

**Тема : Расчетные задачи  
Определение молекулярной  
формулы соединения**

Чтобы переваривать знания, надо  
поглощать их с аппетитом.

А. Франс



## Рекомендации при решении расчетных задач

1. Все физические величины, используемые в задаче, перевести в одну систему единиц
2. Данные объема пересчитать для «нормальных» условий ( $10^5$  Па, 273К)

$$(P_1 V_1)/T_1 = (P_2 V_2)/T_2$$

3. Во многих случаях целесообразно использовать количество вещества в молях
4. Если в условиях задачи не сказано, сколько взято вещества, то нужно допустить, что взято 100 г, 1 л и т.д.
5. Неизвестные соединения обозначать через  $x$  и  $y$ . И составлять и решать систему уравнений.

$$P \cdot V = \frac{m}{M} R \cdot T$$

При нормальных условиях (н.у. – 101.3 кПа, 273К) молярный объем идеального газа равен  $22.4 \cdot 10^{-2} \text{ м}^3/\text{моль}$  или 22.4 л/моль ( $V_{\text{н.у}}$ )

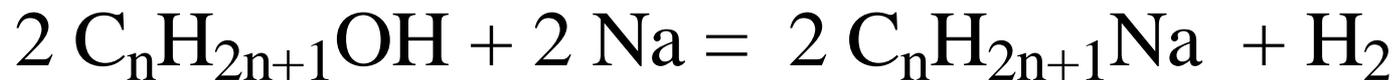
<p>P – давление газа, Па 1 атм = <math>1.01 \cdot 10^5</math> Па</p>	<p>V – объем газа, <math>\text{м}^3</math> 1л = <math>10^{-3} \text{ м}^3</math></p>
<p>T – температура, К <math>T = 273 \text{ К} + t (^{\circ}\text{C})</math></p>	<p>R – универсальная газовая постоянная 8.314 Дж/(моль·К)</p>

## Задача №1

При взаимодействии 23 г предельного одноатомного спирта с избытком металлического натрия выделилось 5.6 л (н. у.) газа. Определите молекулярную формулу спирта.

### Решение:

Составим уравнение реакции в общем виде, и вычислим количество вещества водорода.



При н.у. реакции 1 моль водорода занимает объем 22.4 л, а  $\nu$  моль водорода – 5.6 л. Следовательно, выделилось  $\nu(\text{H}_2) = 5.6/22.4 = 0.25$  моль

Рассчитаем молярную массу спирта:

- Из уравнения следует, что 2 моля спирта при взаимодействии с Na образуют 1 моль водорода. Следовательно, 0.25 моль водорода образовались из 0.5 молей спирта.

По условию задачи в реакцию вступило 23 г спирта, т.е. 0,5 моль. Следовательно, молярная масса спирта равна

$$23\text{г}/0.5 = 46 \text{ г/моль}$$

Определим молекулярную формулу спирта  $\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{OH}$

$$M(\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{OH}) = n \cdot 12 + (2n+1) \cdot 1 + 16 + 1 = 46$$

$$n = 2$$

Молекулярная формула спирта  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$

## Задача №2.

Определите формулу вещества, если оно содержит 84.21% углерода и 15.79% водорода, и имеет относительную плотность по воздуху, равную 3.93.

## Решение:

Рассчитаем молярную массу вещества X:

$$M(X) = 29 \cdot D_{\text{воздух}}(X) = 29 \cdot 3.93 = 114 \text{ г/моль}$$

Рассчитаем сколько молей углерода содержится в веществе X:

$$\nu = (114 \cdot 0.8421) / 12 = 8 \text{ моль}$$

Рассчитаем сколько молей водорода содержится в веществе X:

$$\nu = (114 \cdot 0.1579) / 1 = 18 \text{ моль}$$

Данное вещество содержит только углерод и водород, т.к. их процентное содержание равно 100%

Следовательно, молекулярная формула вещества X



### Задача №3

Плотность алкена равна 1.875 г/л. Выведите его молекулярную формулу

### Решение:

Рассчитаем сколько молей содержится в 1 литре газа алкена. Известно, что при н.у. реакции 1 моль газа занимает объем 22.4 л, а  $\nu$  моль алкена – 1 л. Следовательно, выделилось  $\nu$  (алкена) =  $1/22.4 = 0.0446$  моль

Рассчитаем сколько молярную массу алкена. Известно, что при н.у. реакции 1 моль газа, молярной массы  $M$  занимает объем 22.4 л, а 0,0446 моль алкена, массы 1.875 г – 1 л. Следовательно, молярная масса алкена

$$M = 22.4 * 1.875 = 42 \text{ г/моль}$$

Определим молекулярную формулу алкена  $C_nH_{2n}$

$$M(C_nH_{2n}) = n * 12 + (2n) * 1 = 42$$

$$n = 3$$

Молекулярная формула алкена  $C_3H_6$

### Задача №4

Соединение содержит 62.8% S и 37.2% F. Масса 118 мл данного соединения при 7°C и 98.64 КПа равна 0.51 г. Вывести формулу соединения.

### Решение

Рассчитаем молярную массу вещества, используя уравнение Менделеева-Клапейрона.

$$PV = (m/M)RT$$

$$M = (mRT)/(PV) = (0.51 \cdot 10^{-3} \cdot 8.31 \cdot (273+7)) / (98.64 \cdot 10^3 \cdot 0.118) = 102 \text{ г/моль}$$

Данное вещество содержит только серу и фтор, т.к. их процентное содержание равно 100%

Следовательно, молекулярная формула вещества X -  $S_nF_y$

Рассчитаем сколько молей серы содержится в веществе X:

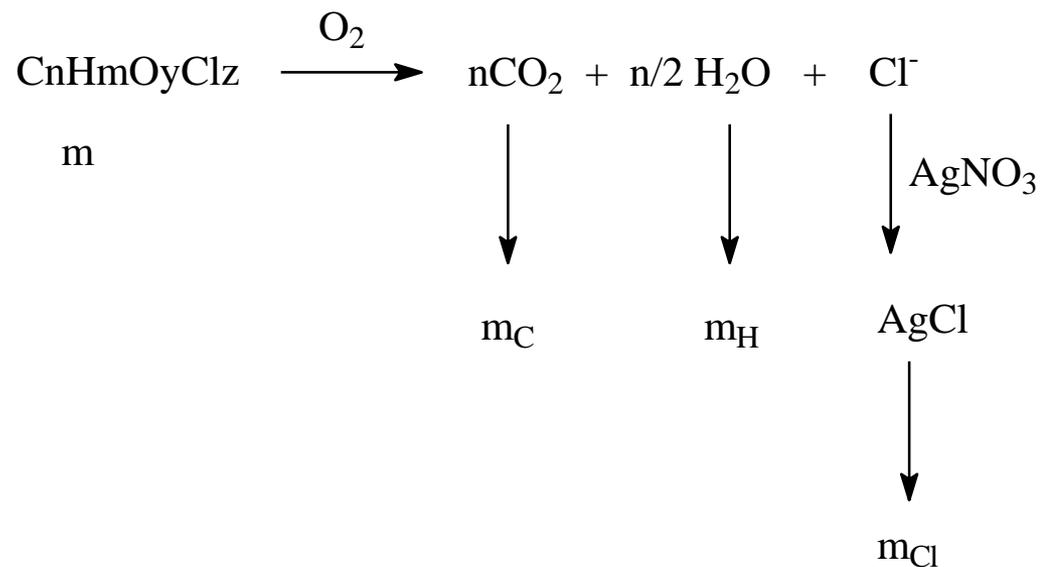
$$v = (102 \cdot 0.628) / 32 = 2 \text{ моль}$$

Рассчитаем сколько молей фтора содержится в веществе X:

$$v = (102 \cdot 0.372) / 19 = 2 \text{ моль}$$

Молекулярная формула веществе X: -  $S_2F_2$

# Определение формулы органического вещества



$$m(\text{C}_n\text{H}_m\text{O}_y\text{Cl}_z) = m_{\text{C}} + m_{\text{H}} + m_{\text{Cl}} + m_{\text{O}}$$

$$w_{\text{C}} = \frac{m_{\text{C}}}{m(\text{C}_n\text{H}_m\text{O}_y\text{Cl}_z)}$$

### Задача №5.

При сгорании вещества массой 4.25 г образовались оксид углерода (IV) массой 13.2 г и вода массой 5.85 г. Плотность паров вещества по воздуху равна 5.862. Определите формулу вещества.

**Дано:**

$$m(\text{в-ва}) = 4.25 \text{ г}$$

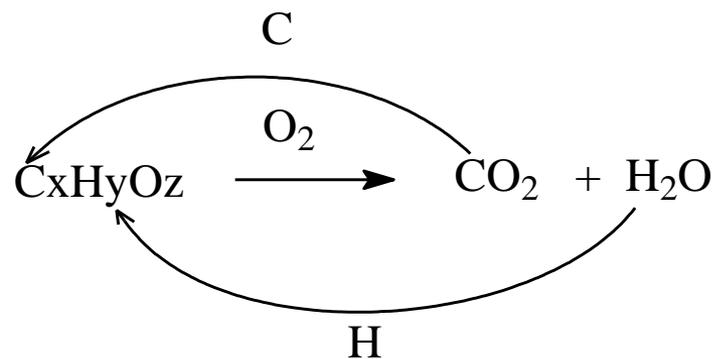
$$m(\text{CO}_2) = 13.2 \text{ г}$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 5.85 \text{ г}$$

$$D_{\text{возд.}}(\text{в-ва}) = 5.862$$

**Рассчитать**

$$\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z - ?$$



Так как в результате горения вещества образуются  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$ , то в состав соединения входят углерод, водород и, возможно, кислород.

Рассчитаем количество (моль) оксида углерода (IV), образовавшегося результате горения

$$n(\text{CO}_2) = \frac{m}{M} = \frac{13,2}{44} = 0,3$$

Рассчитаем количество (моль) воды, образовавшейся в результате горения

$$n(\text{H}_2\text{O}) = \frac{m}{M} = \frac{5,85}{18} = 0,325$$

Рассчитаем количества атомов углерода и водорода, которые содержались в исходном соединении:

$$n(\text{C}) = n(\text{CO}_2) = 0,3 \text{ моль}$$

$$n(\text{H}) = 2 \cdot n(\text{H}_2\text{O}) = 2 \cdot 0,325 = 0,65 \text{ моль}$$

Определяем массы углерода и водорода:

$$m(\text{C}) = n(\text{C}) \cdot M(\text{C}) = 0,3 \cdot 12 = 3,6 \text{ г}$$

$$m(\text{H}) = n(\text{H}) \cdot M(\text{H}) = 0,65 \text{ г}$$

Суммарная масса углерода и водорода:

$$m(C) + m(H) = 3.6 + 0.65 = 4.25 \text{ г},$$

т.е. равна массе исходного вещества, следовательно, вещество не содержит кислорода (является углеводородом состава  $C_xH_y$ ).

. Рассчитаем соотношение углерода и водорода в соединении:

$$\frac{n(C)}{n(H)} = \frac{0,3}{0,65}$$

Рассчитаем молярную массу вещества, зная плотность паров вещества по воздуху :

$$M(C_xH_y) = 29 \cdot D_{\text{возд.}} = 29 \cdot 5.862 = 170 \text{ г/моль}$$

Обозначим количество атомов углерода в молекуле  $x$ , количество атомов водорода  $y$ . Тогда молярную массу вещества можно посчитать как:

$$M(C_xH_y) = 12x + y = 170.$$

Составим систему уравнений:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{n(C)}{n(H)} = \frac{0,3}{0,65} \\ M(C_xH_y) = 12x + y = 170 \end{array} \right.$$

Находим, что  $x = 12$ , а  $y = 26$ .

Формула углеводорода  $C_{12}H_{26}$ .

## Задача №6

Рассчитайте процентный состав и эмпирическую формулу соединения, если при сжигении 3.02 мг образовалось 8.86 мг углекислого газа и 5.43 мг воды

*Дано:*

$$m(\text{в-ва}) = 3.02 \text{ г}$$

$$m(\text{CO}_2) = 8.86 \text{ г}$$

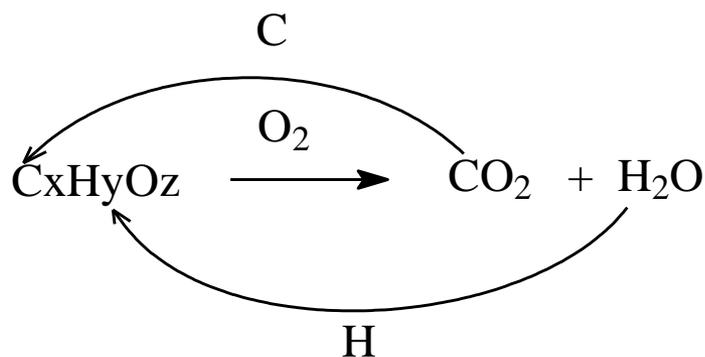
$$m(\text{H}_2\text{O}) = 5.43 \text{ г}$$

**Рассчитать**

$$\% \text{C} - ?$$

$$\% \text{O} - ?$$

$$\% \text{H} - ?$$



Рассчитаем количество (г) углерода, образовавшегося результате горения  $\text{CO}_2$  (молярная масса 44 г/моль) содержит 1 атом углерода (12 г/моль)

$$m(\text{C}) = \frac{12 \cdot 8.86}{44} = 2.416$$

Рассчитаем процентное содержание углерода в исследуемом соединении

$$\%(\text{C}) = \frac{2.416 \cdot 100}{3.02} = 80.01\%$$

Рассчитаем количество (г) водорода, образовавшегося результате горения  $\text{H}_2\text{O}$  (молярная масса 18 г/моль) содержит 2 атома водорода (2 г)

$$m(\text{H}) = \frac{5.43 \cdot 2}{18} = 0.60$$

Рассчитаем процентное содержание водорода в исследуемом соединении

$$\%(\text{H}) = \frac{0.6 \cdot 100}{3.02} = 19.90\% \sim 20\%$$

Рассчитаем процентное содержание водорода и углерода в исследуемом соединении 100%. Следовательно, данное соединение не содержит кислород.

### Задача №7

Сосуд, заполненный азотом, имеет вес 80.84 г. Тот же сосуд, заполненный алкеном при RT имеет вес 81.33 г.

Определите формулу алкена. Вес сосуда без газов равен 80.35 г.

*Дано:*

$$m(\text{сосуда}) = 80.35 \text{ г}$$

$$m(\text{сосуд} + \text{N}_2) = 80.84 \text{ г}$$

$$m(\text{сосуд} + \text{алкен}) = 81.33 \text{ г}$$

**Рассчитать**

Формулу алкена

Рассчитаем количество (г) азота в сосуде

$$m(N_2) = m(\text{сосуд} + \text{азот}) - m(\text{сосуд}) = 80.84 - 80.35 = 0.49 \text{ г}$$

Рассчитаем количество молей азота, находящегося при н.у. в сосуде.

Молярная масса азота 28 г/моль

$$n(N_2) = \frac{0.49}{28} = 0.0175 \text{ моль}$$

Рассчитаем количество (г) алкена в сосуде

$$m(\text{алкен}) = m(\text{сосуд} + \text{алкен}) - m(\text{сосуд}) = 81.38 - 80.35 = 0.98 \text{ г}$$

Известно, что при н.у. газы занимают равные объемы при одинаковом мольном количестве. Следовательно, в сосуде содержится 0.0175 моль алкена. Рассчитаем молярную массу алкена (M)

$$M = \frac{0.98 \text{ г} \cdot 1 \text{ моль}}{0.0175 \text{ моль}} = 56 \text{ г/моль}$$

Молекулярная формула алкена  $C_nH_{2n}$

Молярную массу алкена можно вычислить

$$M = 12 \cdot n + 1 \cdot 2n = 14n = 56 \text{ г/моль}$$

$$n = 4$$

Молекулярная формула алкена  $C_4H_8$

