

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ УЛЬЯНОВСКОЙ ОБЛАСТИ  
УЛЬЯНОВСКИЙ ИНСТИТУТ ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ И  
ПЕРЕПОДГОТОВКИ РАБОТНИКОВ ОБРАЗОВАНИЯ**

***ГОТОВИМСЯ К ЕГЭ ПО ХИМИИ***

**АХМЕТОВ М.А.**

**ЗАДАЧИ НА ВЫВОД ФОРМУЛЫ ВЕЩЕСТВА:  
САМОУЧИТЕЛЬ**

**УЛЬЯНОВСК 2010**

**Ахметов, М.А.** Задачи на вывод формулы вещества: самоучитель (Серия: готовимся к ЕГЭ по химии) [Текст]/ М.А.Ахметов. – Ульяновск: УИПКПРО, 2010. – 28 с.

Учебное пособие предназначено для обучения. Практика показывает, что многие учащиеся затрудняются в решении задач на вывод формулы вещества. Проблема состоит в том, что существует множество типов таких задач, каждый из которых имеет свой подход в решении. Цель пособия – помочь учащимся научиться решать задачи на вывод формулы вещества.

©Ахметов М.А.

Печатается по решению редакционно-издательского совета ИПКПРО

## Содержание

Пояснительная записка	4
1. По массовым долям химических элементов для бинарных веществ	4
2. По массовым долям для бинарных веществ: усложнённые	5
3. По массам химических элементов для бинарных соединений	6
4. По массам химических элементов для бинарных соединений с неизвестным химическим элементом	7
5. По относительной плотности для газов	9
6. По массе определённого объёма (плотности) газов	9
7. По массовой доле химического элемента известного класса органических веществ	11
8. По массовой доле химического элемента известного класса органических веществ: усложнённые	12
9. По массовым долям химических элементов для веществ неизвестных классов, состоящих из трёх и более химических элементов	13
10. По массовым долям химических элементов для веществ неизвестных классов, состоящих из трёх химических элементов, один из которых неизвестен	15
11. По уравнению химической реакции	16
12. По уравнению химической реакции: усложнённые	17
13. По продуктам сгорания веществ, не содержащих кислорода	18
14. По продуктам сгорания веществ, содержащих кислород	19
15. По массовым долям химических элементов, относительной плотности газа и уравнению химической реакции	21
16. По уравнению химической реакции на закон сохранения массы	22
17. По уравнениям двух химических реакций	23
18. По уравнениям химических реакций при избытке одного из реагентов	24
19. По продуктам сгорания при избытке кислорода	25
20. По уравнению химической реакции при изменении давления или объёма газовой смеси	27
ОТВЕТЫ:	28

## Пояснительная записка

*Я всегда готов учиться,  
но мне не всегда нравится,  
когда меня учат*  
У. Черчилль

Пособие предполагает самостоятельную работу учащихся и построено следующим образом. По каждому из выделенных типов задач, сначала дается пример такой задачи и рассматривается один или несколько методов её решения. Сначала необходимо разобрать один или несколько вариантов решения задачи и выбрать для себя наиболее понятный. Затем следует решить три аналогичных задачи, сверив полученные формулы с ответами. Типы и примеры задач расположены в порядке возрастающей трудности, что позволяет постепенно пошагово развивать умение учащихся к решению расчётных задач на вывод формулы вещества.

### 1. ПО МАССОВЫМ ДОЛЯМ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ ДЛЯ БИНАРНЫХ ВЕЩЕСТВ

**ПРИМЕР 1.** *Выведите формулу оксида серы, в котором массовая доля серы составляет 40%.*

Решение 1-А:

Классическим способом решения этой задачи является следующий.

Делают предположение, что имеется 100 г оксида. Следовательно, масса серы составит 40 г, а масса кислорода 60 г.

Рассчитаем количество серы и количество кислорода по формуле

$$n(S) = \frac{m}{M} = \frac{40\text{г}}{32\text{г/моль}} = 1,25\text{моль}$$

$$n(O) = \frac{m}{M} = \frac{60\text{г}}{16\text{г/моль}} = 3,75\text{моль}$$

Таким образом, соотношение между количеством серы и кислорода равно 1,25:3,75 или 1:3. Следовательно, формула вещества  $\text{SO}_3$ .

## Решение 1-Б

Составим таблицу

химический элемент	W(%)	m
S	40	
O	60	

Предположим, что в состав соединения входит один атом серы, тогда его масса будет равна 32

химический элемент	W(%)	m
S	40	32
O	60	

Рассчитаем, массу кислорода, пользуясь свойством пропорции  $\frac{40}{60} = \frac{32}{x}$   
 $x=48$ .

химический элемент	W(%)	m
S	40	32
O	60	48

Следовательно, молекула содержит три атома кислорода  $48:16=3$  и один атом серы. Значит формула вещества  $SO_3$ .

### 1. Задачи для самостоятельного решения.

1.1. Выведите формулу оксида марганца, в котором массовая доля марганца составляет 63,22%.

1.2. Рассчитайте формулу хлорида железа, в котором массовая доля железа равна 34,46%.

1.3. Определите формулу углеводорода, если массовая доля водорода в нём составляет 25%.

### 2. ПО МАССОВЫМ ДОЛЯМ ДЛЯ БИНАРНЫХ ВЕЩЕСТВ: УСЛОЖНЁННЫЕ

**ПРИМЕР 2.** Выведите формулу оксида железа, в котором массовая доля железа составляет 70%

Решение 2-А. Предположим, что масса вещества составляет 100 г. Тогда масса железа 70 г, а масса кислорода 30 г.

Рассчитаем количество железа и количество кислорода.

$$n(\text{Fe}) = \frac{70\text{г}}{56\text{г/моль}} = 1,25 \text{ моль}$$

$$n(\text{O}) = \frac{30\text{г}}{16\text{г/моль}} = 1,875 \text{ моль}$$

Приведём полученное соотношение 1,25:1,875 к целым числам. Получим 2:3. Следовательно, формула искомого оксида  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ .

Решение 2-Б. Заполним таблицу

химический элемент	W(%)	m
Fe	70	
O	30	

Предположим, что в составе структурной единицы вещества имеется один атом железа, значит, его масса равна 56. Поставим полученное значение в таблицу. Рассчитаем массу, которая приходится на кислород.

химический элемент	W(%)	m
Fe	70	56
O	30	24

Полученное значение 24 г, означает, на 1 атом железа приходится  $\frac{24}{16} = 1,5$  атома кислорода, значит на 2 атома железа будет приходиться 3 атома кислорода

химический элемент	W(%)	m	m
Fe	70	56	112
O	30	24	48

Следовательно, искомая формула оксида  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ .

## 2. Задачи для самостоятельного решения.

- 2.1. Определите формулу углеводорода, в котором массовая доля углерода составляет 80%.
- 2.2. Найдите формулу оксида азота, содержащего 25,93% азота по массе.
- 2.3. Выведите формулу оксида железа, в котором массовая доля железа составляет 72,41%.

## 3. ПО МАССАМ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ ДЛЯ БИНАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

**ПРИМЕР 3.** Количественный анализ показал, что в состав 8 г некоторого бинарного соединения входят 7 г азота и 1 г водорода. Выведите формулу вещества.

Решение 3-А. Найдем количество водорода и количество азота.

$$n(N) = \frac{m}{M} = \frac{7\text{г}}{14\text{г/моль}} = 0,5\text{моль}$$

$$n(H) = \frac{m}{M} = \frac{1\text{г}}{1\text{г/моль}} = 1\text{моль}$$

Расчеты показывают, что атомов водорода в составе вещества вдвое больше, чем атомов азота. Вещества с формулой  $\text{NH}_2$  нет, следовательно, формула вещества  $\text{N}_2\text{H}_4$ , это вещество гидразин.

Решение 3-Б.

Составим таблицу

химический элемент	m, г	m	m
N	7	14	28
H	1	2	4

Из таблицы следует, что формула вещества  $\text{N}_2\text{H}_4$ .

### 3. Задачи для самостоятельного решения.

3.1. В результате растворения дихромата калия в концентрированной серной кислоте образовались ярко-красные кристаллы неизвестного вещества. Анализ показал, что в состав 10 г вещества входят всего два химических элемента хром – 5,2 г и кислород – 4,8 г. Выведите формулу вещества

3.2. Неизвестный газ, объемом 4,48 л (н.у.) в течение длительного времени нагревали без доступа воздуха. В результате образовалась сажа массой 2,4 г и водород объемом 8,96 л (н.у.). Определите формулу неизвестного газа.

3.3. В результате реакции карбида магния с разбавленным раствором соляной кислоты выделился неизвестный газ. 10 г этого газа отобрали для проведения анализа. Оказалось, что в его составе 90% углерода и 10% водорода. Выведите формулу неизвестного газа

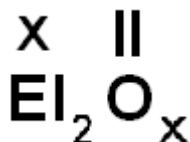
## 4. ПО МАССАМ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ ДЛЯ БИНАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ С НЕИЗВЕСТНЫМ ХИМИЧЕСКИМ ЭЛЕМЕНТОМ

**ПРИМЕР 4.** При сгорании неизвестного простого вещества массой 3 г

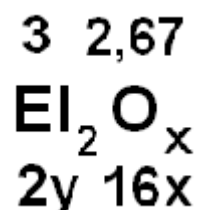
образовался оксид массой 5,67 г. Какое вещество сгорело?

Решение 4-А Определим массу кислорода, вступившего в реакцию 5,67-3=2,67 г.

Приняв валентность кислорода за 2 составим формулу оксида.



Приняв атомную массу элемента за у, получим.



Таким образом, получаем следующее выражение

$$\frac{3}{2y} = \frac{2,67}{16x}$$

Выразив атомную массу элемента через его валентность, получим  
 $y=9x$

При значении валентности элемента равным III ( $x=3$ ), получим значение атомной массы элемента, равное 27. Следовательно искомый элемент – алюминий.

Решение 4-Б. Воспользуемся законом эквивалентов, согласно которому вещества взаимодействуют между собой в их эквивалентных массах. Эквивалентная масса есть результат деления атомной массы вещества на его валентность. Следовательно, эквивалентная масса кислорода равна  $\frac{16}{2} = 8$ .

Зная, что 3 г элемента соединяется с 2,67 г кислорода,

$$\frac{3}{x} = \frac{2,67}{8}$$

получаем значение эквивалентной массы, равное 9 ( $x=9$ ). Значение атомной массы получаем как результат умножения эквивалентной массы на валентность. При валентности равной III, получаем значение эквивалентной массы равной 27 г/моль. Значит искомый элемент – алюминий.

#### 4. Задачи для самостоятельного решения.

4.1. 13 г порошка неизвестного металла образуют 19,4 г сульфида.

Определите формулу сульфида.

4.2. Неизвестный металл, массой 6 г сгорел ярким пламенем в кислороде. Масса образовавшегося вещества оказалась равной 10 г. Какой металл



сгорел?

4.3. При разложении 18,8 г бромида неизвестного металла образовалась 10,8 г металла. Какой это металл?

## 5. ПО ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ПЛОТНОСТИ ДЛЯ ГАЗОВ

**Пример 5:** Найдите формулу алкана, плотность паров которого по воздуху равна 1,517.

Решение 5-А. Помня, что средняя молекулярная масса воздуха равна 29, рассчитаем молекулярную массу алкана, воспользовавшись формулой

$$D = \frac{M_{\text{алк}}}{M_{\text{возд}}}$$

Откуда  $M_{\text{алк}} = 29 \cdot 1,517 = 44$  г/моль.

Так как первый член гомологического ряда метан имеет молекулярную массу 16, а этан – 30, значит это третий член гомологического ряда – пропан с массой 44 г/моль. Следовательно, это пропан с формулой  $C_3H_8$ .

Решение 5-Б. Можно расчет выполнить следующим образом. Вспомнив формулу гомологического ряда алканов ( $C_nH_{2n+2}$ ), найдем значение молекулярной массы в общем виде и приравняем к рассчитанному значению молекулярной массы  $12n+2n+2=44$ . Решив уравнение, получим  $n=3$ . Следовательно, формула заданного углеводорода  $C_3H_8$ .

### 5. Задачи для самостоятельного решения.

5.1. Некоторый углеводород, относящийся к гомологическому ряду алкинов, имеет плотность паров по водороду, равную 20. Выведите формулу углеводорода.

5.2. Установите молекулярную формулу вторичного амина, если его плотность по воздуху равна 1,552.

5.3. Плотность паров некоторого предельного одноатомного спирта по парам метанола равна 2,312. Выведите формулу спирта. Запишите структурные формулы всех его изомеров.

## 6. ПО МАССЕ ОПРЕДЕЛЁННОГО ОБЪЁМА (ПЛОТНОСТИ) ГАЗОВ

**Пример 6.** *Определите формулу неизвестного углеводорода, пары которого при нормальных условиях имеют плотность 2,5 г/л.*

Решение 6-А. Плотность показывает, что масса 1 л неизвестного газа составляет 2,5 г. Таким образом, масса 22,4 л (1 моль) будет равна  $2,5 \cdot 22,4 = 56$  г. Масса одного моля и есть молярная масса, она же численно равна значению молекулярной массы.

Можно вспомнить значение молекулярных масс предельных углеводородов 16, 30, 44, 58. Значение найденной нами молекулярной массы равно 56, то есть на 2 единицы меньше. Следовательно, это непредельный углеводород -  $C_4H_8$ .

Решение 6-Б. Для учащихся, склонных к рациональному мышлению, можно предложить алгебраический способ решения этой задачи. Для этого нужно обозначить формулу углеводорода  $C_xH_y$ . Далее найти массу этого углеводорода в общем виде  $12x + y = 56$ . Необходимо выразить число атомов углерода через количество атомов водорода  $y = 56 - 12x$ . При значении  $x = 4$ ,  $y = 8$ . Следовательно, формула углеводорода  $C_4H_8$ .

## **6. Задачи для самостоятельного решения.**

6.1. Компания Philip Laurence (Германия) является крупнейшим производителем газа для зажигалок. Газом массой 2,5 г, являющегося топливом для газовых зажигалок, занял объём 0,966 л (н.у). Определите формулу неизвестного газа, если он относится к классу углеводородов.

6.2. Производитель холодильного оборудования «Electrolux» в качестве хладагента использует углеводород, циклического строения, имеющий плотность по метану 4,375. Определите молекулярную формулу этого углеводорода.

6.3. Масса неизвестного объема воздуха равна 0,123 г, а масса такого же объема газообразного алкана – 0,246 г (при одинаковых условиях). Определить формулу алкана.

## 7. ПО МАССОВОЙ ДОЛЕ ХИМИЧЕСКОГО ЭЛЕМЕНТА ИЗВЕСТНОГО КЛАССА ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ

**Пример 7:** Выведите формулу предельной одноосновной карбоновой кислоты, массовая доля кислорода в которой 43,24%

Решение 7-А. Запишем общую формулу гомологического ряда предельных одноосновных карбоновых кислот  $C_nH_{2n}O_2$ . Так как в молекуле 2 атома кислорода, то их масса равна 32.

Далее возможны два варианта решения по формуле и методом пропорции

Начнем рассмотрение с метода пропорции

32 – это 43,24%

M ----- 100%

Таким образом,

$$M = \frac{32 \cdot 100}{43,24} = 74$$

Из найденной молекулярной массы очевидно, что это третий член гомологического ряда – пропановая кислота.

Формулу можно рассчитать, выразив массу карбоновой кислоты в общем виде  $12n+2n+32=74$ , откуда  $n=3$ .

Решение 7-Б. Рассчитаем молекулярную массу искомой кислоты по формуле:

$$w = \frac{m_{\text{ч}}}{m_{\text{об}}}$$

При расчёте примем во внимание, что в состав кислоты входит 2 атома кислорода, с общей массой  $2 \cdot 16 = 32$ .

$$m_{\text{об}} = \frac{32}{0,4324} = 74$$

Запишем формулу простейшей карбоновой кислоты  $HC(=O)OH$ . Это муравьиная кислота, её молекулярная масса равна 46. Следовательно, молекулярная масса любого её гомолога, отличающегося от муравьиной кислоты на  $n$  атомов углерода равна  $46+14n$ . Приравняем полученное выражение к найденному значению молекулярной массы получим,  $46+14n=74$

Решение простого уравнения даст значение  $n=2$ . Следовательно, в состав кислоты входит 3 атома углерода и её формула  $C_3H_6O_2$

### 7. Задачи для самостоятельного решения.

7.1. Установите молекулярную формулу предельного третичного амина, содержащего 23,73% азота по массе.

7.2. Установите молекулярную формулу дибромалкана, содержащего 85,11 % брома.

7.3. Диамин содержит 40% углерода, 46,7% азота по массе, остальное приходится на долю водорода. Установите молекулярную формулу вещества.

## 8. ПО МАССОВОЙ ДОЛЕ ХИМИЧЕСКОГО ЭЛЕМЕНТА ИЗВЕСТНОГО КЛАССА ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ: УСЛОЖНЁННЫЕ

**Пример 8:** *Определить формулу алкана, массовая доля водорода в котором составляет 20%.*

Решение 8-А Запишем общую формулу алканов  $C_nH_{2n+2}$ . Составим пропорцию

$2n+2$  составляют 20%

$12n$  ----- 80%

$$\frac{2n + 2}{12n} = \frac{20}{80}$$

Решение уравнения даст значения  $n=2$ . Следовательно, формула алкана  $C_2H_6$

Решение 8-Б. Запишем формулу простейшего алкана  $CH_4$ . Запишем выражение молекулярной массы для любого члена гомологического ряда  $16+14n$ . Выразим массовую долю водорода

$$\frac{4 + 2n}{16 + 14n} = 0,2$$

Откуда  $n=1$ . Следовательно, искомым углеводород – это этан  $C_2H_6$ .

### 8. Задачи для самостоятельного решения.

8.1. Массовая доля водорода в предельном трёхатомном спирте составляет

10%. Выведите формулу спирта.

8.2. Выведите формулу гомолога бензола, если известно, что массовая доля углерода в нём составляет 90,57%.

8.3. Выведите формулу предельной дикарбоновой кислоты, массовая доля водорода в которой составляет 3,85%.

## 9. ПО МАССОВЫМ ДОЛЯМ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ ДЛЯ ВЕЩЕСТВ НЕИЗВЕСТНЫХ КЛАССОВ, СОСТОЯЩИХ ИЗ ТРЁХ И БОЛЕЕ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ

**Пример 9.** *Некоторое неорганическое соединение содержит 43,75% азота, 6,25% водорода и 50% кислорода. Установите возможную химическую формулу этого соединения и назовите его.*

Решение 9-А. Примем массу вещества за 100 г. Тогда масса азота будет равна 43,75 г, водорода 6,25 г, кислорода – 50 г. Найдем количества каждого вещества.

$$n(N) = \frac{43,75}{14} = 3,125 \quad n(H) = \frac{6,25}{1} = 6,25 \quad n(O) = \frac{50}{16} = 3,125$$

Проведённые расчёты показывают, что эмпирическая формула вещества  $NH_2O$ . Но вещество с такой формулой учащимся неизвестно. Такое же соотношение атомов соответствует формуле  $NH_4NO_2$ .

Решение 9-Б:

Оформим решение в виде таблицы, подставив массовые доли химических элементов напротив их символов

Хим. элем.	W(%)			
N	43,75			
H	6,25			
O	50			
Σ	100			

Примем массу вещества за 100 г и заполним третий столбец таблицы

Хим. элем.	W(%)	m(г)		
N	43,75	43,75		
H	6,25	6,25		
O	50	50		
Σ	100	100		

Рассчитаем количество вещества каждого элемента

Хим. элем.	W(%)	m(г)	(моль)	
N	43,75	43,75	3,125	
H	6,25	6,25	6,25	
O	50	50	3,125	
Σ	100	100		

Результаты расчетов показывают, что число атомов азота в формуле равно числу атомов кислорода, а количество атомов водорода вдвое больше.

Хим. элем.	W(%)	m(г)	(моль)	n (моль)
N	43,75	43,75	3,125	1
H	6,25	6,25	6,25	2
O	50	50	3,125	1
Σ	100	100		

Этому условию удовлетворяет формула  $\text{NH}_4\text{NO}_2$  – нитрит аммония.

### 9. Задачи для самостоятельного решения.

9.1. Установите химическую формулу соли, если известно, что при нагревании ее с гидроксидом натрия образуются хлорид натрия, вода, а также газ, содержащий 38,71% углерода, 45,16% азота, 16,12% водорода.

9.2. Установите возможную формулу амина, если по результатам анализа массовая доля азота составляет 15,05%, углерода – 77,42%, водорода – 7,53%.

9.3. Установите формулу вещества, используемого в качестве разрыхлителя. Массовая доля натрия в нём составляет 27,38%, массовая доля кислорода 57,14%, массовая доля углерода 14,29%. Остальное приходится на водород.

**10. ПО МАССОВЫМ ДОЛЯМ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ ДЛЯ  
ВЕЩЕСТВ, СОСТОЯЩИХ ИЗ ТРЁХ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ,  
ОДИН ИЗ КОТОРЫХ НЕИЗВЕСТЕН**

**Пример 10.** *Определите формулу неизвестного вещества, содержащего 27% натрия, 56,5% кислорода и некоторый элемент.*

Решение 10.1: Оформим решение в виде таблицы, подсчитав массовую долю неизвестного элемента.

Хим. элем.	W(%)	
Na	27	
El	16,5	
O	56,5	
	100	

Предположим, что в формульной единице один атом натрия, подставим его атомную массу.

Хим. элем.	W(%)	
Na	27	23
El	16,5	
O	56,5	
	100	

Найдем массу, приходящуюся на кислород, используя свойства пропорции

$$m_{O_2} = \frac{56,5 \cdot 23}{27} = 48$$

и неизвестный элемент

$$m_{El} = \frac{16,5 \cdot 23}{27} = 14$$

Подставим полученные значения в таблицу.

Хим. элем.	W(%)	
Na	27	23
El	16,5	14
O	56,5	48

	100	
--	-----	--

Очевидно, что в составе формульной единицы 3 атома кислорода, а неизвестный элемент – азот. Следовательно, предполагаемая формула вещества  $\text{NaNO}_3$

### 10. Задачи для самостоятельного решения.

- 10.1. Установите формулу неорганического соединения, содержащего 53,3% кислорода, 26,7% серы и 20% некоторого элемента.
- 10.2. Установите формулу неорганического соединения, содержащего 36,51% натрия, 38,09% кислорода и 25,40% некоторого элемента.
- 10.3. Тяжелая органическая негорючая жидкость содержит 10,04% углерода, 0,84% водорода и некоторый элемент. Что это за вещество?

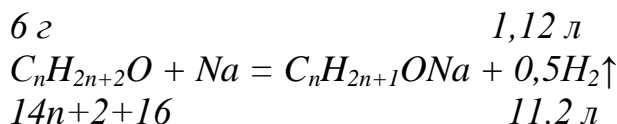
## 11. ПО УРАВНЕНИЮ ХИМИЧЕСКОЙ РЕАКЦИИ

**Пример 11.** *Определите формулу предельного одноатомного спирта, если известно, что в реакции 6 г спирта с избытком натрия выделилось 1,12 л водорода.*

Решение 11-А: Составим уравнение реакции



Над уравнением реакции напишем данные согласно условию, а под уравнением – согласно уравнению.



Составим пропорцию

$$\frac{6}{14n + 18} = \frac{1,12}{11,2}$$

Решение уравнения даст значение  $n=3$ .

Решение 11-Б. Составим уравнение реакции

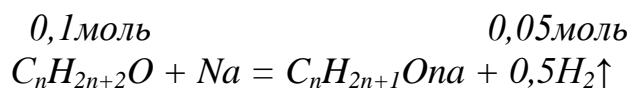


Найдем количество вещества водорода

$$n_{H_2} = \frac{V}{V_m} = \frac{1,12}{22,4} = 0,05 \text{ моль}$$



Следовательно, количество спирта в 2 раза больше



Рассчитаем теперь молярную массу спирта.

$$M = \frac{m}{n} = \frac{6}{0,1} = 60 \text{ г/моль}$$

Вычислим массу спирта в общем виде  $12n+2n+18=60$

Откуда  $n=3$ .

$$M(C_n H_{2n+2} O) = 14n + 18 = 60 \quad n=3.$$

Следовательно, формула спирта равна  $C_3H_7OH$

### 11. Задачи для самостоятельного решения

- 11.1. При взаимодействии 0,672 л алкена (н.у.) с хлором образуется 3,39 г его дихлорпроизводного. Определите молекулярную формулу алкена.
- 11.2. При взаимодействии 1,74 г алкана с бромом образовалось 4,11 г монобромпроизводного. Определите молекулярную формулу алкана.
- 11.3. При взаимодействии 11,6 г предельного альдегида с избытком гидроксида меди (II) при нагревании образовался осадок массой 28,8 г. Выведите молекулярную формулу альдегида.

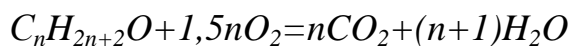
## 12. ПО УРАВНЕНИЮ ХИМИЧЕСКОЙ РЕАКЦИИ: УСЛОЖНЁННЫЕ

**Пример 12.** На сжигание 3,2 г спирта было израсходовано 3,36 л кислорода.

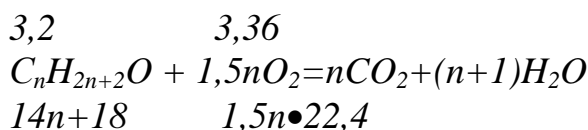
Определите формулу спирта.

Решение 12-А:

Составим уравнение реакции в общем виде.



Напишем над уравнением данные согласно уравнению химической реакции, а под уравнением данные, соответствующие уравнению.



Составим пропорцию

$$\frac{3,2}{14n + 18} = \frac{3,36}{1,5n \cdot 22,4}$$

Откуда  $n=1$

Следовательно, искомый спирт – метиловый.

## 12. Задачи для самостоятельного решения

- 12.1. На полное сжигание 1 л алкана было затрачено 2 л кислорода. Какой алкан сгорел?
- 12.2. На сжигание 0,124 л неизвестного углеводорода было затрачено 0,31 л кислорода. Выведите формулу углеводорода, если известно, что он относится к гомологическому ряду алкинов.
- 12.3. При сжигании предельной карбоновой кислоты массой 30 г образовалось 22,4 л углекислого газа. Определите формулу карбоновой кислоты

## 13. ПО ПРОДУКТАМ СГОРАНИЯ ВЕЩЕСТВ, НЕ СОДЕРЖАЩИХ КИСЛОРОДА

**Пример 13.** При сгорании газообразного органического вещества, не содержащего кислород, выделилось 2,24 л (н. у.) углекислого газа, 1,8 г воды и 3,65 г хлороводорода. Установите молекулярную формулу сгоревшего вещества

Решение 13-А: Оформим исходные данные в виде таблицы

формулы веществ	Исходные данные	$n = \frac{V}{V_{\text{н}}}$ $n = \frac{m}{M}$		
CO <sub>2</sub>	2,24 л			
H <sub>2</sub> O	1,8 г			
HCl	3,65 г			

Рассчитаем количество веществ по формулам.

формулы веществ	Исходные данные	$n = \frac{V}{V_{\text{н}}}$ $n = \frac{m}{M}$	n (эл)	

CO <sub>2</sub>	2,24 л	0,1 моль CO <sub>2</sub>		
H <sub>2</sub> O	1,8 г	0,1 моль H <sub>2</sub> O		
HCl	3,65 г	0,1 моль HCl		

Рассчитаем количество химических элементов, обращая внимание на то, что водород вошел как в состав воды, так и в состав хлороводорода, просуммировав рассчитанные количества.

формулы веществ	Исходные данные	$n = \frac{V}{V_m}$ $n = \frac{m}{M}$	п (эл)	соотн. элементов
CO <sub>2</sub>	2,24 л	0,1 моль CO <sub>2</sub>	0,1 моль С	С
H <sub>2</sub> O	1,8 г	0,1 моль H <sub>2</sub> O	0,2 моль Н	3Н
HCl	3,65 г	0,1 моль HCl	0,1 моль Н 0,1 моль Cl	Cl

Искомая формула CH<sub>3</sub>Cl

### Задачи для самостоятельного решения

13.1. При сгорании органического вещества, не содержащего кислорода, выделилось 8,96 л углекислого газа, 3,6 г воды и 14,6 г хлороводорода.

Установите формулу сгоревшего соединения.

13.2. При сгорании органического вещества, не содержащего кислорода, выделилось 2,24 л углекислого газа и 4 г фтороводорода. Установите формулу сгоревшего соединения.

13.3. При сгорании вторичного амина симметричного строения образовалось 44,8 мл углекислого газа, 5,6 мл азота (при н.у.) и 49,5 мг воды. Определите молекулярную формулу амина.

## 14. ПО ПРОДУКТАМ СГОРАНИЯ ВЕЩЕСТВ, СОДЕРЖАЩИХ КИСЛОРОД

**Пример 14.** При сжигании 6 г органического вещества образовалось 4,48 л (н.у) углекислого газа и 3,6 г воды. Найдите формулу вещества.

#### Решение 14-А.

Найдём количество углекислого газа  $n(\text{CO}_2) = \frac{V}{V_m} = \frac{4,48\text{л}}{22,4\text{л/моль}} = 0,2\text{моль}$

Так как в одной молекуле углекислого газа один атом углерода, то количество углерода тоже равно 0,2 моль. Масса углерода равна  $m(\text{C})=n \cdot M=0,2\text{ моль} \cdot 12\text{г/моль}=2,4\text{ г}$

Найдём количество воды  $n(\text{H}_2\text{O}) = \frac{m}{M} = \frac{3,6\text{г}}{18\text{г/моль}} = 0,2\text{ моль}$ . Так как в одной

молекуле воды два атома водорода, то количество водорода равно 0,4моль.

Масса водорода равна  $m(\text{H})=n \cdot M=0,4\text{моль} \cdot 1\text{г/моль}=0,4\text{ г}$

Рассчитаем суммарную массу водорода и углерода.  $2,4+0,4=2,8\text{ г}$ . Исходя из того, что масса вещества равна 6 г на кислород приходится  $6-2,8=3,2\text{ г}$ .

Найдём количество кислорода  $n(\text{O}) = \frac{m}{M} = \frac{3,2\text{г}}{16\text{г/моль}} = 0,2\text{моль}$

Полученные соотношения веществ  $n(\text{C}):n(\text{H}):n(\text{O})=0,2:0,4:0,2$ . Следовательно простейшая формула вещества  $\text{CH}_2\text{O}$ , то есть формальдегид. Такое же соотношение атомов имеют, например, уксусная кислота  $\text{CH}_3\text{COOH}$ , глюкоза  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ . Для того, чтобы определить молекулярную формулу необходимо знание молекулярной массы вещества.

#### **14. Задачи для самостоятельного решения**

14.1. 7,5 мг неизвестного газа сожгли в избытке кислорода, при этом образовалось 11 мг углекислого газа и 4,5 мг воды. Найдите формулу газа.

14.2. При сгорании неизвестного органического веществам массой 4,6 г в избытке кислорода образовалось 8,8 г углекислого газа и 5,4 г воды. Определите возможную формулу вещества, если известно, что оно является простым эфиром.

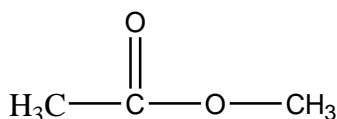
14. 3. При сжигании вещества, являющегося одноатомным спиртом, массой 18 г образовалось 39,6 г углекислого газа и 21,6 г воды. Установите формулу вещества.

## 15. ПО МАССОВЫМ ДОЛЯМ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ, ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ПЛОТНОСТИ ГАЗА И УРАВНЕНИЮ ХИМИЧЕСКОЙ РЕАКЦИИ

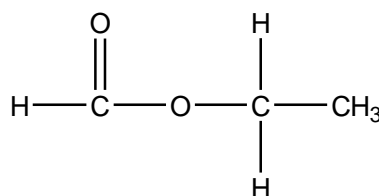
**Пример 15.** При взаимодействии одноатомного спирта содержащего 37,5% углерода, 12,5% водорода, с органической кислотой образуется вещество, плотность паров которого по водороду равна 37. Определите молекулярную формулу сложного эфира

Решение 15-А:

Найдем молекулярную массу сложного эфира  $37 \cdot 2 = 74$ . Так как молекулярные массы гомологического ряда сложных эфиров 60, 74, 88...., то в сложном эфире содержатся 3 атома углерода. Следовательно, в одноатомном спирте 1 или 2 атома углерода



А



В

В метиловом спирте половина массы приходится на кислород, так как суммарная массовая доля углерода и водорода равна 50% (37,5+12,5). Масса единственного атома кислорода в спирте равна 16, значит молекулярная масса равна 32 г/моль. Единственный спирт с такой молекулярной массой – это  $\text{CH}_3\text{OH}$  – метиловый спирт.

Следовательно, искомое вещество – метиловый эфир уксусной кислоты (формула А).

### 15. Задачи для самостоятельного решения

15.1. При взаимодействии одноосновной карбоновой кислоты, содержащей 40% углерода и 6,7% водорода, со спиртом образуется вещество, плотность паров которого по воздуху равна 2,55. Определите молекулярную формулу образующегося вещества

15.2. При взаимодействии одноатомного спирта, содержащего 52,17% углерода и 13,04% водорода, с органической кислотой образовалось вещество, плотность паров которого по водороду равна 51. Определите

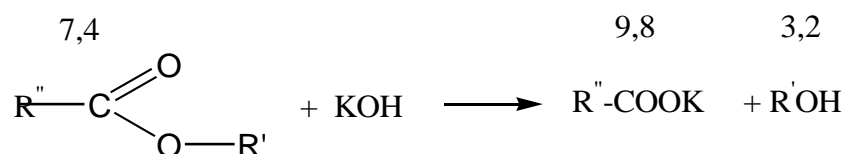
молекулярную формулу каждого из веществ, участвующих в реакции и дайте им названия.

15.3. В результате реакции одноатомного спирта, содержащего 37,5% углерода и 12,5% водорода с карбоновой кислотой образовался сложный эфир, плотность паров которого по воздуху равна 2,966. Определите формулы всех веществ и запишите уравнение реакции.

## 16. ПО УРАВНЕНИЮ ХИМИЧЕСКОЙ РЕАКЦИИ НА ЗАКОН СОХРАНЕНИЯ МАССЫ

**Пример 16 .** *Некоторый сложный эфир массой 7,4 г подвергнут щелочному гидролизу. При этом получено 9,8 г калиевой соли предельной одноосновной кислоты и 3,2 г спирта. Установите молекулярную формулу этого эфира.*

Решение 16-А. Запишем уравнение реакции в общем виде, поставив значения масс над соответствующими формулами



Пользуясь законом сохранения массы в химических реакциях, найдем массу гидроксида калия, составив следующее уравнение  $7,4+x=9,8+3,2$ . Откуда  $x=5,6$ . Рассчитаем количество гидроксида калия  $n(\text{KOH}) = \frac{5,6}{56} = 0,1$  моль. Значит других участников реакции и продуктов тоже по 0,1 моль. Что позволяет найти значения молекулярных масс и формулы веществ участвующих в реакции.

### 16. Задачи для самостоятельного решения

16.1. Сложный эфир массой 30 г подвергли щелочному гидролизу. При этом получилось 34 г натриевой соли предельной одноосновной карбоновой кислоты и 16 г спирта. Определите молекулярную формулу сложного эфира.

16.2. В результате реакции 7,2 г карбоновой кислоты с гидроксидом лития образовалось 7,8 г соли и 1,8 г воды. Выведите формулу карбоновой

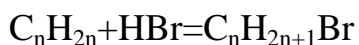
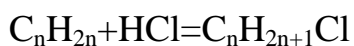
кислоты.

16.3. Некоторая одноосновная карбоновая кислота массой 6 требует для полной этерификации такой же массы спирта. При этом получается 10,2 г сложного эфира. Установите молекулярную формулу кислоты.

## 17. ПО УРАВНЕНИЯМ ДВУХ ХИМИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ

**Пример 17.** При взаимодействии одного и того же количества алкена с различными галогеноводородами образуется соответственно 7,85 г хлорпроизводного или 12,3 г бромпроизводного. Определите молекулярную формулу алкена.

Решение 17-А. Запишем уравнения реакций.



Найдём молярные массы галогеналканов в общем виде

$$M(C_nH_{2n+1}Cl) = 12n + 2n + 1 + 35,5 = 14n + 36,5$$

$$M(C_nH_{2n+1}Br) = 12n + 2n + 1 + 80 = 14n + 81$$

Так как в каждой из реакций участвовало одно и то же количество алкена, то количества образующихся галогенпроизводных равны между собой.

$$n = \frac{m}{M} = \frac{7,85}{14n + 36,5} = \frac{12,3}{14n + 81}$$

Решение полученного уравнения даст значение  $n=3$ . Следовательно искомая формула  $C_3H_6$ .

Решение 17-Б. В реакциях образовалась одинаковое количество галогенпроизводных  $C_nH_{2n+1}Cl$  и  $C_nH_{2n+1}Br$ . Общая часть в рассматриваемых формулах – это  $C_nH_{2n+1}$ . Найдём отличия в рассматриваемых формулах – это Cl или Br. Значит разница масс веществ, обусловлена разницей масс определённого количества брома и хлора. Рассчитаем, чему должна быть равна разница, если в реакцию вступит 1 моль вещества. Это разница между 1 молем атомов брома и хлора  $80 - 35,5 = 44,5$  г.

Найдём разницу в нашем случае  $12,3 - 7,85 = 4,45$  г.

Следовательно, в реакцию вступил  $\frac{4,45}{44,5} = 0,1$  моль алкена.

Таким образом, молекулярная масса бромалкана равна

$$M(C_n H_{2n+1} Br) = \frac{12,3\text{г}}{0,1\text{моль}} = 123 \text{ г/моль}$$

$$14n+2n+81=123, \text{ откуда } n=3,$$

### 17. Задачи для самостоятельного решения

17.1. Одно и то же количество алкена при взаимодействии с хлором образует 2,26 г дихлорпроизводного, а при взаимодействии с бромом 4,04 г дибромпроизводного. Определите состав алкена.

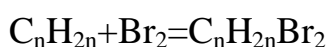
17.2. При обработке предельного одноатомного спирта натрием получено 2,24 л водорода (н.у), а при обработке такой же массы спирта получено 8,4 г алкена. Определите формулу спирта.

17.3. На нейтрализацию предельной одноосновной карбоновой кислоты было затрачено 40 г 10%-ного раствора гидроксида натрия. А при сгорании такой же массы кислоты образовалось 4,48 л (н.у.) углекислого газа. Определите формулу кислоты.

## 18. ПО УРАВНЕНИЯМ ХИМИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ ПРИ ИЗБЫТКЕ ОДНОГО ИЗ РЕАГЕНТОВ

**Пример 18.** 13,44 л смеси алкена с избытком водородом (н.у.) пропустили над нагретым платиновым катализатором. Объём смеси после реакции составил 7,84 л. При пропускании той же смеси через избыток бромной воды масса склянки увеличилась на 10,5 г. Найдите формулу алкена.

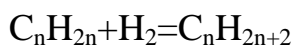
Решение 18-А. Алкен вступает в реакцию с бромной водой, превращаясь в нелетучий продукт, оставаясь в склянке.



Следовательно масса алкена равна 10,5 г.

Объём газовой смеси алкена с водородом уменьшился на  $13,44 - 7,84 \text{ л} = 5,6 \text{ л}$ .





Это объём вступившего в реакцию водорода, который равен объёму прореагировавшего алкена. Рассчитаем количество алкена.

$$n(C_nH_{2n}) = \frac{5,6 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = 0,25 \text{ моль}$$

Рассчитаем массу алкена

$$m(C_nH_{2n}) = \frac{10,5 \text{ г}}{0,25 \text{ мол}} = 42 \text{ г/моль}$$

Рассчитаем формулу алкена  $14n=42$ ,  $n=3$ . Следовательно искомым алкен –  $C_3H_6$ .

### **18. Задачи для самостоятельного решения**

18.1. 10 л смеси алкена с избытком водорода (н.у.) пропустили над нагретым платиновым катализатором. Объём смеси уменьшился до 7,2 л. При пропускании той же смеси через избыток бромной воды масса склянки увеличилась на 5,25 г. Определите молекулярную формулу алкена.

18.2. При действии натрия на 19,8 г смеси метанола и предельной одноосновной карбоновой кислоты выделилось 4,48 л водорода (н.у.). При действии на то же количество смеси раствором гидрокарбоната натрия выделилось 5,6 л углекислого газа (н.у.). Определите молекулярную формулу кислоты.

18.3. Смесь алкена с водородом общим объёмом 13,44 л (н.у.) пропустили при  $200^\circ\text{C}$  над платиновым катализатором. Реакция прошла с выходом 75% от теоретического, объём газовой смеси уменьшился до 10,08 л. При пропускании исходной смеси через склянку с бромной водой весь углеводород прореагировал и масса склянки увеличилась на 8,4 г. Определите формулу алкена.

### **19. ПО ПРОДУКТАМ СГОРАНИЯ ПРИ ИЗБЫТКЕ КИСЛОРОДА**

**Пример 19.** Смесь 3 мл газообразного углеводорода и 10 мл кислорода взорвали. После приведения условий к первоначальным и конденсации паров воды, объём смеси газов составил 8,5 мл. После пропускания полученной

смеси через избыток раствора щёлочи объём её уменьшился до 2,5 мл. Оставшийся газ поддерживает горение. Определите формулу углеводорода.

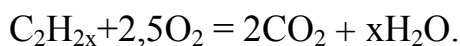
Решение 19-А. Оставшийся газ поддерживает горение, значит это кислород, и его объём 2,5 л. Щёлочью был поглощён углекислый газ, его объём

$$8,5-2,5=6\text{л.}$$

Сравним объём углекислого газа и объём углеводорода.  $6:3=2$ . Объём углекислого газа вдвое больше, значит углеводород содержит 2 атома углерода.

Рассчитаем объём затраченного на реакцию кислорода  $10 - 2,5=7,5\text{л}$

Составим уравнение реакции, включив в него вычисленные данные



Число атомов кислорода должно быть равным в обеих частях уравнения, что позволяет составить алгебраическое уравнение

$$2,5 \cdot 2 = 2 \cdot 2 + x$$

Следовательно,  $x=1$ , значит искомая формула  $\text{C}_2\text{H}_2$

### **19. Задачи для самостоятельного решения**

19.1. Смесь 2 мл газообразного углеводорода и 7 мл кислород взорвали. После приведения условий к первоначальным и конденсации паров воды объём смеси газов составил 6 мл. После пропускания полученной смеси через избыток раствора щёлочи объём её уменьшился до 2 мл. Оставшийся газ поддерживает горение. Определите формулу углеводорода.

19.2. Смесь 5 мл газообразного углеводорода с 12 мл кислорода взорвали. После приведения условий к первоначальным и конденсации паров воды, объём газовой смеси составил 7 мл. А после пропускания этой смеси через раствор щёлочи уменьшился до 2 мл, причём оставшийся газ поддерживал горение. Определите формулу углеводорода.

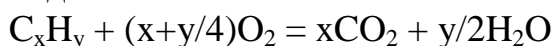
19.3. Смесь 1 мл предельного альдегида с 5 мл кислорода (все вещества в газообразном состоянии) взорвали. После приведения условий к

первоначальным и конденсации паров воды, объём составил 4 мл. А после пропускания полученной в результате реакции газовой смеси через избыток водного раствора щёлочи, объём составил 1 мл. Оставшийся газ поддерживает горение. Определите формулу альдегида.

## 20. ПО УРАВНЕНИЮ ХИМИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ ПРИ ИЗМЕНЕНИИ ДАВЛЕНИЯ ИЛИ ОБЪЁМА ГАЗОВОЙ СМЕСИ

**Пример 20.** В реактор ввели смесь газообразного углеводорода с кислородом. Причем количество кислорода вдвое превышает необходимое для полного сгорания углеводорода. После приведения реактора к исходной температуре, при которой все содержимое реактора находится в газовой фазе, обнаружили: увеличение давления по сравнению с исходным на 5%. Определите формулу углеводорода.

Решение 20-А. Запишем уравнение реакции горения углеводорода в общем виде:



Воспользовавшись уравнением реакции, проведем мысленный эксперимент. Пусть в реактор ввели 1 моль  $C_xH_y$ . тогда кислорода поместили  $2(x+y/4)$  моль. После реакции образовалось  $x$  моль  $CO_2$ ,  $y/2$  моль  $H_2O$  и осталось не прореагировавшим  $(x+y/4)$  моль  $O_2$ . Для удобства сведем все данные в виде таблицы под уравнением реакции.

$C_xH_y$	$+$	$(x+y/4)O_2$	$=$	$xCO_2$	$+$	$y/2H_2O$	Всего	
1		$2(x+y/4)$		0		0	$1+2(x+y/4)$	до реакции
0		$(x+y/4)$		x		$y/2$	$2x+3/4y$	после реакции

Согласно газовым законам

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{n_1}{n_2}$$

Приняв начальное давление за 1, получим выражение

$$\frac{1 + 2(x + \frac{y}{4})}{2x + 3/4y} = \frac{1}{1,05}$$

Упростив и выразив  $y$  через  $x$ , получим:

$$y = \frac{1,05 + 0,1x}{0,225}$$

При значении  $x=3$  получим значение  $y=6 \Rightarrow C_3H_6$ .

При значении  $x=12$  получим  $y=10 \Rightarrow C_{12}H_{10}$ .

## 20. Задачи для самостоятельного решения

20.1. В реактор ввели газообразную смесь неизвестного газообразного углеводорода с кислородом, в молярном соотношении 1:3. После того как углеводород полностью сгорел и реактор охладили до исходной температуры  $25^{\circ}C$  давление в реакторе снизилось в 1,6 раза. Определите углеводород.

20.2. В реактор ввели газообразную смесь неизвестного углеводорода с кислородом в соотношении 1:4. После того как углеводород полностью сгорел реактор охладили до исходной температуры  $25^{\circ}C$ . Давление упало в 2 раза. Какой углеводород сгорел, если известно, что он является предельным углеводородом.

20.3. В реактор ввели газообразную смесь неизвестного углеводорода с кислородом в соотношении 1:5. После полного сгорания углеводорода и конденсации паров воды, объём смеси при тех же условиях уменьшился на 33,3%. Определите возможную формулу сгоревшего углеводорода, зная, что он относится к классу алкенов

## ОТВЕТЫ

	1.	2.	3.
1.	$MnO_2$	$FeCl_3$	$CH_4$
2.	$C_2H_6$	$N_2O_5$	$Fe_3O_4$
3.	$CrO_3$	$CH_4$	$C_3H_4$
4.	$ZnS$	$Mg$	$Ag$
5.	$C_3H_4$	$CH_3NHCH_3$	$C_4H_9OH$
6.	$C_4H_{10}$	$C_5H_{10}$	$C_4H_{10}$
7.	$C_3H_9N$	$C_2H_4Br_2$	$H_2NCH_2CH_2NH_2$
8.	$C_5H_{12}O_3$	$C_8H_{10}$	$HOOCCH_2COOH$
9.	$CH_3NH_2$	$C_6H_5NH_2$	$NaHCO_3$
10.	$MgSO_4$	$Na_2SO_3$	$CHCl_3$
11.	$C_3H_6$	$C_4H_{10}$	$C_3H_6O$
12.	$CH_4$	$C_2H_2$	$C_2H_6O_2$
13.	$C_2H_4Cl_2$	$CH_2F_2$	$C_2H_5NHC_2H_5$
14.	$CH_2O$	$CH_3OCH_3$	$C_3H_7OH$
15.	$CH_3COOCH_3$	$C_2H_5COOC_2H_5$	$CH_2=CHCOOCH_3$
16.	$HCOOCH_3$	$CH_2=CHCOOH$	$CH_3COOC_3H_7$
17.	$C_3H_6$	$C_3H_6$	$CH_3COOH$
18.	$C_3H_6$	$C_4H_9COOH$	$C_3H_6$
19.	$C_2H_2$	$CH_4$	$C_3H_6O$
20.	$C_2H_2$	$C_2H_6$	$C_3H_6$