

НЕКОММЕРЧЕСКАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ  
«АССОЦИАЦИЯ МОСКОВСКИХ ВУЗОВ»

РОССИЙСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
МЕДИЦИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.И. ПИРОГОВА  
МИНИСТЕРСТВА ЗДРАВООХРАНЕНИЯ И СОЦИАЛЬНОГО РАЗВИТИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**НАУЧНО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ МАТЕРИАЛ**

**ХИМИЯ**  
**ДЛЯ УЧАСТНИКОВ ШКОЛЬНЫХ ОЛИМПИАД**  
**РЕШЕНИЕ ЗАДАНИЙ**  
**ОЛИМПИАДНОГО УРОВНЯ**  
**(Подходы к решению сложных комбинированных задач)**

Москва 2011 г.

## СОДЕРЖАНИЕ

|   |           |
|---|-----------|
| <b>ВВЕДЕНИЕ.....</b>  | <b>4</b>  |
| <b>1. ОСМЫСЛЕНИЕ ЗАДАЧИ .....</b>   | <b>4</b>  |
| <b>2. ХИМИЗМ ПРОЦЕССОВ .....</b>  | <b>6</b>  |
| <b>3. ОБРАБОТКА ЦИФРОВЫХ ДАННЫХ.....</b>  | <b>8</b>  |
| <b>4. ПРОВЕРКА ПРАВИЛЬНОСТИ РЕШЕНИЯ .....</b>                                     | <b>9</b>  |
| <b>5. ВВЕДЕНИЕ ОДНОГО НЕИЗВЕСТНОГО.....</b>                                       | <b>9</b>  |
| <b>6. ВВЕДЕНИЕ НЕСКОЛЬКИХ НЕИЗВЕСТНЫХ И СОСТАВЛЕНИЕ<br/>СИСТЕМ УРАВНЕНИЙ.....</b> | <b>12</b> |
| <b>7. ПРИМЕРЫ ЗАДАЧ С СИСТЕМАМИ ИЗ ТРЕХ НЕИЗВЕСТНЫХ.....</b>                      | <b>15</b> |
| <b>8. ПРИМЕРЫ ЗАДАЧ С КВАДРАТНЫМИ УРАВНЕНИЯМИ.....</b>                            | <b>16</b> |
| <b>9. ВВЕДЕНИЕ ПРОИЗВОЛЬНОГО ПАРАМЕТРА .....</b>                                  | <b>17</b> |
| <b>10. МЕТОД ПОДБОРА.....</b>   | <b>19</b> |
| <b>11. МНОГОВАРИАНТНЫЕ ЗАДАЧИ.....</b>  | <b>22</b> |
| <b>12. СОСТАВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛЬНОГО БАЛАНСА.....</b>                                 | <b>24</b> |
| <b>ИЗДАНИЯ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ОЛИМПИАДЕ.....</b>                                    | <b>26</b> |
| <b>ИНФОРМАЦИОННЫЕ ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К<br/>ОЛИМПИАДЕ .....</b>       | <b>26</b> |

**Ключевые слова:** задания олимпиадного уровня, расчётные задачи, решение, химия, олимпиады школьников, литература для подготовки.

**Объект разработки и исследования:** содержательная часть общеобразовательного предмета химия для участников предметных олимпиад школьников по биологии.

**Цель работы:** применение собственного многолетнего опыта проведения олимпиад школьников по химии для развития творческого потенциала, улучшения качества подготовки школьников по химии, повышения конкурентоспособности школьников при продолжении образования медико-биологического профиля.

**Методология проведения работы:** анализ опыта проведения олимпиад по общеобразовательному предмету химия в РНИМУ им. Н.И. Пирогова, разработка на основании имеющихся данных научно-образовательного материала для обучающихся средних общеобразовательных учебных заведений, обладающего достаточной степенью информативности и творческим компонентом, разработка заданий для самоподготовки учащихся и абитуриентов, с возможностью использования в аудиторной работе со школьниками.

**Область применения:** предлагаемый научно-образовательный материал по химии адресован школьникам и абитуриентам, желающим улучшить свою подготовку по химии, расширить область познаний в широком спектре, а также готовящимся к участию в олимпиадах, сдаче ЕГЭ и вступительных испытаний в вузах.

**Степень внедрения:** олимпиадные задания повышенного уровня, представленные в научно-образовательном материале, и аналогичные успешно применяются с 2008 года при проведении предметных олимпиад школьников в РНИМУ им. Н.И. Пирогова, в т.ч. и входящих в ежегодный Перечень олимпиад школьников. В олимпиадах участвовали обучающиеся общеобразовательных учебных заведений московского региона, в т.ч. и учащиеся профильных классов медико-биологического профиля.

## ВВЕДЕНИЕ

На олимпиадах, как правило, предлагают довольно сложные расчетные задачи. Для успешного их решения обычно необходимо наличие химической эрудиции, знание основных расчетных формул, применяемых в химии, и умение оперировать ими, распутывая решение сложной комбинированной задачи.

Настоящее пособие предназначено для того, чтобы научить решать такие задачи. Материал расположен по приемам, применяемым в решении сложных задач, и в каждом разделе также разобраны примеры с подробным решением задачи и даются задачи для самостоятельного решения.

Все задачи в настоящем пособии, за редким исключением, являются авторскими, хотя некоторые из них были опубликованы в проспектах для поступающих в РГМУ.

### 1. Осмысление задачи

Не торопитесь! Внимательно прочитайте всю задачу до конца, по меньшей мере, два раза. Постарайтесь уяснить себе сущность всех действий, которые в ней совершаются и явлений, которые в ней происходят.

Для удобства решения и лучшего понимания цифровых данных часто может быть полезна краткая запись условий задачи. Не забывайте в кратком условии достаточно четко указывать, к чему относится каждая цифра или условие.

Если возникают затруднения в понимании смысла задачи, вам может помочь составление графологической схемы задачи.

**Пример 1.** Растворимость бромида калия при 0 °С и при 45 °С составляет 50 г и 80 г в 100 г воды, соответственно. Вычислите, сколько литров хлора (н. у.) прореагирует с раствором, полученным насыщением бромидом калия при 45 °С такого количества его раствора, насыщенного при 0 °С, которое при взаимодействии с избытком раствора нитрата серебра образует 56,4 г осадка.

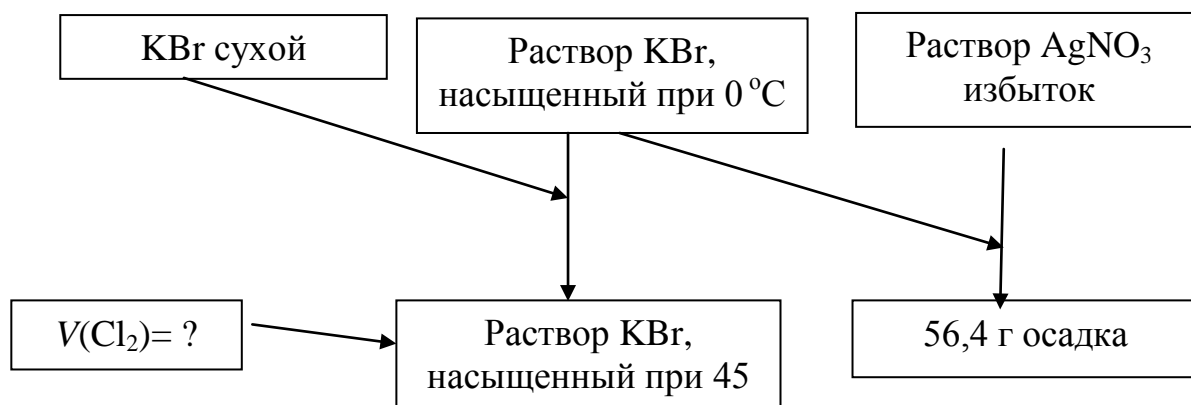
Решение:

1) Запишем краткое условие задачи:

Дано:  $s(\text{KBr при } 0\text{ }^{\circ}\text{C}) = 50\text{ г} / 100\text{ г воды}$ ;  $s(\text{KBr при } 45\text{ }^{\circ}\text{C}) = 80\text{ г} / 100\text{ г воды}$ ;  $m(\text{осадка}) = 56,4\text{ г}$

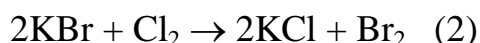
Найти:  $V(\text{Cl}_2) = ?$

2) Составляем графологическую схему задачи:



Из схемы видно, что по массе осадка можно вычислить количество бромида калия в исходном растворе, затем, используя данные по растворимости и учитывая, что масса воды в обоих насыщенных растворах одинакова, вычислить количество бромида калия во втором растворе и по нему определить объем хлора, вступившего в реакцию.

3) Записываем уравнения химических реакций:



4) Рассчитываем количество вещества бромида серебра и по нему массу бромида калия в исходном растворе:

$$n(\text{AgBr}) = 56,4 / 188 = 0,3 \text{ моль. } n(\text{KBr в реакции (1)}) = n(\text{AgBr}) = 0,3 \text{ моль.}$$

$$m(\text{KBr в исходном растворе}) = 0,3 \cdot 119 = 35,7 \text{ г.}$$

5) Определяем массу воды в исходном растворе, составляя пропорцию:

При 0 °C в 100 г воды растворяется 50 г KBr

$$\text{в } x \text{ г воды} \quad \text{—} \quad 35,7 \text{ г KBr; } x = 35,7 \cdot 100 / 50 = 71,4 \text{ г.}$$

6) Определяем массу и количество вещества KBr в растворе, насыщенном при 50 °C, учитывая, что масса воды в обоих растворах одинакова:

При 50 °C в 100 г воды растворяется 80 г KBr

$$\text{в } 71,4 \text{ г воды} \quad \text{—} \quad y \text{ г KBr; } y = 71,4 \cdot 80 / 100 = 57,12 \text{ г.}$$

$n(\text{KBr})$  в реакции (2)  $= 57,12 / 119 = 0,48$  моль.

7) Определяем объем хлора, который может прореагировать с конечным раствором:

Согласно уравнению реакции (2)  $n(\text{Cl}_2) = 0,5 \cdot n(\text{KBr}) = 0,5 \cdot 0,48 = 0,24$  моль.

$V(\text{Cl}_2) = 0,24 \cdot 22,4 = 5,38$  л.

Ответ:  $V(\text{Cl}_2) = 5,38$  л.

## 2. Химизм процессов

Определите сначала, происходят ли какие-либо химические превращения с веществами, описываемыми в задаче. Если да, то постарайтесь составить уравнения соответствующих химических реакций. В большинстве задач, если вы хорошо разбираетесь в теоретическом материале, это не составляет трудностей, однако в ряде случаев правильное составление всех уравнений химических реакций возможно только после анализа цифровых данных.

Обязательно проверьте, правильно ли проставлены коэффициенты в уравнениях химических реакций. Неправильное уравнивание химической реакции может привести не только к числовой, но и смысловой ошибке в решении задачи.

Если в задаче происходит несколько химических реакций, то полезно соответствующие уравнения пронумеровать.

Если в условии задачи имеются числовые данные, относящиеся двум (или более) участникам одной и той же химической реакции, обязательно надо рассчитать их количества веществ и определить, какое из веществ находится в избытке и какое в недостатке. Дальнейшие расчеты проводятся по тому веществу, которое находится в недостатке. Не забудьте проверить, не будет ли вещество, находящееся в избытке, реагировать с одним из продуктов реакции.

Результаты расчетов очень полезно отображать следующим образом: в уравнении реакции количества исходных веществ записывать над соответствующими формулами, количества прореагировавших и образовавшихся веществ под ними, вещество, бывшее в избытке и оставшееся

после реакции указывать в правой части уравнения химической реакции в скобках, проставив под ним его оставшееся количество.

**Пример 2.** К 200 мл раствора нитрата алюминия с молярной концентрацией нитрат-ионов 1,8 моль/л добавили 123,9 мл раствора гидроксида натрия с массовой долей щелочи 0,12 и плотностью 1,13 г/мл. Полученную смесь упарили и прокалили. Определите массовую долю кислорода как элемента в остатке после прокаливании.

Решение:

Результат взаимодействия нитрата алюминия (принимая во внимание амфотерность гидроксида алюминия) со щелочью, а, следовательно, реакции, проходящие при прокаливании образовавшейся смеси веществ зависят от молярного соотношения первых двух веществ.

1) Определяем количества исходных веществ:

$n[\text{Al}(\text{NO}_3)_3] = 0,2 \cdot 1,8 / 3 = 0,12$  моль.  $n(\text{NaOH}) = 123,9 \cdot 1,13 \cdot 0,12 / 40 = 0,42$  моль.

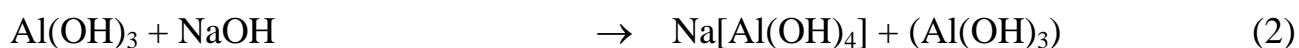
2) Записываем последовательность химических реакций, проставляя в них соответствующие количества веществ:

Было: 0,12 0,42



Прореагировало: 0,12 0,36 стало: 0,12 0,36 0,06

Было: 0,12 0,06



Прореагировало: 0,06 0,06 стало: 0,06 0,06

Было: 0,36



Прореагировало: 0,36 стало: 0,36

Было: 0,06



Прореагировало: 0,06 стало: 0,06

Было: 0,06



Прореагировало: 0,06      стало: 0,03

3) Определяем массовую долю кислорода как элемента в остатке после прокаливания:

$$m(\text{NaNO}_2) = 0,36 \cdot 69 = 24,84 \text{ г. } m(\text{NaAlO}_2) = 0,06 \cdot 82 = 4,92 \text{ г.}$$

$$m(\text{Al}_2\text{O}_3) = 0,03 \cdot 102 = 3,06 \text{ г.}$$

$$m(\text{остатка после прокаливания}) = 24,84 + 4,92 + 3,06 = 32,82 \text{ г.}$$

$$n(\text{O в NaNO}_2) = 0,36 \cdot 2 = 0,72 \text{ моль.}$$

$$n(\text{O в NaAlO}_2) = 0,06 \cdot 2 = 0,12 \text{ моль.}$$

$$n(\text{O в Al}_2\text{O}_3) = 0,03 \cdot 3 = 0,09 \text{ моль.}$$

$$n(\text{O в остатке после прокаливания}) = 0,72 + 0,12 + 0,09 = 0,93 \text{ моль.}$$

$$\omega(\text{O}) = 0,93 \cdot 16 / 32,82 = 0,4534.$$

Ответ:  $\omega(\text{O в остатке после прокаливания}) = 45,34\%$ .

### 3. Обработка цифровых данных

При записи краткого условия задачи бывает полезно все проценты перевести в доли единицы, проверить размерности приведенных в задаче физических величин и, если это необходимо, выразить эти величины в одной размерности. Например, массы выразить в граммах, объемы для газов – в литрах, для растворов - в миллилитрах, плотности для растворов - в г/мл, а для газов - в г/л и т.д.

Если в задаче имеют место химические превращения, то все массы и объемы реагирующих веществ лучше сразу пересчитать на количества веществ (моль). Исключение составляют задачи с участием газов, когда все исходные данные приведены в объемах, и ответ требуется в объемах или в объемных долях. В этих случаях все вычисления по уравнениям реакций можно производить в объемах (литрах или миллилитрах).

Желательно, чтобы при решении задачи вы достаточно подробно записывали ход решения, указывая расчетные формулы, и, обязательно, конкретные цифры, которые вы в них подставляете, например:

$$n(\text{NaOH}) = \frac{V(\text{раствора NaOH}) \cdot \omega(\text{NaOH})}{M(\text{NaOH})} = 120 \cdot 1,2 \cdot 0,2 / 40 = 0,72 \text{ моль.}$$



Указывайте размерность получаемых величин. Такая запись позволяет вам легко проверить правильность решения и точность ваших вычислений.

Часто для получения конечного результата необходимо значение массы конечного раствора или конечной смеси. В большинстве случаев эту массу рекомендуется рассчитывать, суммируя массы смешиваемых растворов или веществ, и вычитая из полученной суммы массы веществ, вышедших из сферы реакции (обычно в виде осадка или газа).

#### **4. Проверка правильности решения**

Закончив решать задачу, еще раз просмотрите ее условия и проверьте, все ли задания вы выполнили и все ли условия задачи вы использовали для ее решения. Обычно для правильного решения задачи требуется использование всех приведенных в ней данных, хотя бывают случаи, когда некоторые условия оказываются лишними. Тогда можно использовать эти данные для проверки правильности решения.

Еще раз посмотрите на ответ с точки зрения обычной логики, например, если в условии исходные массы даны в тоннах, а ответ у вас получился в граммах, в решении явно что-то не то. Или, например, в конечном растворе у вас одновременно присутствуют несовместимые вещества ( $\text{NaOH}$  и  $\text{NaHCO}_3$  или  $\text{H}_3\text{PO}_4$  и  $\text{K}_3\text{PO}_4$  и т.п.).

#### **5. Введение одного неизвестного**

Если вы видите, что непосредственные манипуляции с цифрами, имеющимися в условии задачи, не позволяют прийти к решению, попробуйте ввести неизвестное, обозначив за  $x$  некоторую массу, количество вещества или объем. Затем попытайтесь вывести уравнение, содержащее это неизвестное, на конкретную цифру. Постарайтесь обозначить за  $x$  либо ту величину, которая требуется в ответе задачи, либо ту, из которой очень легко получить ответ.

В тех случаях, когда в задаче не происходит каких-либо химических превращений (обычно это задачи на растворы) **за  $x$  можно принять искомую массу** (см. пример 3).

**Пример 3.** В насыщенном при 20°C растворе ортофосфата натрия с плотностью 1,06 г/мл молярная концентрация ионов натрия составляет 2,1 моль/л. Определите, какую массу двенадцативодного кристаллогидрата ортофосфата натрия можно растворить при данной температуре в 150 г раствора ортофосфата натрия с массовой долей соли 5%.

Решение:

1) Определяем массовую долю фосфата натрия в насыщенном растворе:

$$c(\text{Na}_3\text{PO}_4) = c(\text{Na}^+) / 3 = 2,1 / 3 = 0,7 \text{ моль/л.}$$

$$m(\text{Na}_3\text{PO}_4 \text{ в } 1 \text{ л раствора}) = 0,7 \cdot 164 = 114,8 \text{ г.}$$

$$m(1 \text{ л раствора}) = 1000 \cdot 1,06 = 1060 \text{ г.}$$

$$\omega(\text{Na}_3\text{PO}_4 \text{ в насыщенном растворе}) = 114,8 / 1060 = 0,1083.$$

2) Обозначим за  $x$  массу  $\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ , тогда масса конечного раствора равна  $x + 150$  г и  $m(\text{Na}_3\text{PO}_4 \text{ в конечном растворе})$  равна  $(x + 150) \cdot 0,1083 = 0,1083x + 16,23$  г.

3) Рассчитываем массы  $\text{Na}_3\text{PO}_4$  в исходном растворе и в исходном кристаллогидрате:

$$m(\text{Na}_3\text{PO}_4 \text{ в исходном растворе}) = 150 \cdot 0,05 = 7,5 \text{ г.}$$

$$m(\text{Na}_3\text{PO}_4 \text{ в } \text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}) = m(\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}) \cdot M(\text{Na}_3\text{PO}_4) / M(\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}) = x \cdot 164 / 380 = 0,4316x.$$

4) Приравниваем сумму масс  $\text{Na}_3\text{PO}_4$ , найденных в п. 3), массе  $\text{Na}_3\text{PO}_4$ , определенной в п. 2), и находим  $x$ :

$$7,5 + 0,4316x = 0,1083x + 16,23. \quad 0,3233x = 8,73. \quad x = 27 \text{ г.}$$

Ответ:  $m(\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}) = 27 \text{ г.}$

**Если в задаче происходят химические превращения веществ, то за неизвестное лучше принимать количество вещества — это облегчает расчеты** (см. пример 4).

**Пример 4.** Газ, образовавшийся при нагревании меди в избытке концентрированной серной кислоты, пропустили через 18,2 мл раствора сульфита натрия с массовой долей соли 0,0944 и плотностью 1,1 г/мл. При этом

образовался раствор двух солей с равными массовыми долями. Определите массу растворившейся меди и массовые доли солей в конечном растворе.

Решение:

1) Рассчитаем количество вещества сульфита натрия, обозначим за  $x$  количество вещества взятой меди и запишем уравнения химических реакций, указав количества реагирующих и образующихся веществ:

$$n(\text{Na}_2\text{SO}_3) = 18,2 \cdot 1,1 \cdot 0,0944 / 126 = 0,015 \text{ моль.}$$

Было:  $x$



Прореагировало:  $x$  стало:  $x$

Было:  $0,015 \quad x$



Прореагировало:  $x \quad x$  стало:  $2x \quad 0,015 - x$

2) Если массовые доли двух веществ в одном и том же растворе равны между собой, то равны и их массы. Выражаем через  $x$  массы двух солей и приравнивая их, находим  $x$ :

$$m(\text{NaHSO}_3) = 2x \cdot 104 = 208x.$$

$$m(\text{Na}_2\text{SO}_3) = (0,015 - x) \cdot 126 = 1,89 - 126x.$$

$$208x = 1,89 - 126x. \quad 334x = 1,89. \quad x = 0,005659$$

3) Находим массу меди, массу конечного раствора и массовые доли солей в конечном растворе:

$$m(\text{Cu}) = 0,005659 \cdot 64 = 0,3622 \text{ г.}$$

$$m(\text{конечного раствора}) = m(\text{раствора Na}_2\text{SO}_3) + m(\text{SO}_2) = 18,2 \cdot 1,1 + 0,005659 \cdot 64 = 20,38 \text{ г.}$$

$$m(\text{NaHSO}_3) = 208 \cdot 0,005659 = 1,177 \text{ г.}$$

$$\omega(\text{NaHSO}_3) = \omega(\text{Na}_2\text{SO}_3) = 1,177 / 20,38 = 0,05776.$$

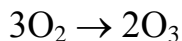
Ответ:  $m(\text{Cu}) = 0,3622 \text{ г.}$   $\omega(\text{NaHSO}_3) = \omega(\text{Na}_2\text{SO}_3) = 5,776\%$ .

**В задачах на газы через неизвестное можно обозначать объем газа, если это не приводит к усложнению расчетов (см пример 5).**

**Пример 5.** Некоторый объем кислорода смешали с 5,6 л азота (н.у.) и пропустили через озонатор, в результате чего объем газовой смеси уменьшился на 9,1%, а ее плотность стала 1,482 г/л (н.у.). Определите объем взятого кислорода.

Решение:

1) Записываем уравнение химической реакции:



2) Обозначим за  $x$  объем исходного кислорода и выразим через  $x$  объемы исходной и конечной газовых смесей:

$$V(\text{исходной смеси}) = x + 5,6 \text{ л.}$$

$$V(\text{конечной смеси}) = V(\text{исходной смеси}) - 0,091 \cdot V(\text{исходной смеси}) = 0,909 \cdot V(\text{исходной смеси}).$$

$$V(\text{конечной смеси}) = 0,909 \cdot (x + 5,6) = 0,909x + 5,0904 \text{ л.}$$

3) Выражаем через  $x$  массы исходной (как сумму масс исходных газов) и конечной (как произведение плотности на объем) газовых смесей и приравниваем их, так как масса газов в результате пропускания через озонатор не изменяется. Находим  $x$ :

$$m(\text{исходной смеси}) = (x / 22,4) \cdot 32 + (5,6 / 22,4) \cdot 28 = 1,429x + 7.$$

$$m(\text{конечной смеси}) = (0,909x + 5,0904) \cdot 1,482 = 1,347x + 7,544.$$

$$1,429x + 7 = 1,347x + 7,544. \quad 0,082x = 0,544. \quad x = 6,634 \text{ л.}$$

Ответ:  $V(\text{O}_2) = 6,634 \text{ л.}$

## 6. Введение нескольких неизвестных и составление систем уравнений

Существует значительное число задач, решение которых требует введения нескольких неизвестных и рассмотрения системы уравнений. Такая ситуация обычно возникает в тех случаях, когда цифровые данные задачи касаются одновременно одной и той же смеси, одного и того же раствора, или одних и тех же уравнений реакций.

Если в задаче идет речь о смесях или растворах, за  $x$  и  $y$  можно обозначать искомые массы веществ. Если, однако, с этой смесью или раствором происходят какие-либо дальнейшие химические превращения, за неизвестные лучше принимать количества веществ компонентов смеси или раствора. В задачах на газы в качестве неизвестных можно принимать искомые объемы.

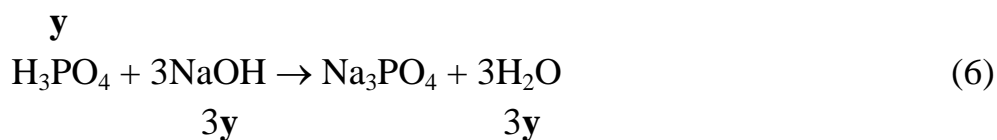
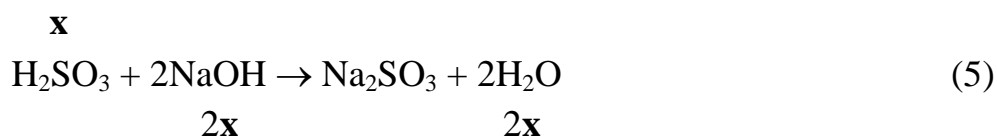
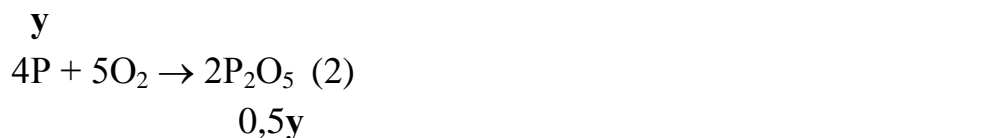
**Пример 6.** Смесь серы и фосфора сожгли в избытке кислорода, и продукты сгорания растворили в 100 г воды. На полную нейтрализацию полученного раствора пошло 97,9 мл раствора гидроксида натрия с массовой

долей щелочи 40% и плотностью 1,43 г/мл. Определите массовые доли серы и фосфора в исходной смеси, если известно, что массовая доля воды в растворе после нейтрализации составила 70,9%.

Решение:

1) Рассчитаем массу раствора и количество вещества гидроксида натрия. Обозначим за  $x$  и  $y$  количества вещества серы и фосфора, и запишем уравнения происходящих химических реакций с указанием количеств реагирующих и образующихся веществ:

$m(\text{раствора NaOH}) = 97,9 \cdot 1,43 = 140 \text{ г.}$   $n(\text{NaOH}) = 140 \cdot 0,4 / 40 = 1,4$  моль.



2) Выражаем через  $x$  и  $y$  массу конечного раствора и массу воды в нем. Составляем систему уравнений и находим  $x$  и  $y$ :

$$m(\text{конечного раствора}) = m(\text{SO}_2) + m(\text{P}_2\text{O}_5) + m(\text{воды}) + m(\text{раствора NaOH}) \\ = 64x + 142 \cdot 0,5y + 100 + 140 = 64x + 71y + 240 \text{ г.}$$

$$m(\text{воды в конечном растворе}) = 100 - m[\text{воды, израсходованной в уравнениях (3) и (4)}] + m(\text{воды в растворе щелочи}) + m[\text{воды, выделившейся в}$$

реакциях (5) и (6)] = 100 – (x + 1,5y) · 18 + 140 · 0,6 + (2x + 3y) · 18 = 18x + 27y + 184 г.

$m(\text{воды в конечном растворе}) = \omega \cdot m(\text{конечного раствора})$ .

$18x + 27y + 184 = 0,709 \cdot (64x + 71y + 240)$ .  $18x + 27y + 184 = 45,376x + 50,339y + 170,16$ .

$27,376x + 23,339y = 13,84$ . (первое уравнение системы).

Второе уравнение составляем на количество вещества прореагировавшей щелочи:  $2x + 3y = 1,4$

$$\begin{array}{rcl} 2x + 3y = 1,4 & \left| \cdot 13,688 \right. & 27,376x + 41,064y = 19,163 \\ 27,376x + 23,339y = 13,84 & & 27,376x + 23,339y = 13,84 \end{array} \quad \left| \begin{array}{l} 17,725y = 5,323 \\ y = 0,3 \end{array} \right. \quad \begin{array}{l} x = 0,25 \end{array}$$

3) Находим массы и массовые доли веществ в исходной смеси:

$m(S) = 0,25 \cdot 32 = 8$  г.

$m(P) = 0,3 \cdot 31 = 9,3$  г.  $m(\text{смеси}) = 8 + 9,3 = 17,3$  г.

$\omega(S) = 8 / 17,3 = 0,4624$ .

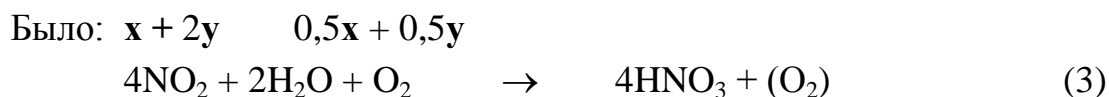
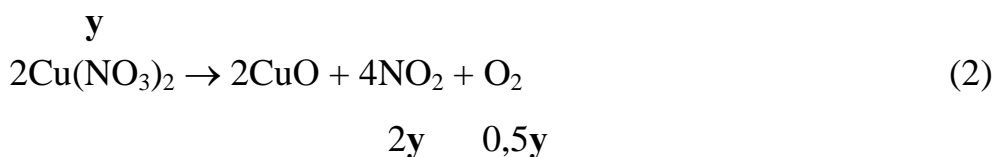
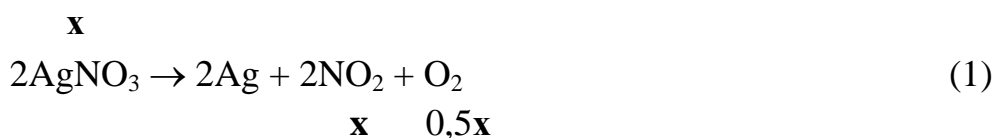
$\omega(P) = 9,3 / 17,3 = 0,5376$ .

Ответ:  $\omega(S) = 46,24\%$ ;  $\omega(P) = 53,76\%$ .

**Пример 7.** Газовая смесь, образовавшаяся после прокаливания смеси нитратов серебра и меди, имела массу 23,2 г. Эту газовую смесь охладили и обработали 100 г воды, после чего осталось 1,12 л (н.у.) малорастворимого в воде газа. Определите массовые доли веществ в исходной смеси солей, и массовую долю вещества в образовавшемся растворе.

Решение:

1) Обозначим количество вещества нитрата серебра за x и количество вещества нитрата меди за y, и запишем уравнения протекающих химических реакций:



Прореагировало:  $x + 2y \quad 0,25(x + 2y)$  стало:  $x + 2y \quad 0,25x$

2) Составляем систему уравнений и находим неизвестные:

$$n(\text{оставшегося кислорода}) = 1,12 / 22,4 = 0,05 \text{ моль.}$$

$$m(\text{газовой смеси}) = m(\text{NO}_2) + m(\text{O}_2) = (x + 2y) \cdot 46 + (0,5x + 0,5y) \cdot 32 = 23,2.$$

$$\begin{array}{l|l|l} 62x + 108y = 23,2 & x = 0,2 & 108y = 10,8 \\ 0,25x = 0,05 & 108y = 23,2 - 12,4 & y = 0,1 \end{array}$$

3) Рассчитываем массовые доли веществ в исходной смеси солей и массовую долю азотной кислоты в образовавшемся растворе:

$$m(\text{AgNO}_3) = 170 \cdot 0,2 = 34 \text{ г.}$$

$$m[\text{Cu}(\text{NO}_3)_2] = 188 \cdot 0,1 = 18,8 \text{ г.}$$

$$m(\text{смеси солей}) = 34 + 18,8 = 52,8 \text{ г}$$

$$\omega(\text{AgNO}_3) = 34 / 52,8 = 0,6439.$$

$$\omega[\text{Cu}(\text{NO}_3)_2] = 18,8 / 52,8 = 0,3561.$$

$$m(\text{HNO}_3) = (0,2 + 0,1 \cdot 2) \cdot 63 = 25,2 \text{ г.}$$

$$m(\text{раствора HNO}_3) = 100 + (0,2 + 2 \cdot 0,1) \cdot 46 + 0,25 \cdot (0,2 + 2 \cdot 0,1) \cdot 32 = 121,6$$

г

$$\omega(\text{HNO}_3) = 25,2 / 121,6 = 0,2072.$$

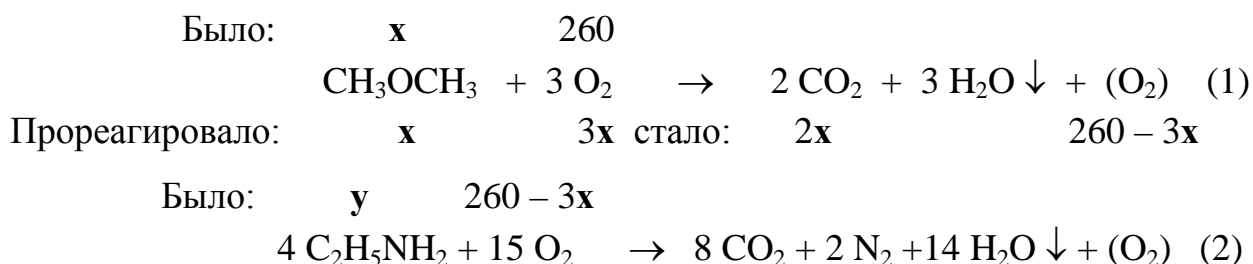
$$\text{Ответ: } \omega(\text{AgNO}_3) = 64,39\%; \omega[\text{Cu}(\text{NO}_3)_2] = 35,61\%; \omega(\text{HNO}_3) = 20,72\%.$$

## 7. Примеры задач с системами из трех неизвестных

**Пример 8.** 260 мл кислорода при нормальных условиях смешали с 100 мл смеси диметилового эфира, этиламина и аммиака и взорвали. После приведения к нормальным условиям и конденсации паров воды объем газовой смеси составил 180 мл, а после пропускания ее через избыток раствора гидроксида бария объем газа уменьшился до 60 мл. Определите объемный состав исходной газовой смеси.

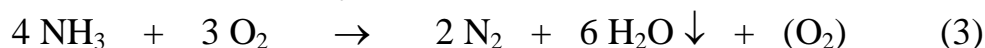
Решение:

1) Обозначим через  $x$ ,  $y$  и  $z$  объемы диметилового эфира, этиламина и аммиака и запишем уравнения проходящих химических реакций:



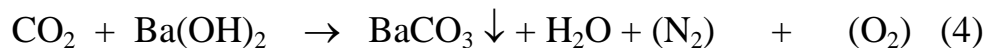
Прореагировало:  $y$   $3,75y$  стало:  $2y$   $0,5y$   $260 - 3x - 3,75y$

Было:  $z$   $260 - 3x - 3,75y$



Прореагировало:  $z$   $0,75z$  стало:  $0,5z$   $260 - 3x - 3,75y - 0,75z$

Было:  $2x + 2y$



Прореагировало:  $2x + 2y$   $2x + 2y$  стало:  $2x + 2$   $0,5y + 0,5z$   $260 - 3x - 3,75y - 0,75z$

2) Составляем систему уравнений и решаем ее:

а)  $x + y + z = 100$ . б)  $2x + 2y = 180 - 60 = 120$ .

в)  $0,5y + 0,5z + 260 - 3x - 3,75y - 0,75z = 60$ ;  $3x + 3,25y + 0,25z = 200$ .

Получаем:  $x = 20$ ;  $y = 40$ ;  $z = 40$ .

Ответ:  $V(\text{CH}_3\text{OCH}_3) = 20$  мл.  $V(\text{C}_2\text{H}_5\text{NH}_2) = 40$  мл.  $V(\text{NH}_3) = 40$  мл.

## 8. Примеры задач с квадратными уравнениями

**Пример 9.** Смесь двух газообразных водородных соединений различных элементов, один из которых имеет валентность (III), а другой валентность (IV), с массовой долей соединения  $\text{ЭН}_4$  55,17 % имеет плотность при н.у. 1,942 г/л. Определите формулы этих соединений, если известно, что в смеси равных объемов этих газов массовая доля водорода как элемента составляет 6,364 %.

Решение:

1) Обозначим молярную массу  $\text{ЭН}_4$  за  $x$  и молярную массу  $\text{ЭН}_3$  за  $y$ . Пусть количество вещества первой газовой смеси равно 1 моль, тогда ее масса равна ее средней молярной массе. Выразим через  $x$  и  $y$  количества  $\text{ЭН}_3$  и  $\text{ЭН}_4$  и составим первое уравнение:

2)  $m(\text{газовой смеси}) = 1,942 \cdot 22,4 = 43,5$  г.

3)  $m(\text{ЭН}_4) = 43,5 \cdot 0,5517 = 24$  г.  $n(\text{ЭН}_4) = 24 / x$ .

4)  $m(\text{ЭН}_3) = 43,5 - 24 = 19,5$  г.  $n(\text{ЭН}_3) = 19,5 / y$ .

5)  $24 / x + 19,5 / y = 1$ . или  $19,5x + 24y = xy$ .

б) 2) Если равны объемы газов, то равны и их количества веществ. Пусть вторая смесь содержала 1 моль  $\text{ЭН}_3$  и 1 моль  $\text{ЭН}_4$ , тогда масса атомов водорода в этой смеси составит  $3 + 4 = 7$  г, а масса смеси будет равна  $x + y$ . Составляем второе уравнение с использованием массовой доли водорода:

7)  $x + y = 7 / 0,06364 = 110$ .



8) 3) Составляем систему уравнений и находим  $x$  и  $y$ :

$$\begin{array}{l|l} 9) \quad x + y = 110 & x = 110 - y \\ 10) \quad 19,5x + 24y = xy & 2145 - 19,5y + 24y = 110y - y^2 \end{array} \quad \left| \quad y^2 - 105,5y + 2145 = 0 \right.$$

$$11) D = 105,5^2 - 4 \cdot 2145 = 2550$$

$$12) \sqrt{D} = 50,5$$

$$13) y_1 = (105,5 - 50,5) / 2 = 27,5. \quad x_1 = 110 - 27,5 = 82,5.$$

$$14) y_2 = (105,5 + 50,5) / 2 = 78. \quad x_2 = 32$$

15) 4) Определяем формулы искоемых соединений:

16) Первый корень не подходит, так как элемента с молярной массой  $27,5 - 3 = 24,5$ , образующего газообразное соединение с водородом, в природе не существует.

17) Второй корень дает молярную массу трехвалентного элемента  $= 78 - 3 = 75$  — это мышьяк и соединение  $AsH_3$ . Молярная масса четырехвалентного элемента  $= 32 - 4 = 28$  — это кремний и соединение  $SiH_4$ .

18) Ответ:  $AsH_3$  и  $SiH_4$ .

## 9. Введение произвольного параметра

Часто бывает так, что в условии задачи не приводится ни одной цифры, дающей конкретное значение массы, объема или количества какого-либо вещества или смеси веществ, а все числовые данные являются относительными и могут соответствовать любой массе, объему или количеству исходных или конечных веществ. К таким данным относятся такие параметры, как массовая или объемная доля, плотность, концентрация, относительные изменения массы, количества вещества или объема, выраженные в процентах или во столько-то раз.

Решение такого рода задач лучше всего начинать с введения какого-то произвольного параметра — определенной массы, объема или количества вещества, удобного для дальнейших расчетов.

Если в условии задачи фигурируют только массовые доли, и не происходит химических превращений, удобно принять массу какого-либо вещества или смеси веществ за 100 г. В этом случае массовые доли компонентов, выраженные в процентах, будут равны их массам.

Когда в условии задачи исходные данные представляют собой молярные концентрации, может быть удобным принять объем раствора за 1 литр, тогда количества растворенных веществ будут численно равны их молярным концентрациям.

В задачах на газы, в условиях которых исходными данными являются плотности или объемные доли, а искомый ответ также представлен в виде объемных соотношений, в качестве произвольного параметра можно вводить 1 литр газа или газовой смеси.

В большинстве задач, особенно если в них происходят химические реакции и имеются данные, касающиеся не только объемов, но и масс, в качестве произвольного параметра лучше всего вводить 1 моль какого либо вещества или какой-либо смеси.

**Пример 10.** Смесь ацетилена с водородом пропустили над никелевым катализатором, при этом объем газа уменьшился в два раза. Определите состав образовавшейся газовой смеси (в % по объему), если известно, что ацетилен прореагировал полностью, а смесь состоит из трех газов, и ее плотность при н.у. равна 0,8214 г/л.

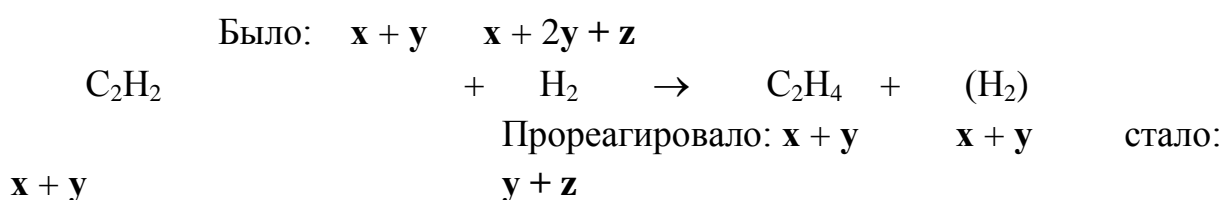
Решение:

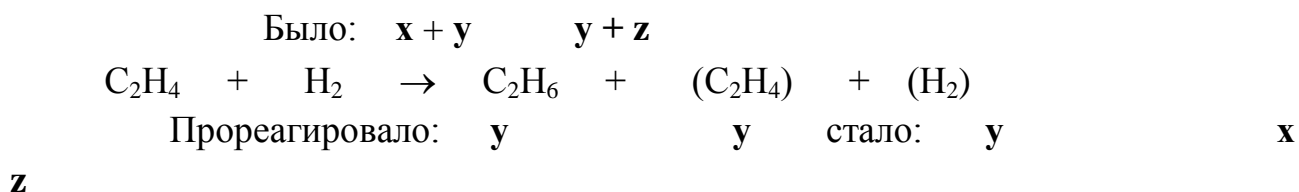
1) Пусть объем конечной газовой смеси равен 1 л, тогда объем исходной смеси будет равен 2 л. Поскольку ацетилен прореагировал полностью, конечная газовая смесь должна состоять из этилена, этана и водорода. Обозначим их объемы через  $x$ ,  $y$  и  $z$ . Так как общий объем равен 1 л, объемы газов численно равны их объемным долям.

$$M_{\text{ср.}}(\text{конечной газовой смеси}) = 0,8214 \cdot 22,4 = 18,4 \text{ г/моль.}$$

$$28x + 30y + 2z = 18,4.$$

2) Запишем уравнения химических реакций, проставив объемы реагирующих и образующихся газов (расчет удобнее проводить, начиная с последней реакции):





1) Составляем систему уравнений и находим неизвестные:

$$\begin{array}{l|l} x + y + z = 1 & \\ 2x + 3y + z = 2 & \\ 28x + 30y + 2z = 18,4 & \end{array} \quad \text{Решением системы будут: } y = 0,4. \quad x = 0,2. \quad z = 0,4.$$

Ответ:  $\varphi(C_2H_6) = 40 \%$ ;  $\varphi(C_2H_4) = 20 \%$ ;  $\varphi(H_2) = 40 \%$ .

## 10. Метод подбора

Существуют задачи, которые окончательно можно решить, только используя метод подбора. Подбираемым параметром может быть величина, имеющая дискретные значения и число этих возможных значений должно быть невелико. Чаще всего это бывает степень окисления элемента, его валентность или число атомов элемента в молекуле.

**Пример 11.** Элементы А и Б образуют соединение, содержащее 64 % (по массе) элемента Б. При гидролизе этого вещества выделяется газ, содержащий элемент Б и 5,88 % (по массе) водорода. Определите формулу вещества, содержащего элементы А и Б, напишите реакцию его гидролиза.

Решение:

1) Определяем элемент Б:

Простейшая формула водородного соединения  $BH_x$ .

$$M(BH_x) = x / 0,0588 = 17x.$$

$$M(B) = 17x - x = 16x.$$

$x$  может принимать только небольшие целые значения – 1, 2, 3 или 4.

Если  $x = 1$ , то  $M(B) = 16$  г/моль — это кислород. Газообразного соединения с простейшей формулой  $OH$  не существует ( $H_2O_2$  — жидкость).

Если  $x = 2$ , то  $M(B) = 32$  — это сера.  $H_2S$  — газ.

Если  $x = 3$ , то  $M(B) = 48$  — это титан. Газообразного соединения  $TiH_3$  не существует.

Если  $x = 4$ , то  $M(B) = 64$  — это медь. Медь не образует газообразных гидридов.

2) Определяем элемент А:

Простейшая формула сульфида  $A_yS_z$ .

$$M(A_yS_z) = 32z / 0,64 = 50z.$$

$$M(A) = (50z - 32z) / y = 18z / y.$$

В зависимости от степени окисления элемента А  $y$  может принимать значения 1 или 2, а  $z$  от 1 до 5.

Соединение  $A_2S$ :  $M(A) = 18 / 2 = 9$  — это бериллий, но бериллий не проявляет степень окисления +1.

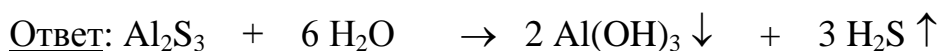
Соединение  $AS$ :  $M(A) = 18$  — элемент не существует.

Соединение  $A_2S_3$ :  $M(A) = 18 / 2 = 27$  г/моль — это алюминий.  
Соединение  $Al_2S_3$ .

Соединение  $AS_2$ :  $M(A) = 18 \cdot 2 = 36$  — элемент не существует.

Соединение  $A_2S_5$ :  $M(A) = 185 / 2 = 45$  — элемент скандий. Это элемент третьей группы высшая положительная степень окисления +3.

3) Записываем уравнение реакции гидролиза:



**Пример 12.** Газы, образовавшиеся при прокаливании 43,9 г смеси нитрата некоторого металла с двойным молярным количеством его карбоната, в которой массовая доля металла как элемента составляет 44,42 %, пропустили в раствор гидроксида натрия с массовой долей щелочи 20 %. Определите металл и рассчитайте массовые доли солей в полученном растворе, учитывая, что масса этого раствора стала 118 г. (Кислород в данном случае не проявляет окислительных свойств).

Решение:

1) Формулы солей зависят от степени окисления металла, которая может быть равна 1, 2 или 3. Рассчитаем массу металла и массу кислотных остатков. Учитывая молярное соотношение солей [если  $n(\text{нитрата}) = x$ , то  $n(\text{карбоната}) = 2x$ ], методом подбора определим металл:

$m(\text{Me}) = 43,9 \cdot 0,4442 = 19,5 \text{ г.}$   $m(\text{кислотных остатков}) = 43,9 - 19,5 = 24,4$   
г.

а) степень окисления металла +1:  $2x$  моль  $\text{Me}_2\text{CO}_3$  и  $x$  моль  $\text{MeNO}_3$ .

$m(\text{кислотных остатков}) = 60 \cdot 2x + 62x = 182x = 24,4. x = 24,4 / 182 = 0,134$   
моль.

$n(\text{Me}) = 5x = 0,134 \cdot 5 = 0,67$  моль.  $M(\text{Me}) = 19,5 / 0,67 = 29,1 \text{ г/моль}$  —  
такого металла нет.

б) степень окисления металла +2:  $2x$  моль  $\text{MeCO}_3$  и  $x$  моль  $\text{Me}(\text{NO}_3)_2$

$m(\text{кислотных остатков}) = 60 \cdot 2x + 62 \cdot 2x = 244x = 24,4. x = 0,1$  моль.

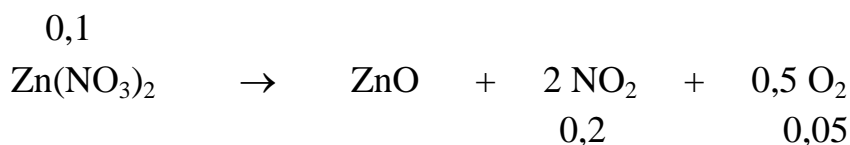
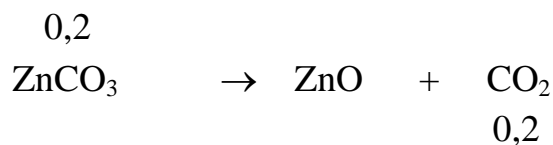
$n(\text{Me}) = 3x = 0,1 \cdot 3 = 0,3$  моль.  $M(\text{Me}) = 19,5 / 0,3 = 65 \text{ г/моль}$  — это цинк.

в) степень окисления металла +3:  $2x$  моль  $\text{Me}_2(\text{CO}_3)_3$  и  $x$  моль  $\text{Me}(\text{NO}_3)_3$

$m(\text{кислотных остатков}) = 60 \cdot 6x + 62 \cdot 3x = 546x = 24,4. x = 0,04469$  моль.

$n(\text{Me}) = 5x = 0,04469 \cdot 5 = 0,223$  моль.  $M(\text{Me}) = 19,5 / 0,223 = 87,5 \text{ г/моль}$   
— это стронций, но он не проявляет степень окисления +3.

2) Запишем уравнения реакций разложения карбоната и нитрата  
цинка, обозначив количество образующихся газов:

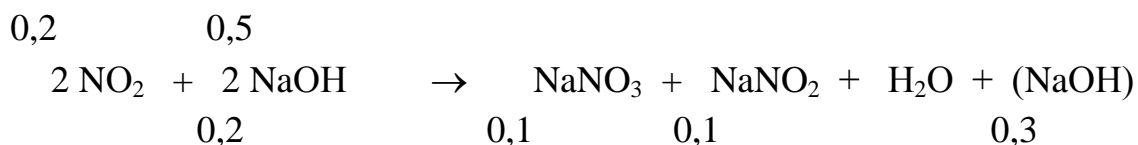


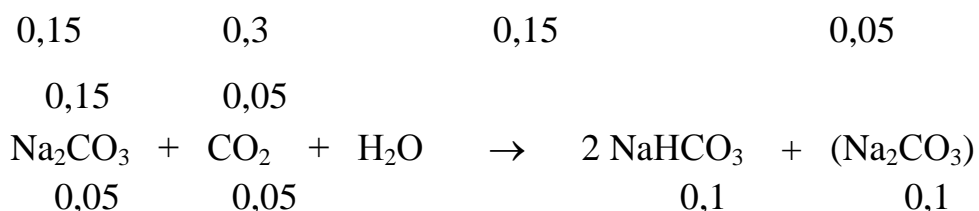
3) Газы, образующиеся при прокаливании этой смеси —  $\text{CO}_2$ ,  $\text{O}_2$  и  $\text{NO}_2$ . Со щелочью реагируют  $\text{CO}_2$  и  $\text{NO}_2$ . Рассчитаем количество вещества щелочи и запишем уравнения реакций газов со щелочью:

$m(\text{газов}) = 0,2 \cdot 44 + 0,2 \cdot 46 = 18 \text{ г.}$

$m(\text{раствора NaOH}) = 118 - 18 = 100 \text{ г.}$

$n(\text{NaOH}) = 100 \cdot 0,2 / 40 = 0,5$  моль.





4) Рассчитываем массовые доли солей в конечном растворе:

$$\omega(\text{NaHCO}_3) = 0,1 \cdot 84 / 118 = 0,0712.$$

$$\omega(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 0,1 \cdot 106 / 118 = 0,0898.$$

$$\omega(\text{NaNO}_3) = 0,1 \cdot 85 / 118 = 0,072.$$

$$\omega(\text{NaNO}_2) = 0,1 \cdot 69 / 118 = 0,0585.$$

Ответ:  $\omega(\text{NaHCO}_3) = 7,12 \%$ ;  $\omega(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 8,98 \%$ ;  $\omega(\text{NaNO}_3) = 7,2 \%$ ;  $\omega(\text{NaNO}_2) = 5,85 \%$ .

## 11. Многовариантные задачи

Это задачи, для получения ответа на которые нужно перебрать несколько вариантов решения, задаваясь, например, в каждом варианте иным соотношением реагентов. Такие задачи встречаются довольно редко, и в них, как и в задачах, решаемых методом подбора иногда возможно несколько правильных решений.

**Пример 13.** 71,5 г кристаллической соды растворили в 80 мл воды и полученный раствор медленно обработали раствором соляной кислоты с массовой долей хлороводорода 36,5 %. Определите массовые доли веществ в полученном растворе, если известно, что массовая доля ионов натрия в нем составила 6,22 %.

Решение:

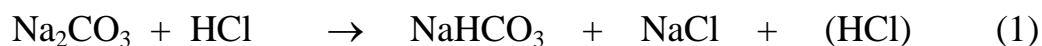
1) Рассчитываем количество вещества карбоната натрия, определяем массу ионов натрия в конечном растворе и находим массу конечного раствора:

$$n(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}) = 71,5 / 286 = 0,25 \text{ моль.}$$

$$m(\text{Na}^+) = 0,25 \cdot 2 \cdot 23 = 11,5 \text{ г.}$$

$$m(\text{конечного раствора}) = 11,5 / 0,0622 = 184,9 \text{ г.}$$

2) Записываем уравнения возможных химических реакций, учитывая, что сначала в избытке находится карбонат, и процесс проходит через образование кислой соли:



Поскольку из условий задачи не ясно соотношение реагирующих веществ, можно только предполагать, насколько глубоко прошел процесс. Можно представить себе три возможных случая: а) реакция (1) не прошла до конца, б) реакция (1) прошла до конца, и реакция (2) прошла не до конца и в) обе реакции прошли до конца.

Рассмотрим случай а). Здесь не происходит выделения газа, поэтому масса конечного раствора равна сумме масс кристаллической соды, воды и раствора кислоты:

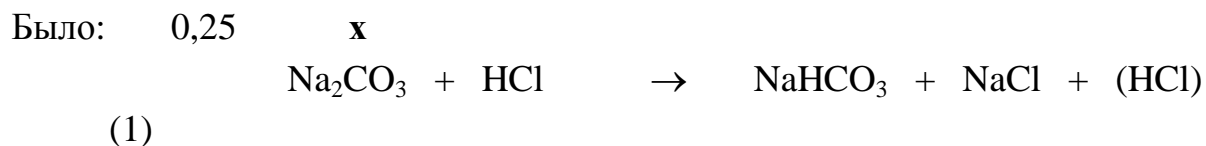
$$184,9 = 71,5 + 80 + m(\text{раствора HCl});$$

$$m(\text{раствора HCl}) = 184,9 - 71,5 - 80 = 33,4 \text{ г.}$$

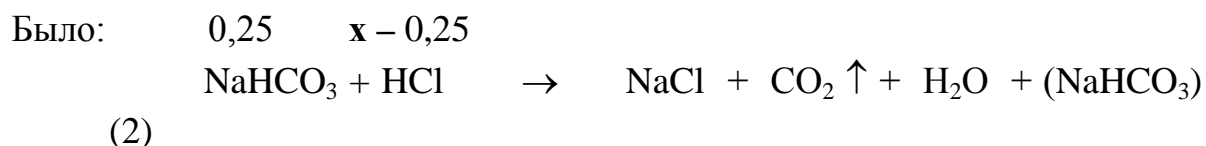
$$n(\text{HCl}) = 33,4 \cdot 0,365 / 36,5 = 0,334 \text{ моль.}$$

Рассчитанное количество вещества HCl больше, чем  $n(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10 \text{ H}_2\text{O})$ , что противоречит первому предположению.

Случай б). Происходит выделение газа, поэтому масса конечного раствора равна сумме тех же масс за вычетом массы углекислого газа. Обозначим за  $x$  количество вещества исходного HCl, тогда масса раствора HCl будет равна  $x \cdot 36,5 / 0,365 = 100x$ . Запишем уравнения реакций с учетом прореагировавших и образовавшихся веществ, выразим массу раствора HCl, исходя из массы конечного раствора, и приравняем ее  $100x$ :



Прореагировало: 0,25            0,25    стало:    0,25            0,2             $x - 0,25$



$x - 0,25$      $x - 0,25$     стало:     $x - 0,25$      $x - 0,25$                      $0,5 - x$

$$184,9 = 71,5 + 80 + m(\text{раствора HCl}) - (x - 0,25) \cdot 44;$$

$$m(\text{раствора HCl}) = 184,9 - 71,5 - 80 + (x - 0,25) \cdot 44 = 22,4 + 44x.$$

$$100x = 22,4 + 44x; 56x = 22,4; x = 22,4 / 56 = 0,4.$$

Полученное значение количества HCl удовлетворяет второму предположению.

3) Определяем массовые доли веществ в конечном растворе:

$$n(\text{NaCl}) = 0,25 + x - 0,25 = x = 0,4 \text{ моль.}$$

$$\omega(\text{NaCl}) = 0,4 \cdot 58,5 / 184,9 = 0,1266.$$

$$n(\text{NaHCO}_3) = 0,5 - 0,4 = 0,1 \text{ моль.}$$

$$\omega(\text{NaHCO}_3) = 0,1 \cdot 84 / 184,9 = 0,0454.$$

4) Проверим третье предположение. Если обе реакции прошли до конца, то количество вещества выделившегося углекислого газа равно количеству вещества кристаллической соды:

$$m(\text{раствора HCl}) = 184,9 - 71,5 - 80 + 0,25 \cdot 44 = 44,4 \text{ г.}$$

$$n(\text{HCl}) = 44,4 \cdot 0,365 / 36,5 = 0,444 \text{ моль.}$$

Такого количества хлороводорода не хватит на то, чтобы обе реакции прошли до конца, поэтому третье предположение неверно.

Ответ:  $\omega(\text{NaCl}) = 12,66 \%$ ;  $\omega(\text{NaHCO}_3) = 4,54 \%$ .

## 12. Составление материального баланса

Этот метод основан на законе сохранения массы вещества или количества вещества элемента при протекании химических реакций. Чаще всего он используется при решении задач на нахождение формул веществ по продуктам их превращений. Уравнения материального баланса могут составляться как на количество вещества элемента, так и на массы веществ, или смесей, или растворов, взятых для проведения реакции и образовавшихся в результате ее.

**Пример 14.** Некоторое количество соли органической кислоты сожгли в 3,136 л (н.у.) кислорода. После приведения продуктов сгорания к нормальным условиям выделилось 2,52 г воды и осталось 2,912 л газовой смеси, которую пропустили через избыток раствора гидроксида кальция, в результате чего выпало 8 г осадка. Предложите структурную формулу соли, если известно, что оставшаяся азото–кислородная смесь имеет плотность по водороду 15,2.

Решение:



1) Если судить по продуктам сгорания, исходная соль содержала углерод, водород, кислород и азот. Пересчитываем все массы и объемы на количества веществ и записываем уравнения химических реакций:

$$n(\text{исходного кислорода}) = 3,136 / 22,4 = 0,14 \text{ моль.}$$

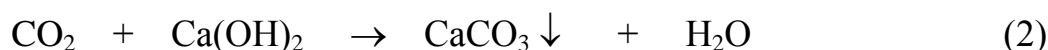
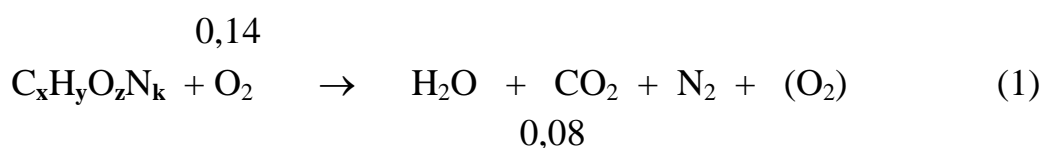
$$n(\text{H}_2\text{O}) = 2,52 / 18 = 0,14 \text{ моль.}$$

$$n(\text{H}) = 0,14 \cdot 2 = 0,28 \text{ моль.}$$

$$n(\text{газовой смеси}) = 2,912 / 22,4 = 0,13 \text{ моль.}$$

$$n(\text{CaCO}_3) = 8 / 100 = 0,08 \text{ моль.}$$

$$n(\text{C}) = 0,08 \text{ моль.}$$



2) Рассчитываем состав смеси азота и кислорода, оставшейся после пропускания газов через гидроксид кальция:

$$n(\text{N}_2 + \text{O}_2) = 0,13 - 0,08 = 0,05 \text{ моль.}$$

$$M_{\text{ср.}}(\text{смеси N}_2 + \text{O}_2) = 15,2 \cdot 2 = 30,4 \text{ г/моль.}$$

$$m(\text{смеси N}_2 + \text{O}_2) = 30,4 \cdot 0,05 = 1,52 \text{ г.}$$

Пусть  $n(\text{N}_2) = \mathbf{a}$  и  $n(\text{O}_2) = \mathbf{b}$ .

$$\begin{array}{l|l|l|l} \mathbf{a} + \mathbf{b} = 0,05 & \cdot 32 & 32\mathbf{a} + 32\mathbf{b} = 1,6 & 4\mathbf{a} = 0,08 \\ 28\mathbf{a} + 32\mathbf{b} = 1,52 & & 28\mathbf{a} + 32\mathbf{b} = 1,52 & \mathbf{a} = 0,02 \end{array} \quad \mathbf{b} = 0,03$$

$$n(\text{N}_2) = 0,02 \text{ моль.}$$

$$n(\text{N}) = 0,04 \text{ моль.}$$

$$n(\text{O}_2) = 0,03 \text{ моль.}$$

3) Составляем уравнение материального баланса по количеству атомов кислорода в левой и правой части уравнения (1):

$$n(\text{O в исходном веществе}) + n(\text{O в исходном кислороде}) = n(\text{O в воде}) + n(\text{O в CO}_2) + \nu(\text{O в оставшемся кислороде})$$

$$n(\text{O в исходном веществе}) = 0,14 + 0,08 \cdot 2 + 0,03 \cdot 2 - 0,14 \cdot 2 = 0,08 \text{ моль.}$$

4) Определяем формулу вещества:

$\mathbf{x} : \mathbf{y} : \mathbf{z} : \mathbf{k} = 0,08 : 0,28 : 0,08 : 0,04 = 2 : 7 : 2 : 1$ .  $\text{C}_2\text{H}_7\text{O}_2\text{N}$ . Это ацетат аммония  $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ .

Ответ:  $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ .

### **ИЗДАНИЯ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ОЛИМПИАДЕ**

1. Кнунянц И.Л. Химический энциклопедический словарь.
2. Химическая энциклопедия: В 5 тт.
3. Учебники по химии для средней школы 8-11 класс.
4. Н.Е. Кузьменко, В.В. Еремин, В.Ф. Попков. Начала химии: Современный курс для поступающих в вузы.
5. В.В. Еремин. Теоретическая и математическая химия для школьников. Подготовка к химическим олимпиадам. МЦНМО. 2007 г.
6. Н.Е. Кузьменко, В.В.Еремин. Сборник конкурсных задач по химии для школьников и абитуриентов.
7. В.Ф. Попков, С.А. Пузаков. Пособие по химии. Вопросы, упражнения, задачи. Образцы экзаменационных билетов.
8. И.Г.Хомченко. Общая химия.
9. И.Г.Хомченко. Общая химия. Сборник задач и упражнений.
10. И.Ю.Белавин. Решение задач по химии.

### **ИНФОРМАЦИОННЫЕ ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ОЛИМПИАДЕ**

1. [www.xumuk.ru](http://www.xumuk.ru)
2. [www.chem.msu.su](http://www.chem.msu.su)
3. [school-collection.edu.ru](http://school-collection.edu.ru)
4. [dic.academic.ru](http://dic.academic.ru)
5. [www.chem.msu.su/.../zadachi\\_olimpiad.html](http://www.chem.msu.su/.../zadachi_olimpiad.html)
6. [olimp.distant.ru](http://olimp.distant.ru)
7. [chemworld.narod.ru](http://chemworld.narod.ru)
8. [chem.rusolymp.ru](http://chem.rusolymp.ru)
9. [olympics.chemport.ru](http://olympics.chemport.ru)