

Подготовка к ЕГЭ по химии

# Определение формул органических веществ (С5)

Задача С5 на ЕГЭ по химии — это определение формулы органического вещества. Часто выпускники теряют баллы на этой задаче.

Причин несколько:

- 1. Некорректное оформление;
- 2. Решение не математическим путем, а методом перебора;
- 3. Неверно составленная общая формула вещества;
- 4. Ошибки в уравнении реакции с участием вещества, записанного в общем виде.

## Типы задач в задании С5.

- 1. Определение формулы вещества по массовым долям химических элементов или по общей формуле вещества;
- 2. Определение формулы вещества по продуктам сгорания;
- 3. Определение формулы вещества по химическим свойствам.

# Необходимые теоретические сведения.

## **1. Массовая доля элемента в веществе.**

Массовая доля элемента — это его содержание в веществе в процентах по массе.

Если записать эту формулу в общем виде, то получится следующее выражение:

Массовая доля атома Э в веществе  $(w) = \frac{Ar(\text{Э}) \cdot z}{Mr(\text{вещ.})} \times 100\%$

## 2. Молекулярная и простейшая формула

### вещества.

Молекулярная (истинная) формула — формула, в которой отражается реальное число атомов каждого вида, входящих в молекулу вещества.

## 3. Относительная плотность газа X по газу Y

Относительная плотность — это величина, которая показывает, во сколько раз газ тяжелее газа . Её рассчитывают  $D_{\text{по}Y}(X) = M(X)/M(Y)$  масс газов X и Y :

Часто для расчетов используют относительные плотности газов по водороду и по воздуху.

Относительная  $D_{\text{по}H_2} = M_{(X)}/M_{(H_2)} = M_{(X)}/2$

Воздух — это смесь газов, поэтому для него можно рассчитать только среднюю молярную массу. Её величина принята за

29 г/моль (исходя из примерного усреднённого состава)

## 4. Абсолютная плотность газа при нормальных условиях.

Абсолютная плотность газа — это масса 1 л газа при нормальных условиях. Обычно для газов её измеряют в

$$\rho = m/V$$

Если взять 1 моль газа, то тогда:

$$\rho = M/V_m$$

а молярную массу газа можно найти, умножая плотность на молярный объём.

$$M = \rho V_m$$

## 5. Общие формулы веществ разных классов.

Класс органических веществ	Общая молекулярная формула
Алканы	$C_nH_{2n+2}$
Алкены	$C_nH_{2n}$
Алкины	$C_nH_{2n-2}$
Диены	$C_nH_{2n-2}$
Гомологи бензола	$C_nH_{2n-6}$
Предельные одноатомные спирты	$C_nH_{2n+1}OH$
Многоатомные спирты	$C_nH_{2n+2-x}(OH)_x$
Предельные альдегиды	$C_nH_{2n+1}CHO$
Кетоны	$C_nH_{2n}O$
Фенолы	$C_nH_{2n-6}O$
Предельные карбоновые кислоты	$C_nH_{2n+1}COOH$
Сложные эфиры	$C_nH_{2n+1}COOC_mH_{2m+1}$
Амины	$C_nH_{2n+1}NH_2$
Аминокислоты (предельные одноосновные)	$C_nH_{2n+1}NO_2$

# Определение формул веществ по массовым долям атомов, входящих в его состав.

## Пример 1.

Определить формулу вещества, если оно содержит 84,21% С и 15,78% Н и имеет относительную плотность по воздуху, равную 3,93 .

## Решение:

1. Находим молярную массу вещества  $C_xH_y$ :

$$M = 3,93 \times 29 = 114 \text{ г/моль}$$

2. Находим число атомов С и Н в веществе

$$z = \frac{w \times Mr(\text{Э})}{Ar(\text{вещ.}) \times 100\%} :$$

$$C = \frac{84,21 \times 114}{12 \times 100} = 8 ;$$

$$H = \frac{15,78 \times 114}{1 \times 100} = 18$$

(проверка:  $12 \times 8 + 1 \times 18 = 114$ )

Ответ:  $C_8H_{18}$



## **Пример 2.**

Определить формулу дихлоралкана, содержащего 31,86% углерода.

### **Решение:**

Общая формула дихлоралкана:  $C_nH_{2n}Cl_2$ .

Тогда массовая доля углерода равна:

$w(C) = (\text{число атомов C в молекуле}) \times (\text{атомная масса C}) \backslash \text{молекулярная масса дихлоралкана.}$

$$0,3186 = n \times 12 \backslash (12n + 2n + 71)$$

$n = 3$ , вещество — дихлорпропан.

Ответ:  $C_3H_6Cl_2$ , дихлорпропан.



# Определение формул веществ по продуктам сгорания.

*Пример 1.*

Относительная плотность паров органического соединения по азоту равна 2. При сжигании 9,8 г этого соединения образуется 15,68 л углекислого газа (н. у) и 12,6 г воды. Выведите молекулярную формулу органического соединения.

*Решение:*

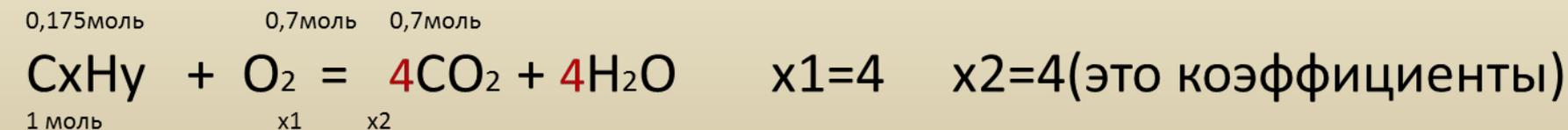
1. Находим молярную массу вещества  $C_xH_y$ :  $M = 2 \times 28 = 56 \text{ г/моль}$

2. Находим количество вещества всех веществ:

$$n = \frac{m}{M} \quad \text{или} \quad n = \frac{V}{V_m}$$

$$n(C_xH_y) = \frac{9,8}{56} = 0,175 \text{ моль}, \quad n(CO_2) = \frac{15,68}{22,4} = 0,7 \text{ моль},$$

$$n(H_2O) = \frac{12,6}{18} = 0,7 \text{ моль}$$



Ответ:  $C_4H_8$



## Пример 2.

При сгорании вторичного амина симметричного строения выделилось 0,896 л (н.у.) углекислого газа, 0,99 г воды и 0,112 л (н.у.) азота. Установите молекулярную формулу этого амина.

### Решение:

1. Составим схему реакции:  $C_xH_yN_z + O_2 = CO_2 + H_2O + N_2$

2. Найдем количества веществ углекислого газа, воды и азота:

$$n(CO_2) = \frac{0,896}{22,4} = 0,04 \text{ моль}; \quad n(C) = 0,04 \text{ моль}$$

$$n(H_2O) = \frac{0,99}{18} = 0,055 \text{ моль}; \quad n(H) = 0,11 \text{ моль}$$

$$n(N_2) = \frac{0,112}{22,4} = 0,005 \text{ моль}; \quad n(N) = 0,01 \text{ моль}$$

3. Найдено соотношение атомов в молекуле амина и установим молекулярную формулу вторичного амина:

$$x : y : z = n(C) : n(H) : n(N) = 0,04 : 0,11 : 0,01 = 4 : 11 : 1$$

Ответ:  $C_4H_{11}N$  или  $(C_2H_5)_2NH$



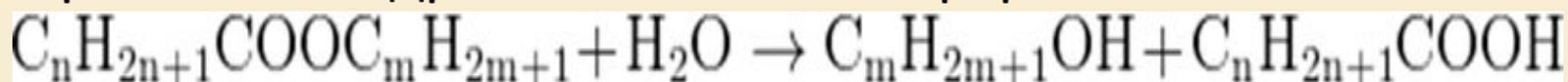
# Определение формул веществ по химическим свойствам

## Пример 1.

Определить формулу сложного эфира, при гидролизе 2,64 г которого выделяется 1,38 г спирта и 1,8 г одноосновной карбоновой кислоты.

**Решение:**

1. Уравнение гидролиза сложного эфира



2. Согласно закону сохранения массы веществ, сумма масс исходных веществ и сумма масс продуктов реакции равны.

Поэтому из данных задачи можно найти массу воды:

$$m(H_2O) = (\text{масса кислоты}) + (\text{масса спирта}) - (\text{масса эфира}) = \\ = 1,38 + 1,8 - 2,64 = 0,54 \text{ г}$$

$$3. n(H_2O) = \frac{0,54}{18} = 0,03 \text{ моль};$$

$$n(\text{эфира}) = n(\text{кислоты}) = n(\text{спирта}) = n(H_2O) = 0,03 \text{ моль}$$

$$4. M(\text{кислоты}) = \frac{1,8}{0,03} = 60 \text{ г/моль}; 14n+1+12+32+1=60 \quad n=1 \quad CH_3COOH$$

$$M(\text{спирта}) = \frac{1,38}{0,03} = 46 \text{ г/моль}; 14n+1+16+1=46 \quad n=2 \quad C_2H_5OH$$

Ответ:  $CH_3COOC_2H_5$



# Определение формул веществ по массовым долям атомов, входящих в его состав. (Задания для самостоятельного решения)

- Найти молекулярную формулу газообразного вещества, содержащего 93,75% углерода и 6,25% водорода, если плотность этого вещества по воздуху равна 4,41.
- Выведите формулу вещества, содержащего 81,8% углерода и 18,2 % водорода, если относительная плотность по водороду равна 22.
- Определите молекулярную формулу углеводорода, если массовая доля углерода равна 85,75, а водорода –14,3%. Относительная плотность этого вещества по азоту примерно равна 2.



## Определение формул веществ по продуктам сгорания. (Задания для самостоятельного решения)

- При полном сгорании углеводорода образовалось 27 г воды и 33,6 л  $\text{CO}_2$  (н.у.). Относительная плотность углеводорода по аргону равна 1,05. Установите его молекулярную формулу
- В результате сжигания 1,74 г органического соединения получено 5,58 г смеси  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$ . Количества веществ  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$  в этой смеси оказались равными. Определите молекулярную формулу органического соединения, если относительная плотность его по кислороду равна 1,81.
- При сгорании 0,90 г газообразного органического вещества выделилось 0,896 л (н.у.) углекислого газа, 1,26 г воды и 0,224 л азота. Плотность газообразного вещества по азоту 1,607. Установите молекулярную формулу органического вещества.



## Определение формул веществ по химическим свойствам (Задания для самостоятельного решения)

- Сложный эфир массой 30 г подвергнут щелочному гидролизу. При этом получено 34 г натриевой соли предельной одноосновной кислоты и 16 г спирта. Установите молекулярную формулу этого эфира.
- Установите молекулярную формулу алкена, образовавшегося в результате взаимодействия спиртового раствора щёлочи с соответствующим монобромалканом, относительная плотность которого по воздуху равна 4,24.
- Установите молекулярную формулу алкена, если известно, что 0,5 г его способны присоединить 200 мл (н.у.) водорода.

