

## Предисловие

Данное пособие Г.Л. Маршановой хорошо известно школьникам, изучающим химию, школьным учителям химии, абитуриентам, преподавателям колледжей и вузов под названием «500 задач по химии + 200 задач».

Автор посчитала целесообразным сохранить в настоящем издании задачи, которые предлагались на вступительных экзаменах в разные вузы г. Москвы еще до введения экзамена по химии в формате ЕГЭ. Думается, что это оправданный шаг, ведь пособие многие годы используется учащимися и учителями как хороший тренажер при подготовке к разным этапам (начиная со школьного и межшкольного) Всероссийской олимпиады по химии. Кроме этого, задачи, представленные в данном сборнике, по содержанию и степени сложности вполне соответствуют расчетным задачам, предлагаемым на Едином государственном экзамене по химии и экзамене по химии в формате ОГЭ. Иными словами, школьный учитель без труда подберет для своих учеников соответствующее задание, формирующее и развивающее умения и навыки решения расчетных задач, как в качестве традиционного (в том числе и дифференцированного) домашнего задания, так и для факультативных и элективных курсов и подготовки к сдаче экзамена по химии в 9 и 11 классах.

Автор выражает признательность всем учителям и учащимся, высказавшим свои замечания и предложения, которые были учтены при подготовке данного издания.

## Памятка для учащегося

### Физические величины, используемые при решении задач

Наименование величин	Единицы измерения	Обозначение	Форма записи
Количество вещества	моль	$\nu$ (ню)*	$\nu(\text{H}_2\text{S}) = 1,6$ моль
Масса вещества	мг, г, кг	$m$	$m(\text{CaO}) = 60$ кг
Молярная масса	г/моль, кг/моль	$M$	$M(\text{CO}_2) = 44$ г/моль $M(\text{Ca}) = 0,04$ кг/моль
Молярный объем	л/моль, $\text{м}^3/\text{моль}$	$V_m$	$V_m = 22,4$ л/моль = $= 22,4 \cdot 10^{-3}$ $\text{м}^3/\text{моль}$
Объем вещества, раствора	л, $\text{м}^3$ , мл	$V$	$V(\text{H}_2) = 10$ л $V(\text{HCl}) = 0,2$ $\text{м}^3$
Плотность вещества, раствора	г/мл, г/ $\text{см}^3$ , кг/ $\text{м}^3$	$\rho$ (ро)	$\rho(\text{H}_2\text{O}) = 1$ г/мл $\rho(\text{KOH}) = 1062$ кг/ $\text{м}^3$
Относительная плотность	Безразмерная	$D$	$D_{\text{H}_2} = 22$
Относительная атомная масса	Безразмерная	$A_r$	$A_r(\text{Ca}) = 40$ $A_r(\text{C}) = 12$
Относительная молекулярная масса	Безразмерная	$M_r$	$M_r(\text{CaO}) = 56$ $M_r(\text{O}_2) = 32$
Массовая доля растворенного вещества, элемента в соединении	Безразмерная или в %	$\omega$ (омега)	$\omega(\text{KOH}) = 0,45$ $\omega(\text{C}) = 80\%$
Выход вещества	Безразмерная или в %	$\eta$ (эта)	$\eta(\text{NH}_3) = 25\%$
Объемная доля газа в смеси	Безразмерная или в %	$\varphi$ (фи)	$\varphi(\text{CH}_4) = 0,98$ или 98%

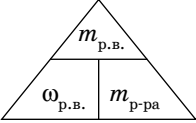
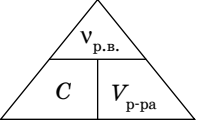
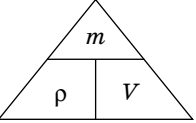
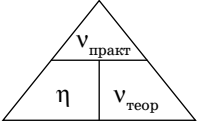
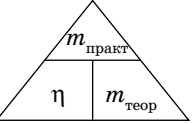
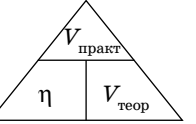
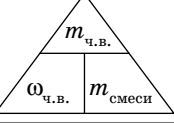

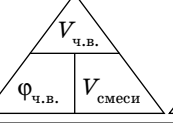

\* В системе СИ количество вещества обозначается латинской буквой  $n$  (эн). В школьной практике распространено обозначение греческой буквой  $\nu$  (ню).

### Физические константы, используемые при решении задач

Абсолютный нуль температуры $-273\text{ }^{\circ}\text{C}$	Постоянная Авогадро $6,02 \cdot 10^{23}$ моль $^{-1}$
Нормальная атмосфера 760 мм рт. ст., или 101 325 Па	Универсальная газовая постоянная $8,31$ Дж $\cdot$ моль $^{-1} \cdot$ К $^{-1}$ или $0,082$ л $\cdot$ атм $\cdot$ моль $^{-1} \cdot$ град $^{-1}$
Постоянная Фарадея $9,65 \cdot 10^4$ Кл $\cdot$ моль $^{-1}$	Стандартный молярный объем идеального газа при н. у. ( $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ , 1 атм) $22,4 \cdot 10^{-3}$ м $^3 \cdot$ моль $^{-1}$

### Общие формулы для решения задач по химии

Количество вещества. Молярная масса. Число Авогадро	
$M_r = \sum n \cdot A_r$ , где $n$ – число атомов в молекуле (индекс) $M$ численно равна $M_r$ $[M] = \text{г/моль}$ или $\text{кг/моль}$ $v$ – количество вещества $[v] = \text{моль}$ $\omega(\text{э}) = \frac{n \cdot A_r(\text{э})}{M_r} \cdot 100\%$	
$N$ – число структурных частиц $N_A = 6,02 \cdot 10^{23}$ моль $^{-1}$	
Газы: законы, правила, константы	
$V_m = 22,4$ л/моль = $0,0224$ м $^3$ /моль (н. у.) $M_r(\text{газа}) = M_r(\text{H}_2) \cdot D_{\text{H}_2} = 2 \cdot D_{\text{H}_2}$ $M_r(\text{газа}) = M_r(\text{возд.}) \cdot D(\text{возд.}) = 29 \cdot D(\text{возд.})$ $M(\text{газа}) = V_m \cdot \rho(\text{газа}) = 22,4$ л/моль $\cdot$ $\rho$ (г/л) (в расчете на н. у.) $D$ – относительная плотность газов $1 \text{ м}^3 = 1000$ л $1 \text{ л} = 1000$ мл	
<b>Правило объемных отношений газов</b> $\frac{V_1}{V_2} = \frac{v_1}{v_2}$	<b>Уравнение Менделеева – Клапейрона</b> $PV = \frac{m}{M}RT$
<b>Закон Бойля – Мариотта</b> $\frac{P}{P_1} = \frac{V_1}{V}$	<b>Закон Шарля</b> $\frac{P}{T} = \frac{P_1}{T_1}$

<p><b>Закон Гей-Люссака</b></p> $\frac{V}{T} = \frac{V_1}{T_1}$	<p><b>Объединенный газовый закон</b></p> $\frac{P_0 \cdot V_0}{T_0} = \frac{P \cdot V}{T}$
$R = 8,31 \text{ Дж} / (\text{моль} \cdot \text{К}) = 0,082 \text{ л} \cdot \text{атм} / (\text{моль} \cdot \text{К})$	
<b>Растворы</b>	
<p><math>\rho(\text{H}_2\text{O}) = 1000 \text{ кг/м}^3 = 1 \text{ г/мл} = 1 \text{ г/см}^3</math>  <math>C</math> – молярная концентрация  <math>[C] = \text{моль/л}</math>  <math>v</math> – количество вещества  <math>[v] = \text{моль}</math></p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  </div> <div style="text-align: center;">  </div> <div style="text-align: center;">  </div> </div>	
<b>Разбавление</b>	<b>Упаривание</b>
<p><math>m_{\text{р.в.}} = \text{const}</math>  <math>m_{\text{р-ра}(2)} = m_{\text{р-ра}(1)} + m(\text{H}_2\text{O})_{\text{добавл.}}</math>  <math>\omega_{\text{р.в.}} \downarrow</math></p>	<p><math>m_{\text{р.в.}} = \text{const}</math>  <math>m_{\text{р-ра}(2)} = m_{\text{р-ра}(1)} - m(\text{H}_2\text{O})_{\text{выпар.}}</math>  <math>\omega_{\text{р.в.}} \uparrow</math></p>
<b>Выход продукта реакции</b>	
$\eta = 100\% - \% \text{ потерь} = 1 - \text{доля потерь}$	
<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  </div> <div style="text-align: center;">  </div> <div style="text-align: center;">  </div> </div>	
<b>Смеси и примеси</b>	
$\omega_{\text{ч.в.}} = 100\% - \% \text{ примесей} = 1 - \text{доля примесей}$	
$\phi_{\text{ч.в.}} = 100\% - \% \text{ примесей} = 1 - \text{доля примесей}$	
<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  </div> <div style="text-align: center;">  </div> <div style="text-align: center;">  </div> <div style="text-align: center;">  </div> </div>	

# РЕШЕНИЕ ТИПОВЫХ ЗАДАЧ

## I. Вычисления по химическим формулам

*Химическая формула* – это условная запись состава вещества посредством химических знаков и индексов.

**Задача № 1.** Вычислите относительную молекулярную массу метана  $\text{CH}_4$  и отношение масс (массовое отношение) элементов в этом веществе.

Дано:	Решение:
$\text{CH}_4$	1) $M_r(\text{CH}_4) = A_r(\text{C}) + 4 \cdot A_r(\text{H})$ .
$M_r(\text{CH}_4) = ?$	$M_r(\text{CH}_4) = 12 + 4 \cdot 1 = 12 + 4 = 16$ .
$m(\text{C}) : m(\text{H}) = ?$	2) $m(\text{C}) : m(\text{H}) = A_r(\text{C}) : 4 \cdot A_r(\text{H})$ ; $m(\text{C}) : m(\text{H}) = 12 : 4$ ; $m(\text{C}) : m(\text{H}) = 3 : 1$ .

Ответ:  $M_r(\text{CH}_4) = 16$ ;  $m(\text{C}) : m(\text{H}) = 3 : 1$ .

**Задача № 2.** Вычислите массовые доли (в %) элементов в глюкозе  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ .

Дано:	Решение:
$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$	Для вычисления массовой доли химического элемента в сложном веществе применим формулу
$\omega(\text{C}) = ?$	$\omega(\text{э}) = \frac{n \cdot A_r(\text{э})}{M_r} \cdot 100\%$ , где $n$ – число атомов элемента в молекуле (индекс).
$\omega(\text{H}) = ?$	
$\omega(\text{O}) = ?$	

1) Вычислим относительную молекулярную массу глюкозы:

$$M_r(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = 6 \cdot A_r(\text{C}) + 12 \cdot A_r(\text{H}) + 6 \cdot A_r(\text{O});$$

$$M_r(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = 6 \cdot 12 + 12 \cdot 1 + 6 \cdot 16 = 72 + 12 + 96 = 180.$$

2) Вычислим массовые доли углерода, водорода и кислорода в глюкозе:

$$\omega(\text{C}) = \frac{6 \cdot 12}{180} = 0,4, \text{ или } 40,0\%;$$

$$\omega(\text{H}) = \frac{12 \cdot 1}{180} = 0,067, \text{ или } 6,7\%;$$

$$\omega(\text{O}) = \frac{6 \cdot 16}{180} = 0,533, \text{ или } 53,3\%.$$

О т в е т:  $\omega(\text{C}) = 40,0\%$ ,  $\omega(\text{H}) = 6,7\%$ ,  $\omega(\text{O}) = 53,3\%$ .

**Задача № 3.** Вычислите, какая масса углерода содержится в образце этана  $\text{C}_2\text{H}_6$  массой 90 г.

Д а н о:

$$m(\text{C}_2\text{H}_6) = 90 \text{ г}$$

$$m(\text{C}) = ?$$

Р е ш е н и е:

$$1) M_r(\text{C}_2\text{H}_6) = 2 \cdot A_r(\text{C}) + 6 \cdot A_r(\text{H});$$

$$M_r(\text{C}_2\text{H}_6) = 2 \cdot 12 + 6 \cdot 1 = 30.$$

Известно, что числовые значения относительной молекулярной и молярной масс равны. Следовательно,  $M(\text{C}_2\text{H}_6) = 30$  г/моль. Значит, в 30 г этана на долю углерода приходится 24 г, а на долю водорода – 6 г.

2) Если в 30 г этана содержится 24 г углерода, то тогда в 90 г этана содержится  $x$  г углерода. Составим пропорцию и решим ее:

$$\frac{30 \text{ г}}{24 \text{ г}} = \frac{90 \text{ г}}{x \text{ г}}, \text{ отсюда } x = 72; m(\text{C}) = 72 \text{ г.}$$

О т в е т:  $m(\text{C}) = 72 \text{ г.}$

**Задача № 4.** Вычислите, в какой массе оксида фосфора (III)  $\text{P}_2\text{O}_3$  содержится 6,2 г фосфора.

Д а н о:



$$m(\text{P}) = 6,2 \text{ г}$$

$$m(\text{P}_2\text{O}_3) = ?$$

Р е ш е н и е:

$$1) M_r(\text{P}_2\text{O}_3) = 2 \cdot A_r(\text{P}) + 3 \cdot A_r(\text{O});$$

$$M_r(\text{P}_2\text{O}_3) = 2 \cdot 31 + 3 \cdot 16 = 110.$$

Известно, что числовые значения относительной молекулярной и молярной масс равны.

Следовательно,  $M(\text{P}_2\text{O}_3) = 110$  г/моль. Значит, в 110 г оксида фосфора (III) на долю фосфора приходится 62 г, а на долю кислорода – 48 г.

2) Если в 110 г  $\text{P}_2\text{O}_3$  содержится 62 г фосфора, то тогда в  $x$  г  $\text{P}_2\text{O}_3$  содержится 6,2 г фосфора. Составим пропорцию и решим ее:

$$\frac{110 \text{ г}}{62 \text{ г}} = \frac{x \text{ г}}{6,2 \text{ г}}, \text{ отсюда } x = 11; m(\text{P}_2\text{O}_3) = 11 \text{ г.}$$

О т в е т:  $m(\text{P}_2\text{O}_3) = 11 \text{ г.}$

## II. Задачи на вывод химических формул

**Задача № 5.** Определите химическую формулу вещества, в состав которого входят 5 массовых частей кальция и 3 массовые части углерода.

Д а н о: $m(\text{Ca}) : m(\text{C}) = 5 : 3$ <hr style="width: 100%;"/> $\text{Ca}_x\text{C}_y$	Р е ш е н и е: Для установления химической формулы вещества необходимо определить значения индексов.
--	---

$\text{Ca}_x\text{C}_y$ , где  $x, y$  – индексы. Тогда  $m(\text{Ca}) = 40x$ ,  $m(\text{C}) = 12y$ , где 40 и 12 – относительные атомные массы кальция и углерода соответственно.

На основе закона постоянства состава вещества можем записать:

$$40x : 12y = 5 : 3,$$

$$\text{отсюда } x : y = \frac{5}{40} : \frac{3}{12};$$

$$x : y = 0,125 : 0,25;$$

$$x : y = 1 : 2;$$

$$x = 1, y = 2.$$

Следовательно, формула вещества  $\text{CaC}_2$ .

О т в е т:  $\text{CaC}_2$ .

**Задача № 6.** Определите молекулярную формулу вещества, если известно, что массовая доля углерода в нем равна 40,0% водорода – 6,67%, кислорода – 53,33%. Плотность паров этого вещества по углекислому газу равна 1,364.

Д а н о: $\omega(\text{C}) = 40,0\%$ $\omega(\text{H}) = 6,67\%$ $\omega(\text{O}) = 53,33\%$ $D_{\text{CO}_2} = 1,364$ <hr style="width: 100%;"/> $\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z$	Р е ш е н и е: 1) Для установления химической формулы вещества необходимо определить значения индексов. $\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z$ , где $x, y, z$ – индексы. Тогда $m(\text{C}) = 12x$ , $m(\text{H}) = 1y$ , $m(\text{O}) = 16z$ , где 12, 1, 16 – относительные атомные массы углерода, водорода и кислорода соответственно.
--	---

2) Установим простейшую формулу вещества и вычислим для нее относительную молекулярную массу.

На основе закона постоянства состава вещества можем записать:

$$12x : 1y : 16z = 40,0 : 6,67 : 53,33,$$

$$\text{отсюда } x : y : z = \frac{40,00}{12} : \frac{6,67}{1} : \frac{53,33}{16};$$

$$x : y : z = 3,33 : 6,67 : 3,33;$$

$$x : y : z = 1 : 2 : 1.$$

Следовательно, простейшая формула  $\text{CH}_2\text{O}$ .  
 $M_r(\text{CH}_2\text{O}) = 30$ .

3) Вычислим значение относительной молекулярной массы искомого вещества по формуле:

$$M_r(\text{истин.}) = M_r(\text{CO}_2) \cdot D_{\text{CO}_2};$$

$$M_r(\text{истин.}) = 44 \cdot 1,364 = 60.$$

4) Сравним значения относительных молекулярных масс – истинной и определенной, по простейшей формуле:

$$\frac{M_r(\text{истин.})}{M_r(\text{CH}_2\text{O})} = \frac{60}{30} = 2.$$

Значит, индексы в истинной формуле будут в 2 раза больше, чем в простейшей формуле, то есть  $x = 2$ ,  $y = 4$ ,  $z = 2$ . Следовательно, формула искомого вещества  $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$ .

О т в е т:  $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$ .

**Задача № 7.** При сгорании 10,5 г органического вещества получили 16,8 л углекислого газа (н. у.) и 13,5 г воды. Плотность этого вещества при н. у. равна 1,875 г/л. Определите молекулярную формулу вещества.

Д а н о:

$$m(\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z) = 10,5 \text{ г}$$

$$V(\text{CO}_2) = 16,8 \text{ л}$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 13,5 \text{ г}$$

$$\rho(\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z) = 1,875 \text{ г/л}$$



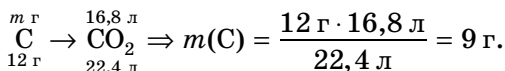
Р е ш е н и е:

Для установления химической формулы вещества необходимо определить значения индексов.

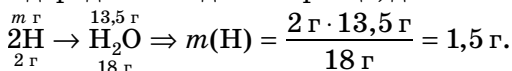
$\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z$ , где  $x$ ,  $y$ ,  $z$  – индексы. Тогда  $m(\text{C}) = 12x$ ,  $m(\text{H}) = 1y$ ,  $m(\text{O}) = 16z$ , где 12, 1, 16 – относительные атомные массы углерода, водорода и кислорода соответственно.

1) Образование углекислого газа при горении указывает на наличие в исходном веществе атомов углерода. Вычислим массу углерода в исходном образце, для чего составим схему:





2) Образование воды при горении указывает на наличие в исходном веществе атомов водорода. Вычислим массу водорода в исходном образце, для чего составим схему:



3) Определим, содержало ли сгоревшее вещество в своем составе кислород. Вычислим сумму масс углерода и водорода в исходном образце:

$$m(\text{C} + \text{H}) = 9 \text{ г} + 1,5 \text{ г} = 10,5 \text{ г}.$$

Как видим, полученный результат совпадает с массой исходного образца сгоревшего вещества. Следовательно, в составе вещества кислорода не было, сгорел углеводород ( $\text{C}_x\text{H}_y$ ).

4) Установим простейшую формулу углеводорода и вычислим для нее относительную молекулярную массу.

На основании закона постоянства состава можем записать:

$12x : 1y = 9 : 1,5$ , где 12 и 1 – относительные атомные массы углерода и водорода соответственно.

Отсюда  $x : y = 1 : 2$ .

Следовательно, простейшая формула  $\text{CH}_2$ ;  $M_r(\text{CH}_2) = 14$ .

5) Вычислим молярную массу искомого углеводорода по формуле:

$$M(\text{C}_x\text{H}_y) = V_m \cdot \rho;$$

$$M(\text{C}_x\text{H}_y) = 22,4 \text{ л/моль} \cdot 1,875 \text{ г/л} = 42 \text{ г/моль}.$$

6) Сравним значения относительных молекулярных масс – истинной и определенной, по простейшей формуле.

Как известно, числовые значения молярной и относительной молекулярной масс совпадают. Следовательно,  $M_r(\text{C}_x\text{H}_y) = 42$ .

$$\frac{M_r(\text{C}_x\text{H}_y)}{M_r(\text{CH}_2)} = \frac{42}{14} = 3.$$

Значит, индексы в истинной формуле будут в 3 раза больше, чем в простейшей формуле, то есть  $x = 3$ ,  $y = 6$ . Следовательно, формула вещества  $\text{C}_3\text{H}_6$ .

Ответ:  $\text{C}_3\text{H}_6$ .

**Задача № 8.** В органическом веществе массовые доли углерода и водорода соответственно равны 81,82% и 18,18%. Относительная плотность этого вещества по водороду равна 22. Определите молекулярную формулу неизвестного вещества.

Дано:

$$\omega(\text{C}) = 81,82\%,$$

или 0,8182

$$\omega(\text{H}) = 18,18\%,$$

или 0,1818

$$D_{\text{H}_2} = 22$$



Решение:

Для установления химической формулы вещества необходимо определить значения индексов.

1) Установим, содержало ли искомое вещество кислород. Найдем сумму массовых долей углерода и водорода: 81,82% + 18,18% = 100%. Следовательно, искомое вещество – углеводород.

$\text{C}_x\text{H}_y$  – где  $x$  и  $y$  – индексы.

2) Основываясь на общей формуле для расчета массовой доли химического элемента в сложном веществе

$$\omega(\text{э}) = \frac{n \cdot A_r(\text{э})}{M_r} \cdot 100\% \quad (\text{где } n \text{ – индекс}),$$

составим формулы

для расчета массовых долей углерода и водорода:

$$\omega(\text{C}) = \frac{x \cdot A_r(\text{C})}{M_r(\text{C}_x\text{H}_y)} \quad \text{и} \quad \omega(\text{H}) = \frac{y \cdot A_r(\text{H})}{M_r(\text{C}_x\text{H}_y)},$$

из которых выра-

зим  $x$  и  $y$ :

$$x = \frac{\omega(\text{C}) \cdot M_r(\text{C}_x\text{H}_y)}{A_r(\text{C})}; \quad (1)$$

$$y = \frac{\omega(\text{H}) \cdot M_r(\text{C}_x\text{H}_y)}{A_r(\text{H})}. \quad (2)$$

Зная относительную плотность искомого вещества по водороду, можем записать:

$$M_r(\text{C}_x\text{H}_y) = M_r(\text{H}_2) \cdot D_{\text{H}_2}. \quad (3)$$

Подставим формулу (3) в формулы (1) и (2). Получим:

$$x = \frac{\omega(\text{C}) \cdot M_r(\text{H}_2) \cdot D_{\text{H}_2}}{A_r(\text{C})}; \quad y = \frac{\omega(\text{H}) \cdot M_r(\text{H}_2) \cdot D_{\text{H}_2}}{A_r(\text{H})}.$$

Сделаем соответствующие расчеты и определим значения индексов:

$$x = \frac{0,8182 \cdot 2 \cdot 22}{12} = 3; \quad y = \frac{0,1818 \cdot 2 \cdot 22}{1} = 8.$$

Следовательно, формула вещества  $C_3H_8$ .

О т в е т:  $C_3H_8$ .

### III. Вычисления с использованием понятия «число Авогадро»

**Задача № 9.** Вычислите, сколько молекул содержится в 36 г воды. В каком объеме метана  $CH_4$  (н. у.) столько же молекул?

Д а н о:

$$m(H_2O) = 36 \text{ г}$$

$$N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$$

$$N(H_2O) = N(CH_4)$$

$$V_m = 22,4 \text{ л/моль}$$

$$N(H_2O) = ?$$

$$V(CH_4) = ?$$

Р е ш е н и е:

1) Вычислим количество молекул воды в 36 г, для чего воспользуемся формулами:

$$N = N_A \cdot \nu; \nu = \frac{m}{M} \Rightarrow N = N_A \cdot \frac{m}{M};$$

$$N(H_2O) = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1} \times$$

$$\times \frac{36 \text{ г}}{18 \text{ г/моль}} = 12,04 \cdot 10^{23} \text{ (моле-}$$

кул).

2) Вычислим искомый объем метана.

По условию задачи  $N(H_2O) = N(CH_4) = 12,04 \cdot 10^{23}$  молекул.

$$V = V_m \cdot \nu; \nu = \frac{N}{N_A} \Rightarrow V = V_m \cdot \frac{N}{N_A};$$

$$V(CH_4) = 22,4 \text{ л/моль} \cdot \frac{12,04 \cdot 10^{23}}{6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}} = 44,8 \text{ л.}$$

О т в е т:  $N(H_2O) = 12,04 \cdot 10^{23}$  молекул,  $V(CH_4) = 44,8 \text{ л.}$

**Задача № 10.** На одну чашку весов лаборант положил порцию меди, содержащую  $42,14 \cdot 10^{23}$  атомов. Какое количество вещества железа лаборант должен положить на другую чашку весов, чтобы весы были в состоянии равновесия?

Д а н о:

$$N(Cu) = 42,14 \cdot 10^{23} \text{ атомов}$$

$$N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$$

$$\nu(Fe) = ?$$

Р е ш е н и е:

Весы будут в состоянии равновесия, если  $m(Cu) = m(Fe)$ .

1) Вычислим массу исходного образца меди, используя формулы:

$$m = M \cdot \nu; \nu = \frac{N}{N_A} \Rightarrow m = M \cdot \frac{N}{N_A};$$

$$m(\text{Cu}) = 64 \text{ г/моль} \cdot \frac{42,14 \cdot 10^{23}}{6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}} = 448 \text{ г.}$$

2) Вычислим искомое количество вещества железа.

Исходя из условия задачи, можем записать:

$$m(\text{Fe}) = m(\text{Cu}) = 448 \text{ г.}$$

$$\nu = \frac{m}{M}, \nu(\text{Fe}) = \frac{448 \text{ г}}{56 \text{ г/моль}} = 8 \text{ моль.}$$

О т в е т:  $\nu(\text{Fe}) = 8 \text{ моль.}$

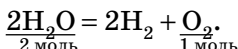
## IV. Вычисления по химическим уравнениям с использованием понятия «молярная масса»

*Химическое уравнение (уравнение химической реакции, УХР)* – это условная запись химической реакции посредством химических знаков, химических формул и коэффициентов.

**Задача № 11.** По уравнению реакции  $2\text{H}_2\text{O} = 2\text{H}_2 + \text{O}_2$  вычислите, какую массу кислорода можно получить при полном разложении воды массой 9 г.

<p>Д а н о:</p> <p>УХР</p> <p><math>m(\text{H}_2\text{O}) = 9 \text{ г}</math></p> <hr style="border: 0; border-top: 1px solid black; margin: 5px 0;"/> <p><math>m(\text{O}_2) = ?</math></p>	<p>Р е ш е н и е:</p> <p>Для вычисления массы кислорода воспользуемся формулой <math>m = M \cdot \nu</math>.</p> <p>Количество вещества кислорода можно вычислить по уравнению химической реакции через количество вещества воды.</p>
---	---

Запишем уравнение реакции, подчеркнем формулы интересующих нас веществ и определим их молярное отношение:



Из уравнения реакции следует, что молярное отношение кислорода и воды равно 1 : 2 (количество вещества кислорода в 2 раза меньше количества вещества воды), значит, можем записать:  $\nu(\text{O}_2) = 0,5\nu(\text{H}_2\text{O})$ .

Вычислим количество вещества воды по формуле

$$\nu = \frac{m}{M};$$

$$v(\text{H}_2\text{O}) = \frac{9 \text{ г}}{18 \text{ г/моль}} = 0,5 \text{ моль.}$$

Следовательно,  $v(\text{O}_2) = 0,5 \cdot 0,5 \text{ моль} = 0,25 \text{ моль}$ ;

$$m(\text{O}_2) = 32 \text{ г/моль} \cdot 0,25 \text{ моль} = 8 \text{ г.}$$

О т в е т:  $m(\text{O}_2) = 8 \text{ г.}$

## V. Вычисления по химическим уравнениям с использованием понятия «молярный объем»

**Задача № 12.** По уравнению реакции  $2\text{H}_2\text{O} = 2\text{H}_2 + \text{O}_2$  вычислите, какой объем (в пересчете на н. у.) кислорода можно получить при полном разложении воды массой 27 г.

Д а н о:

УХР

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 27 \text{ г}$$

$$V_m = 22,4 \text{ л/моль (н. у.)}$$

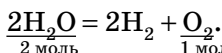
$$V(\text{O}_2) = ?$$

Р е ш е н и е:

Для вычисления объема кислорода воспользуемся формулой  $V = V_m \cdot v$ .

Количество вещества кислорода можно вычислить по уравнению химической реакции через количество вещества воды.

Запишем уравнение реакции, подчеркнем формулы интересующих нас веществ и определим их молярное отношение:



Из уравнения химической реакции следует, что молярное отношение воды и кислорода равно 2 : 1 (количество вещества кислорода в 2 раза меньше количества вещества воды), значит, можем записать:  $v(\text{O}_2) = 0,5v(\text{H}_2\text{O})$ .

Вычислим количество вещества воды по формуле  $v = \frac{m}{M}$ :

$$v(\text{H}_2\text{O}) = \frac{27 \text{ г}}{18 \text{ г/моль}} = 1,5 \text{ моль.}$$

Следовательно,  $v(\text{O}_2) = 0,5 \cdot 1,5 \text{ моль} = 0,75 \text{ моль}$ ;

$$V(\text{O}_2) = 22 \text{ л/моль} \cdot 0,75 \text{ моль} = 16,8 \text{ л.}$$

О т в е т:  $V(\text{O}_2) = 16,8 \text{ л.}$

## VI. Вычисления с использованием понятия «массовая доля растворенного вещества»

**Задача № 13.** Вычислите, какой объем (н. у.) водорода выделится при взаимодействии  $0,2 \text{ м}^3$  10-процентной соляной кислоты (плотность  $1047 \text{ кг/м}^3$ ) с достаточным количеством магния.

Дано:

$$V_{\text{р-ра}}(\text{HCl}) = 0,2 \text{ м}^3$$

$$\omega(\text{HCl}) = 10\%$$

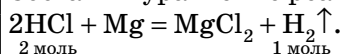
$$\rho_{\text{р-ра}}(\text{HCl}) = 1047 \text{ кг/м}^3$$

$$V(\text{H}_2) = ?$$

Решение:

Для нахождения объема водорода воспользуемся формулой  $V = V_{\text{м}} \cdot \nu$ .

Составим уравнение реакции:



Из уравнения реакции следует, что молярное отношение водорода и хлороводорода, содержащегося в растворе соляной кислоты, равно  $1 : 2$ , то есть  $\nu(\text{H}_2) = 0,5\nu(\text{HCl})$ .

Вычислим количество вещества хлороводорода, содержащегося в растворе соляной кислоты:

$$\nu = \frac{m}{M}; m_{\text{р.в.}} = \frac{\omega_{\text{р.в.}} \cdot m_{\text{р-ра}}}{100\%};$$

$$m_{\text{р-ра}} = V_{\text{р-ра}} \cdot \rho_{\text{р-ра}} \Rightarrow \nu_{\text{р.в.}} = \frac{\omega_{\text{р.в.}} \cdot V_{\text{р-ра}} \cdot \rho_{\text{р-ра}}}{M \cdot 100\%};$$

$$\nu(\text{HCl}) = \frac{10\% \cdot 0,2 \text{ м}^3 \cdot 1047 \text{ кг/м}^3}{0,0365 \text{ кг/моль} \cdot 100\%} \approx 573,7 \text{ моль}.$$

Таким образом,  $\nu(\text{H}_2) = 573,7 \text{ моль} \cdot 0,5 = 286,85 \text{ моль}$ ;  
 $V(\text{H}_2) = 0,0224 \text{ м}^3/\text{моль} \cdot 286,85 \text{ моль} = 6,43 \text{ м}^3$ .

*Примечание.* Если на стадии составления краткой записи условия задачи («Дано») представить  $\omega(\text{HCl})$  в долях как  $0,1$ , то конечная формула для расчета количества вещества хлороводорода, содержащегося в растворе соляной кислоты, будет иметь вид:

$$\nu_{\text{р.в.}} = \frac{\omega_{\text{р.в.}} \cdot V_{\text{р-ра}} \cdot \rho_{\text{р-ра}}}{M}.$$

Все остальные расчеты – без изменения.

О т в е т:  $V(\text{H}_2) = 6,43 \text{ м}^3$ .

**Задача № 14.** Вычислите, какой объем воды (в л) потребуется для разбавления  $200 \text{ мл}$  96-процентного

Конец ознакомительного фрагмента.  
Приобрести книгу можно  
в интернет-магазине  
«Электронный универс»  
[e-Univers.ru](http://e-Univers.ru)