нормальных условиях строго определенный объём 22.4 л.
 - Нормальные условия (н.у.): $T = 273$ К, $P = 101.3$ кПа
 - Молярный объём $V_m = V_0 = 22.4$ л = $22.4 \cdot 10^{-3}$ м³
- Количество газа может быть найдено через объём при н.у.:

$$\frac{m}{M} = n = \frac{V}{V_0}$$

- Уравнение Менделеева-Клапейрона: $PV = \frac{m}{M}RT = nRT$
 - более общий случай, чем закон Авогадро
 - требуется аккуратность с размерностями величин:
 $[P] = \text{Па}, [V] = \text{м}^3, R = 8.31 \text{ Дж}/(\text{моль} \cdot \text{К}), [T] = \text{К}$
- Давление газовой смеси равно сумме парциальных (part – часть) давлений компонентов (p_i)
 - $p_{\text{общ}} = p_1 + p_2 + \dots + p_i = \sum_i p_i$
 - $p_i = \frac{n_i}{\sum_j n_j} \cdot p_{\text{общ}}$ – доля газа в общем давлении
 - $\varphi_i = \frac{V_i}{V_{\text{смеси}}}$ – объёмная доля газа

3 Задачи

3.1 Пример 1

Масса $0.327 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$ газа при 13°C и давлении $1.040 \cdot 10^5 \text{ Па}$ равна 0.828 г . Вычислите молярную массу газа.

- Задачу можно решить с помощью уравнения Менделеева-Клапейрона.

- $PV = \frac{m}{M}RT$, значит $M = \frac{mRT}{PV}$

- Делаем подстановку с учётом размерностей величин:

$$M = \frac{0.828 \cdot 8.314 \cdot 286}{1.040 \cdot 10^5 \cdot 0.327 \cdot 10^{-3}} = 57.9 \text{ г/моль.}$$

3.2 Пример 2

Определите массовую долю хрома в дихромате калия $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$

- Задача решается через определение массовой доли

- $\omega(\text{Cr}) = \frac{m(\text{Cr})}{m(\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7)} \cdot 100\%$

- Пусть имеется 1 моль $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, тогда

- в соли содержится 2 моль К, 2 моль Cr и 7 моль O

- $\omega(\text{Cr}) = \frac{2M(\text{Cr})}{M(\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7)} \cdot 100\%$

- $\omega(\text{Cr}) = \frac{2 \cdot 52}{2 \cdot 39 + 2 \cdot 52 + 7 \cdot 16} \cdot 100\% = 35\%$

3.3 Пример 3

В сухом воздухе объёмные доли газов таковы: N_2 – 78.09%, O_2 – 20.95%, Ar – 0.93%, CO_2 – 0.03%. Вычислите парциальные давления этих газов, если общее давление равно 101325 Па.

- Задача решается через определения понятий «объёмная доля» и «парциальное давление»
- $p_i = \Phi_i \cdot p_{\text{общ}}$
- $p(N_2) = 0.7809 \cdot 101325 = 79125$ Па
- $p(O_2) = 0.2095 \cdot 101325 = 21228$ Па
- $p(\text{Ar}) = 0.0093 \cdot 101325 = 942$ Па
- $p(CO_2) = 0.0003 \cdot 101325 = 30$ Па

3.4 Пример 4

Стальной баллон наполнен азотом под давлением 12 МПа при температуре 17 °С. Предельно допустимое давление, которое выдержит баллон, равно 20 МПа. Какова максимальная температура, до которой можно нагреть баллон?

- Эту задачу можно решить с использованием уравнения Менделеева-Клапейрона. Идея: количество газа в баллоне и объём остаются постоянными для любых P и T .
- $PV = nRT \Rightarrow \frac{nR}{V} = \frac{P}{T} = \text{const}$
- Последнее выражение можно записать в виде $\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$, где индексы 1 и 2 соответствуют разным условиям.
- Из приведенного равенства можно выразить температуру, соответствующую давлению 20 МПа: $T_2 = \frac{P_2 T_1}{P_1}$.
- Температура, соответствующая давлению 20 МПа, равна: $T_2 = \frac{20 \cdot 290}{12} = 483$ К.
- Перевод единиц в СИ был сделан лишь для температуры: переход от градусов Цельсия к кельвинам осуществляется с помощью операции сложения, а в использованной формуле присутствуют операции деления и умножения.
- Ответ: баллон можно нагреть до 483 К (210 °С).

3.5 Пример 5

Имеется смесь N_2 и NO_2 , средняя молярная масса которой равна 40 г/моль .
Определите мольную долю каждого газа в смеси.

- Задачу можно решить через определение молярной массы.
- Пусть 1 моль смеси содержит $n(\text{N}_2) = x$ и $n(\text{NO}_2) = (1 - x)$.
- Тогда масса 1 моль смеси (её молярная масса!) выразится так:

$$- M(\text{N}_2) \cdot n(\text{N}_2) + M(\text{NO}_2) \cdot n(\text{NO}_2) = M(\text{смеси})$$

$$- 28x + 46(1 - x) = 40$$

- Решая уравнение, получаем $x = 0.33$.
- Мольная доля компонента – отношение количества компонента к общему количеству смеси

$$\varphi(\text{N}_2) = \frac{n(\text{N}_2)}{n(\text{N}_2) + n(\text{NO}_2)} = \frac{0.33}{1} = 0.33.$$

- Ответ: $\varphi(\text{N}_2) = 33\%$, $\varphi(\text{NO}_2) = 100 - 33 = 67\%$