

Основные типы расчётных задач

1. Вычисления по химическим формулам

1.1. Вычисление относительной молекулярной массы вещества:

Относительная молекулярная масса вещества (M_r) равна сумме относительных атомных масс элементов (A_r), входящих в его состав, помноженных на индексы.

** A_r элементов указаны в соответствующих клетках таблицы Менделеева*

**Индекс – цифра, стоящая справа внизу от элемента, показывающая число его атомов или групп атомов (если стоит за скобками)*

Примеры:

$$M_r(\text{P}_2\text{O}_5) = A_r(\text{P}) \cdot 2 + A_r(\text{O}) \cdot 5 = 31 \cdot 2 + 16 \cdot 5 = 142$$

$$M_r(\text{H}_2) = 1 \cdot 2 = 2$$

$$M_r(\text{O}_2) = 16 \cdot 2 = 32$$

$$M_r(\text{NaCl}) = 23 + 35,5 = 58,5$$

$$M_r(\text{H}_2\text{O}) = 1 \cdot 2 + 16 = 18$$

$$M_r(\text{H}_3\text{PO}_4) = 1 \cdot 3 + 31 + 16 \cdot 4 = 98$$

$$M_r(\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3) = 27 \cdot 2 + (32 + 16 \cdot 4) \cdot 3 = 342$$

Примеры для тренировки: Вычислите M_r веществ Cl_2 , Al , Fe_2O_3 , HNO_3 , Na_2SO_4 , $\text{Ca}(\text{OH})_2$, $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$, $\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2$

1.2. Вычисление массовых долей элементов в веществе:

Массовая доля (ω) элемента в веществе равна отношению его относительной атомной массы (A_r), умноженной на количество атомов (индекс), к относительной молекулярной массе вещества (M_r). ω (элемента в веществе) = $A_r(\text{элемента}) \cdot \text{индекс} / M_r(\text{вещества})$

**Выражается ω в долях единицы или в процентах (при переводе долей единицы в проценты полученное число умножается на 100)*

Примеры:

$$\omega(\text{H в H}_2\text{O}) = A_r(\text{H}) \cdot 2 / M_r(\text{H}_2\text{O}) = 1 \cdot 2 / (1 \cdot 2 + 16) = 0,11 \text{ или } 11\%$$

$$\omega(\text{O в H}_2\text{O}) = A_r(\text{O}) \cdot 1 / M_r(\text{H}_2\text{O}) = 16 \cdot 2 / (1 \cdot 2 + 16) = 0,89 \text{ или } 89\%$$

$$\omega(\text{P в P}_2\text{O}_5) = 31 \cdot 2 / (31 \cdot 2 + 16 \cdot 5) = 0,44 \text{ или } 44\%$$

$$\omega(\text{O в P}_2\text{O}_5) = 16 \cdot 5 / (31 \cdot 2 + 16 \cdot 5) = 0,56 \text{ или } 56\%$$

Примеры для тренировки: Вычислите массовые доли элементов в веществах SO_2 , SO_3 , FeO , Fe_2O_3 , CaCO_3 , H_3PO_4

1.3 Вычисление массовой доли компонента смеси или кристаллогидрата:

Пример:

Вычислите массовую долю сульфата меди в медном купоросе, формула которого $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$.

$$\omega(\text{CuSO}_4) = M_r(\text{CuSO}_4) / M_r(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = 160 / (160 + 18 \cdot 5) = 0,64 \text{ или } 64\%$$

Пример для тренировки: Вычислите массовую долю воды в гипсе и мирабилите, формулы которых $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ и $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ соответственно.

1.4 Вывод молекулярной формулы вещества по известным массовым долям элементов:

Для нахождения индекса элемента необходимо массовую долю элемента умножить на относительную молекулярную массу вещества и разделить на относительную атомную массу элемента (если массовая доля была выражена в %, то ответ разделить на 100)

$$\text{Индекс} = \omega(\text{элемента}) \cdot M_r(\text{вещества}) / A_r(\text{элемента}) \cdot 100\%$$

Примеры:

Задача №1

Определите формулу соединения, в состав которого входят натрий, фосфор и кислород в массовых долях 34,6%; 23,3%; 42,2% соответственно.

Решение:

1. Составим условную формулу соединения $\text{Na}_x\text{P}_y\text{O}_z$, из которой следует, что

$$X = M_r(\text{Na}_x\text{P}_y\text{O}_z) \cdot \omega(\text{Na}) / (A_r(\text{Na}) \cdot 100\%)$$

$$Y = M_r(\text{Na}_x\text{P}_y\text{O}_z) \cdot \omega(\text{P}) / (A_r(\text{P}) \cdot 100\%)$$

$$Z = M_r(\text{Na}_x\text{P}_y\text{O}_z) \cdot \omega(\text{O}) / (A_r(\text{O}) \cdot 100\%)$$

2. Составим соотношение индексов

$$X:Y:Z = M_r(\text{Na}_x\text{P}_y\text{O}_z) \cdot \omega(\text{Na}) / (A_r(\text{Na}) \cdot 100\%) : M_r(\text{Na}_x\text{P}_y\text{O}_z) \cdot \omega(\text{P}) / (A_r(\text{P}) \cdot 100\%) : M_r(\text{Na}_x\text{P}_y\text{O}_z) \cdot \omega(\text{O}) / (A_r(\text{O}) \cdot 100\%), \text{ из которого следует, что}$$

$$X:Y:Z = \omega(\text{Na})/A_r(\text{Na}) : \omega(\text{P})/A_r(\text{P}) : \omega(\text{O})/A_r(\text{O}) = 34,6/23 : 23,3/31 : 42,2/16 = 1,5:0,75:2,63 = 2:1:3,5 = 4:2:7$$

И формула соединения $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$

Задача №2

Найдите молекулярную формулу углеводорода, если плотность его равна 1,97 г/л, а массовая доля углерода в нём составляет 82%

Дано: $\rho = 1,97 \text{ г/л}$; $w(\text{C}) = 82\%$

Найти: C_xH_y

Решение: 1. Найдём M_r через M .

$$M_r = [M], \text{ а } M \text{ газа (пара)} = \rho \cdot V_m = 1,97 \text{ г/л} \cdot 22,4 \text{ л/моль} = 44 \text{ г/моль}$$

Следовательно $M_r = 44$

2. Найдём индексы

$$X = M_r(\text{C}_x\text{H}_y) \cdot w(\text{C}) / (A_r(\text{C}) \cdot 100\%) = 44 \cdot 82\% / (12 \cdot 100\%) = 3$$

$$Y = M_r(\text{C}_x\text{H}_y) \cdot w(\text{H}) / (A_r(\text{H}) \cdot 100\%) = 44 \cdot (100\% - 82\%) / (1 \cdot 100\%) = 8$$

Следовательно, молекулярная формула углеводорода C_3H_8

Примеры для тренировки:

Задача №3

Определите молекулярную формулу соединения, состоящего из водорода, йода и кислорода, массовые доли которых соответственно равны 2,2%; 55,7% и 42,1%.

Задача №4

Найдите молекулярную формулу углеводорода, если массовая доля углерода в нём составляет 90%, а относительная плотность паров его по водороду равна 20.

Задача №5

Определите молекулярную формулу органического вещества, если известно, что массовая доля углерода в нём составляет 51,89%; водорода – 9,73%; хлора - 38,38%, а относительная плотность паров его по воздуху равна 3,19.

1.5 Вычисления количества вещества (в моль) по его массе или объёму, количества атомов и молекул, а также обратные задачи.

Количество вещества (ν или n) выражается в моль (1 моль содержит $6,02 \cdot 10^{23}$ молекул или атомов вещества ($N_A = 6,02 \cdot 10^{23}$ моль⁻¹ называют числом Авогадро)). Количество вещества можно вычислить по известной массе (разделив её на молярную массу M) или объёму (для газа) вещества (разделив его на молярный объём $V_m = 22,4$ л/моль), а также по известному числу атомов или молекул (N)

$$\nu = m/M; \nu = V/V_m; \nu = N/N_A$$

Примеры:

Задача №1

Вычислите количество вещества в моль, содержащегося в 306 г оксида алюминия.

Решение: $\nu(\text{Al}_2\text{O}_3) = m/M = 306 \text{ г} / (27 \cdot 2 + 16 \cdot 3) \text{ г/моль} = 306 \text{ г} / 102 \text{ г/моль} = 3 \text{ моль}$

Задача №2

Рассчитайте массу 4 моль азотной кислоты.

Решение: $m(\text{HNO}_3) = \nu \cdot M = 4 \text{ моль} \cdot (1 + 14 + 16 \cdot 3) \text{ г/моль} = 4 \text{ моль} \cdot 63 \text{ г/моль} = 252 \text{ г}$

Задача №3

Сколько атомов и молекул азота содержится в 280 г азота

Решение: $\nu(\text{N}_2) = m/M = 280 \text{ г} / 28 \text{ г/моль} = 10 \text{ моль}$

$N(\text{N}_2) = \nu \cdot N_A = 10 \cdot 6,02 \cdot 10^{23} = 6,02 \cdot 10^{24}$ молекул и $12,04 \cdot 10^{24}$ атомов.

Задача №4

В какой массе воды содержится такое же количество молекул, сколько атомов в 36 г магния?

Решение:

1) $\nu(\text{Mg}) = m/M = 36 \text{ г} / 24 \text{ г/моль} = 1,5 \text{ моль}$

2) т.к. $N(\text{H}_2\text{O}) = N(\text{Mg})$, то $\nu(\text{H}_2\text{O}) = \nu(\text{Mg}) = 1,5 \text{ моль}$

3) $m(\text{H}_2\text{O}) = \nu(\text{H}_2\text{O}) \cdot M(\text{H}_2\text{O}) = 1,5 \text{ моль} \cdot 18 \text{ г/моль} = 27 \text{ г}$