

Институт повышения квалификации и переподготовки  
работников образования при Ульяновском государственном  
педагогическом университете им. И. Н. Ульянова

Ахметов М. А.

Математические методы решения расчетных  
задач по химии

в помощь слушателям курсов повышения  
квалификации учителей химии

Ульяновск 2001 г

Ахметов М. А. Математические методы решения расчетных задач по химии (в помощь слушателям курсов повышения квалификации учителей химии). Ульяновск: ИПК ПРО, 2000.(испр. и доп.) - 20 с.

РЕЦЕНЗЕНТЫ: Лисин А. Ф., канд. хим. наук доцент  
Кузьмина Т. Ю. учитель химии высш. кат.

Пособие предназначено для учителей химии общеобразовательных учебных заведений, обучающихся на курсах повышения квалификации. Пособие может быть использовано учащимися общеобразовательных школ при подготовке к олимпиадам и вступительным экзаменам. Описывается и обобщается большая часть математических и логических приемов, используемых при решении расчетных задач по химии усложненного типа (олимпиадных, экзаменационных). Продемонстрированы различные способы решения одной и той же расчетной задачи по химии.

Ответственный редактор: проректор по учебно-методической работе ИПК ПРО, канд. пед. наук Т. Ф. ЕСЕНКОВА

Печатается по решению редакционно-издательского совета института повышения квалификации и переподготовки работников образования при Ульяновском государственном педагогическом университете им. И. Н. Ульянова

© Институт повышения квалификации и переподготовки работников образования при Ульяновском государственном университете им. И. Н. Ульянова

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение .....	3
1. Расчет состава смесей по химическим формулам.....	5
2. Расчет состава смесей по химическим уравнениям.....	9
3. Прием вычитания масс.....	12
4. Прием анализа пути.....	13
5. Методы решения задач на обратимые и незаконченные реакции.....	15
6. Методика двух неизвестных.....	17
7. Логический прием решения .....	18
8. Задачи для самостоятельного решения.....	19

### Введение

Среди задач по химии, предлагаемых учащимся на олимпиадах, а выпускникам на вступительных экзаменах встречаются такие расчетные задачи, для решения которых необходимо владеть определенными логическими приемами. Практически все эти задачи требуют введения одного или нескольких неизвестных, составления уравнения, либо системы уравнений и его (ее) решения.

Школьная химия отличается от школьной физики, например, меньшим количеством формул, которые необходимо запомнить. Из них чисто химических только восемь. Шесть из этих формул связаны с расчетами количества вещества  $\nu$ , измеряемого в молях:

$$\nu = m/M \quad (1)$$

$$\nu = V/V_M \quad (2)$$

$$\nu = N/N_A; \quad (3)$$

$$\nu = C \cdot V \quad (4)$$

$$\nu = PV/RT \quad (5)$$

- уравнение Менделеева - Клапейрона (уравнение состояния идеального газа):

$$\nu e = Q/F, \quad (6)$$

где  $m$  - масса (г);  $M$  - молярная масса (г);  $V$  - объем;  $V_M$  - объем молярный (объем и объем молярный нужно брать в одних единицах);  $N$  - количество частиц (молекул, атомов, ионов, электронов, протонов),  $N_A$  - число Авогадро ( $6,02 \cdot 10^{23}$ );  $C$  - молярная концентрация (обычно в моль/л);  $P$  - давление (Па, 1 атм.  $\approx 10^5$  Па);  $R$  - универсальная газовая постоянная  $R = 8,31$  Дж/моль•град;  $\nu_e$  - количество электронов (в молях);  $Q$  - количество электричества (Кл);  $F$  - постоянная Фарадея ( $\approx 96500$  Кл).

Три формулы связаны с расчетами доли (измеряется безразмерной величиной - долей от единицы): массовой:

$$\omega = m_{\text{ч}} / m_{\text{об}} \quad (7)$$

где  $m_{\text{ч}}$  – масса частная (индивидуального вещества в смеси или элемента в веществе), а  $m_{\text{об}}$  – масса общая, массу можно ставить в любых единицах - главное, чтобы обе массы (частная и общая) были взяты в одних единицах.

Объемной:

$$\varphi = V_{\text{ч}} / V_{\text{об}}, \quad (8)$$

где  $V_{\text{ч}}$  - объем частный,  $V_{\text{об}}$  - объем общий. Объем можно брать в любых единицах, главное, чтобы частный и общий объем были взяты в одних единицах измерения объема.

Мольной:

$$\chi = \nu_{\text{ч}} / \nu_{\text{об}}, \quad (9)$$

где  $\nu_{\text{ч}}$  - частное количество вещества,  $\nu_{\text{об}}$  - общее количество вещества.

Все три вида доли можно выражать также в %. Для перевода в проценты значение доли от единицы необходимо помножить на 100. Для перевода процентов в доли от единицы, необходимо соответствующее значение в процентах поделить на 100.

Еще одна формула необходима для расчета выхода продукта реакции ( $\eta$ ), который можно определить тремя способами:

$$\eta = m_{\text{прак.}} / m_{\text{теор.}} = V_{\text{прак.}} / V_{\text{теор.}} = \nu_{\text{прак.}} / \nu_{\text{теор.}} \quad (10)$$

Для определения выхода в процентах полученное значение необходимо умножить на 100.

К описанным формулам следует добавить уравнение, необходимое для расчета количества электричества:

$$Q = It, \quad (11)$$

позаимствованное из школьного курса физики. И уравнение для расчёта плотности ( $\rho$ ):

$$\rho = m / V \quad (12)$$

При использовании уравнений (5), (6) и (11) необходимо все значения подставлять в величинах, используемых в рамках одной системы единиц. Воспользуемся рекомендациями международного союза прикладной и чистой физики (IUPAP) и будем подставлять все единицы в системе СИ. Согласно этой системе  $P$  - давление измеряется в паскалях (Па);  $V$  - объем - в метрах кубических ( $\text{M}^3$ );  $\nu$  - количество вещества в молях;  $R$  - универсальная газовая постоянная 8,31 Дж/моль•град; температура - в Кельвинах (К,  $^{\circ}\text{C} + 273$ );  $Q$  - количество электричества - в кулонах (Кл);  $I$  - сила тока - в амперах (А);  $t$  - время - в секундах (С).

Анализ наиболее распространенных типов расчетных задач позволяет выделить несколько (по методам их решения):

### 1. Расчет состава смесей по химическим формулам

Смеси бывают двухкомпонентные и многокомпонентные. Среди приемов, которые будут рассмотрены, можно выделить, пригодные только для двухкомпонентных смесей и те, которые подходят для расчета состава смесей с любым количеством компонентов.

Предлагаемые способы решения удобнее рассмотреть на конкретных примерах.

**Задача 1.1.** В каком объемном соотношении необходимо смешать водород и углекислый газ, чтобы получить газовую смесь по плотности равную воздуху.

А. Квадрат Пирса (правило креста). Как известно (закон Авогадро), равные количества газов занимают равные объемы. Следовательно, если молярные массы газов равны, значит, равны и их плотности. Поэтому, нужно смешать водород и углекислый газ так, чтобы средняя молярная масса полученной газовой смеси была равна молярной массе воздуха (29 г/моль). Определив молярные массы  $H_2$  и  $CO_2$ , зная среднюю молярную массу воздуха, расставим их в виде треугольника:

$$\begin{array}{ccc} H_2 & 2 & \backslash \\ \text{воздух} & & 29 \\ CO_2 & 44 & / \end{array}$$

Найдем разницу в числах по диагонали  $2-29=-27$ ;  $44-29=15$ . Отбросив минус, поставим их, в соответствии с диагональю, по которой они были определены 27 - напротив  $CO_2$ ; 15 - напротив  $H_2$ :

$$\begin{array}{ccc} H_2 & 2 & \backslash & 15 \\ \text{воздух} & & 29 & / \\ CO_2 & 44 & / & 27 \end{array}$$

Соотношение 15:27 и будет ответом. Ответ: Углекислый газ и водород необходимо смешать в объемном соотношении 15:27.

Б. Введем два неизвестных. Примем количество одного компонента за  $x$ , а второго - за  $y$ . Воспользуемся формулой  $v=m/M$  и, преобразовав, получим  $M_{см} = m_{см}/v_{см}$ . Помня, что  $m_{см} = m(H_2) + m(CO_2)$ , а  $v_{см} = v(H_2) + v(CO_2)$  получим  $29 = (2x + 44y)/(x + y)$ . Упростив, получим, что  $27x = 15y$ . Полученное соотношение говорит о том что, водород с углекислым газом необходимо смешать в молярном (объемном) соотношении 27:15, что подтверждает ответ, полученный при решении способом А.

В. Примем количество одного из компонентов за 1 моль, а второго - за  $x$ . Данный способ позволяет рассчитать количество углекислого газа, требуемого на 1 моль водорода. Преобразования, описанные в Б варианте решения, позволяют получить следующее уравнение:  $29 = (2 + 44x)/(1+x)$ .  $\Rightarrow 29 + 29x = 2 + 44x \Rightarrow 27 = 15x$ . Полученное выражение означает, что водород с углекислым газом необходимо смешать в соотношении 27:15.

Г. Примем общее количество реагентов за 1 моль, а первого компонента за  $X$ , следовательно, количество второго компонента будет равно  $1-x$ . Воспользовавшись формулой  $v_{см} = m_{см}/M_{см}$ , получим  $1 = (2x + 44(1-x))/29$ ,  $\Rightarrow 29 = 2x + 44 - 44x$ . Совершив необходимые преобразования, получим  $42x = 15 \Rightarrow x = 15/42$ , а  $1-x = 27/42 \Rightarrow x/(1-x) = 15/27$ . Полученный ответ подтверждает справедливость выбранного способа решения.

Д. Решение задачи с использованием понятия "доля". Можно воспользоваться следующим правилом: вклад выделенной величины  $X$ , характеризующей каждый компонент смеси, в суммарную величину, характеризующую всю смесь, пропорционален его доле (которую в общем виде можно обозначить как  $\varepsilon$ ). Для смеси, состоящей из компонентов  $a, b, \dots, i$ , математически это правило можно выделить следующим образом:

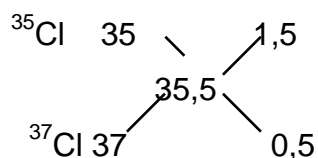
$$X(a) \cdot \varepsilon(a) + X(b) \cdot \varepsilon(b) + \dots + X(i) \cdot \varepsilon(i) = X(см). \quad (13)$$

Исходя из определения доли, необходимо помнить, что сумма долей всех компонентов смеси равна 1 или 100% (в зависимости от способа выражения). Выбор вида доли (массовая, объемная, мольная) определяется анализом условия каждой конкретной задачи.

Для решения задачи данным методом нужно определить характеристику, о которой идет речь в задании - это молярная масса смеси и составляющих компонентов. Приняв мольную долю  $H_2$  за  $x$ , а  $CO_2$  - за  $(1-x)$  получим выражение  $29 = 2x + 44(1-x)$ . Преобразовав, получим  $42x = 15 \Rightarrow x = 15/42$ ;  $1-x = 27/42$ , а отношение  $x/(1-x) = 15:27$ .

**Задача 1.2.** Природный хлор представлен двумя изотопами  $^{35}Cl$  и  $^{37}Cl$ . Во сколько раз ядер  $^{35}Cl$  больше, чем ядер  $^{37}Cl$ ?

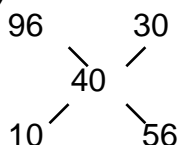
Для решения представленной задачи подходят все описанные способы решения (А-Д). Однако, наиболее простым получается решение при использовании правила креста (А).



Полученное соотношение 1,5:0,5 свидетельствует, что атомов хлора с массовым числом 35 в три раза больше.

**Задача 1.3.** Какие массы 96% и 10% серной кислоты необходимо взять для получения 400 г 40% серной кислоты?

Подходят все способы решения (А-Д). Наиболее простым способом для решения задач подобного типа является правило креста (А):



30: 56 или 15:28 (на 15 массовых частей 96% серной кислоты нужно взять 28 частей 10% кислоты). Т.е.  $15x + 28x = 400 \Rightarrow 43x = 400$ ,  $x = 9,3$ . Масса 96% серной кислоты равна  $15 \cdot 9,3 = 139,5$ ; Масса 10% серной кислоты равна:  $28 \cdot 9,3 = 260,5$ .

Рассмотрим способ решения этой задачи через введение двух неизвестных (Б).

Однако, в данном случае, удобнее оперировать с массами. Примем массу 96% серной кислоты за  $x$ , а 10% - за  $y$ . Тогда, из определения массовой доли (5) получим:  $0,4 = (0,96x + 0,10y)/(x + y) \Rightarrow 0,4x + 0,4y = 0,96x + 0,10y \Rightarrow 0,30y = 0,56x$ . С другой стороны  $x + y = 400$ . Получив систему уравнений  $0,30y = 0,56x$

$$y = 400 - x,$$

решим ее  $0,3 \cdot (400 - x) = 0,56x \Rightarrow 120 - 0,3x = 0,56x \Rightarrow 0,86x = 120 \Rightarrow x = 139,5$ , что вполне согласуется с ответом, полученным при решении задачи методом креста.

**Задача 1.4.** Найдите массовую долю этанола в водном растворе спирта, в котором содержание кислорода как элемента составляет 50%.

Подходят все способы, но проще задача решается методом креста:

Определив массовые доли кислорода в этаноле и в воде по уравнению (5).

Расставим их согласно правилу

этанол ( $\omega_0\%$ )	35	39
смесь ( $\omega_0\%$ )	50	
вода ( $\omega_0\%$ )	89	15

Полученные значения показывают, что этанол с водой необходимо смешать в массовом соотношении 39:15. Отсюда, массовая доля этанола равна  $39/(39+15) = 0,722$  или 72,2%.

**Задача 1.5.** Найдите массовую долю формальдегида в формалине (водный раствор формальдегида), в котором на 11 протонов приходится 9 нейтронов.

Решить эту задачу, используя правило креста (А), вряд ли удастся. Тем не менее, для ее решения подойдет любой из методов (Б-Д). Воспользуемся методом В, приняв количество формальдегида за 1, а воды за  $x$ . Подсчитаем суммарное количество протонов и суммарное количество нейтронов в означенных количествах веществ (в молекуле формальдегида на 16 протонов приходится 14 нейтронов, а в молекуле воды - на 10 протонов - 8 нейтронов). Суммарное количество протонов будет равно (в молях)  $(16 + 10x)$ ; а нейтронов  $(14 + 8x)$ . Откуда,  $(16 + 10x)/(14 + 8x) = 11:9$ . Преобразовав уравнение, получим  $144 + 90x = 154 + 88x \Rightarrow 2x = 10$ , а  $x = 5$ . Полученный результат показывает, что на 1 моль формальдегида необходимо взять 5 моль воды. Воспользовавшись уравнением (5) найдем массовую долю формальдегида:  $\omega = 30/(30 + 5 \cdot 18) = 0,25$  или 25%.

**Задача 1.6.** Определить объемную долю  $SO_2$  в смеси с  $SO_3$ , в которой на 5 атомов серы приходится 12 атомов кислорода.

Для решения этой задачи подойдут все методы (Б-Д), кроме правила креста. Воспользуемся для ее решения методом Г. Примем общее количество газов за 1 моль, количество  $SO_2$  - за  $x$  моль, а  $SO_3$  - за  $(1-x)$  моль. Подсчитаем общее количество атомов серы -  $(x + (1-x))$  и атомов кислорода -  $(2x + 3(1-x))$ . Разделив полученные выражения, приравняем их к требуемому значению:  $1/(3-x) = 5:12$ . Воспользовавшись правилом пропорции, получим:  $15 - 5x = 12 \Rightarrow 5x = 3$ . Полученное

выражение свидетельствует, что мольная (для газов значит и объемная) доля  $\text{SO}_2$  составляет  $3/5$ , а  $\text{SO}_3$  -  $2/5$  (60% и 40%, соответственно).

Задача 1.7. Определить массу 10 л (н. у.) газовой смеси, в которой на 1 молекулу метана приходится 2 молекулы этана, 3 молекулы пропана и 4 молекулы бутана.

1 способ: Для решения этой задачи подходит способ Д. Воспользовавшись уравнением 11, определим среднюю молярную массу смеси. Мольные доли метана, этана, пропана и бутана равны 0.1, 0.2, 0.3 и 0.4 соответственно. Поэтому, уравнение 11 приобретет вид  $M_{\text{см}} = 0.1 \cdot 16 + 0.2 \cdot 30 + 0.3 \cdot 44 + 0.4 \cdot 58$ .  $\Rightarrow M_{\text{см}} = 44,8$  г/моль. Воспользовавшись уравнениями (1) и (2) определим массу 10 л газовой смеси.  $m = 10 : 22,4 \cdot 44,8 = 20$  г.

2 способ: Решение данной задачи возможно и через введение неизвестного. Определим объемы газов. Если, объем метана равен  $x$ , тогда объем этана -  $2x$ , пропана -  $3x$ , а бутана -  $4x$ . Тогда  $x + 2x + 3x + 4x = 10 \Rightarrow x = 1$  л. Определив массы 1 л метана, 2 л этана, 3 л пропана и 4 л бутана, сложим их, найдя массу 10 л газовой смеси:  $1 : 22,4 \cdot 16 + 2 : 22,4 \cdot 30 + 3 : 22,4 \cdot 44 + 4 : 22,4 \cdot 58 = 20$  г.

Задача 1.8. Какую массу 5% раствора сульфата меди и медного купороса  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  необходимо взять для получения 400 г 10% раствора сульфата меди?

Оптимальный способ решения данной задачи правило креста. Для использования данного способа необходимо определить массовую долю сульфата меди в кристаллогидрате:  $\omega = 160/250 = 0,64$ . Далее расположим полученные данные в виде креста

5 % р-р	5	54
смесь	10	
$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	64	5

Находя разницу по диагонали, получим отношение масс при смешении. Таким образом, масса кристаллогидрата будет равна  $\omega$  ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ )  $\cdot 400 = 54/(54+5) \cdot 400 = 366,1$  г. Следовательно масса 5 % раствора будет равна  $400 - 366,1 = 33,9$  г

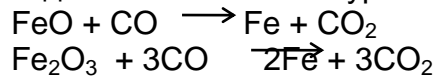
## *2. Расчет состава смесей по уравнениям химических реакций*

Стандартный сценарий подобных задач сводится к тому, что смесь двух веществ реагирует с одним реагентом. Зная количество израсходованного реагента (полученного продукта), и массу смеси веществ, можно определить доли каждого из веществ. Возможны несколько усложненные варианты: например, когда масса смеси веществ неизвестна, но смесь веществ участвует в двух реакциях, или когда дана смесь из трех веществ с известной массой и две серии реакций. Встречаются задачи, когда смесь из трех веществ неизвестной массы участвует в трех сериях реакций. Анализу различных способов решения этих задач посвящена данная глава.

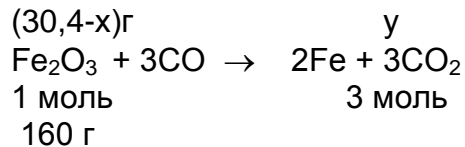
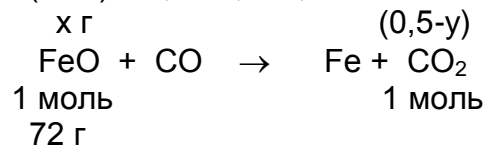
Задача 2.1. В результате полного восстановления 30,4 г смеси монооксида железа  $\text{FeO}$  и триоксида дижелеза  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  избытком  $\text{CO}$  было получено 11,2 л (н. у.) углекислого газа. Определите массовую долю монооксида железа в смеси.



Способ 2А. Составлением системы уравнений. Начнем решение задачи с составления уравнений реакций:

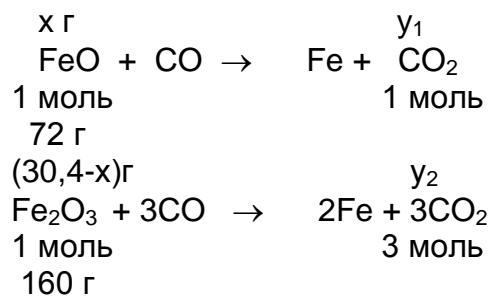


Под уравнениями подставим данные, соответствующие молярному уровню прочтения уравнения. Например, уравнение взаимодействия триоксида дижелеза с СО можно прочесть так: В результате взаимодействия 1 моля  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  с 3 молями угарного газа образуется 2 моля металлического железа и 3 моля углекислого газа. Над уравнением поместим данные, соответствующие условию задачи, введя минимальное число неизвестных. Предварительно переведем полученный объем углекислого газа в количество вещества  $\nu(\text{CO}_2)=11,2:22,4=0,5$  моль



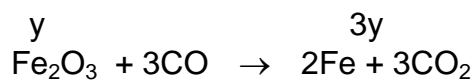
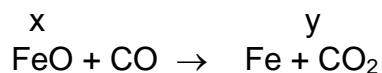
Отношение массы реагента из условия задачи к массе реагента, подставленной из уравнения реакции, равно такому же отношению масс, молей, объемов для продукта реакции, т. е.:  $x/72=(0,5-y):1$  и  $(30,4-x)/160=y/3$ . Таким образом, мы получили систему уравнений с двумя неизвестными. Решение системы уравнений даст количество диоксида углерода, полученного при восстановлении  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  равно 0,3 молям. Следовательно, при восстановлении FeO образовалось 0,2 моль  $\text{CO}_2$ . Значит в исходной смеси находилось 0,2 моль FeO и 0,1 моль  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . Общая масса такой смеси будет равна  $0,2 \cdot 72 + 0,1 \cdot 160 = 30,4$ . Массовая доля FeO будет равна  $14,4:30,4=0,4737$  или 47,37%.

Способ 2Б. Составлением системы уравнений в неявном виде. Этот способ является более простым в сравнении с предыдущим, т. к. связан с более легкими расчетами. Отличие его от способа 2а состоит в том, что количества продуктов, выражаем двумя неизвестными, например,  $y_1$  и  $y_2$ .



Нам известно, что  $y_1 + y_2 = 0,5$  моль (11,2 л). Из пропорций выразим  $y_1$  и  $y_2$ , подставив полученные значения в предыдущее уравнение, получим:  $x:72 + 3(30,4-x):160 = 0,5$ . Решив уравнение получим  $x=14,4$ .

Способ 2В. С использованием количества вещества.



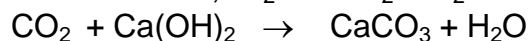
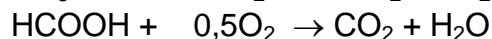
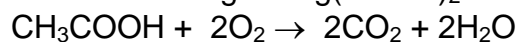
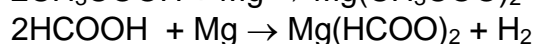
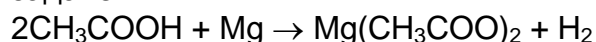
Примем количество FeO за  $x$ , а количество Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> за  $y$ . Из уравнений реакций следует, что 1 моль FeO позволит получить 1 моль углекислого газа. А 1 моль Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - 3 моль углекислого газа. Следовательно из  $x$  моль FeO получится  $x$  моль углекислого газа, а из  $y$  моль Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> -  $3y$  моль CO<sub>2</sub>. Выразим массу оксидов железа через принятые нами количества вещества.  $m(\text{FeO})=72x$ ;  $m(\text{Fe}_2\text{O}_3) = 160y$ . Полученные значения масс позволяют получить первое уравнение  $m(\text{FeO}) + m(\text{Fe}_2\text{O}_3) = 30,4$  или  $72x + 160y = 30,4$ . Найдём полученное количество углекислого газа  $11,2/22,4=0,5$ . Найдя суммарное в обеих реакциях количество углекислого газа, получим второе уравнение.  $x + 3y = 0,5$ . Таким образом нам удалось получить систему уравнений с двумя неизвестными:  $72x + 160y = 30,4$

$$x + 3y = 0,5$$

Умножив второе уравнение на 72 получим:  $72x + 216y = 36$ . Отняв от первого уравнения второе найдем:  $56y=5,6$ . Откуда  $y=0,1$ , а  $x = 0,2$ . Таким образом массовая доля монооксида железа будет равна  $\omega(\text{FeO})=0,2 \cdot 72/30,4 = 14,4/30,4 = 0,4737$  или 47,37%.

**Задача 2.2.** Смесь муравьиной и уксусной кислот была поделена на 2 равные части. Одна часть смеси при взаимодействии с магнием выделила 5,6 л водорода, а другая была сожжена. Продукты ее сгорания были пропущены в избыток раствора известковой воды. Масса выпавшего при этом осадка составила 80 г. Определите состав исходного раствора (в мольных долях) и его массу.

Для решения задачи воспользуемся способом 2в. Начнем с составления уравнений реакций химических процессов, описанных в задаче.



Найдем количество выделившегося водорода.  $\nu(\text{H}_2) = 5,6/22,4=0,25$  моль.

Из уравнений реакции кислот с магнием следует, что количество кислот вдвое превышает количество выделившегося водорода. Значит  $\nu(\text{CH}_3\text{COOH}) + \nu(\text{HCOOH}) = 0,5$  моль.

С другой стороны, из уравнения реакции углекислого газа с гидроксидом кальция следует, что количество выпавшего в осадок карбоната кальция равно количеству образовавшегося в ходе реакции горения кислот углекислого газа.  $\nu(\text{CaCO}_3) = m/M=80/100 = 0,8$  моль.  $\Rightarrow \nu(\text{CO}_2) = 0,8$  моль.

Каждый моль муравьиной кислоты в результате горения образует 1 моль углекислого газа, а каждый моль уксусной кислоты образует 2 моль углекислого газа.  $\Rightarrow \nu(\text{HCOOH}) + 2\nu(\text{CH}_3\text{COOH}) = 0,8$  моль.

Решим полученную систему уравнений:

$$\nu(\text{CH}_3\text{COOH}) + \nu(\text{HCOOH}) = 0,5 \text{ моль.}$$

$$\nu(\text{HCOOH}) + 2\nu(\text{CH}_3\text{COOH}) = 0,8 \text{ моль.}$$

Решив найдем, что  $\nu(\text{CH}_3\text{COOH}) = 0,3$  моль (после деления)  
 $\nu(\text{HCOOH}) = 0,2$  моль (после деления).

Нетрудно определить, что количество исходной уксусной смеси в смеси до её деления было равно  $0,3 \cdot 2 = 0,6$  моль; количество исходной муравьиной кислоты было равно  $0,2 \cdot 2 = 0,4$  моль. Мольная доля уксусной кислоты в исходной смеси равна  $\chi(\text{CH}_3\text{COOH}) = 0,6/1 = 0,6$  или 60%. Мольная доля муравьиной кислоты равна  $\chi(\text{HCOOH}) = 0,4/1 = 0,4$  или 40%.

Масса исходного раствора равна  $m(\text{HCOOH}) + m(\text{CH}_3\text{COOH}) = 0,4 \cdot 46 + 0,6 \cdot 60 = 18,4 + 36 = 54,4$  г.

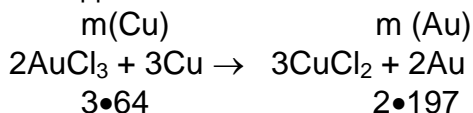
Задача 2.3. При сжигании 2,48 г смеси пропана, пропена, пропина образовалось 4,03 л углекислого газа (н. у.). Сколько граммов воды получилось при этом?

Для решения найдем количество углекислого газа.  $\nu(\text{CO}_2) = V:V_m = 4,03 \text{ л} : 22,4 \text{ л/моль} = 0,18$  моль.  $\nu(\text{C}) = \nu(\text{CO}_2) = 0,18$  моль. Найдем массу углерода  $m(\text{C}) = \nu \cdot M = 0,18 \text{ моль} \cdot 12 \text{ г/моль} = 2,16$  г. Масса водорода, входящего в состав углеводородов будет равна  $m(\text{H}) = 2,48 \text{ г} - 2,16 \text{ г} = 0,32$  г. Найдем количество водорода  $\nu(\text{H}) = m/M = 0,32 \text{ г} / 1 \text{ г/моль} = 0,32$  моль.  $\nu(\text{H}) = \nu(\text{H}_2\text{O}) \cdot 2$ .  $\nu(\text{H}_2\text{O}) = 0,16$  моль.  $m(\text{H}_2\text{O}) = \nu \cdot M = 0,16 \text{ моль} \cdot 18 = 2,88$  г.

### 3. Прием вычитания масс

Задача 3.1. Медную пластину опустили в раствор трихлорида золота. Через некоторое время ее вынули, высушили и взвесили. Оказалось, что масса пластины увеличилась на 2,02 г. Определите массу золота, осевшего на пластине.

Наиболее простым методом решения данной задачи является метод вычитания масс:



В случае выделения 394 г золота масса пластины увеличилась бы на  $394 - 192 = 202$  г

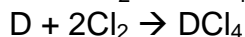
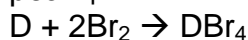
$x$ г	2,02
$x = 3,94$ г	

Задача 3.2. При обработке некоторой массы углеводорода избытком хлорной воды образовалось 9.8 г тетрахлорпроизводного, а при обработке такой же массы углеводорода избытком бромной воды - 18.7 г

тетрабромпроизводного. Определите молекулярную формулу диенового углеводорода.

Способ А. Вычитанием масс.

Обозначим диеновый углеводород буквой D. Запишем уравнения реакций.



Обозначим молярную массу D символом d. Найдем молярные массы тетрабромида и тетрахлорида.

Формула	M (г/моль)	m (г)
$DBr_4$	$d+80 \times 4$	18,7
$DCl_4$	$d+35,5 \times 4$	9,8
Разница ( $\Delta$ )	178	8,9

Количество вещества равно  $8,9/178=0,05$ . Следовательно молярная масса тетрахлорида равна  $9,8/0,05=196$ . Откуда  $d=196-142=54$ . Таким образом формула диенового углеводорода  $C_4H_6$ .

Способ Б. Метод пропорции

Запишем схему реакций.



Обозначив молярную массу вещества D символом d. Подставим значения найденных молярных масс под формулами галогенидов, а массы из условия задачи над формулами галогенпроизводных.

18,7      9,8



$d+320$                        $d+142$

Полученная пропорция  $18,7/(d+320)=9,8/(d+142)$  позволяет легко определить d.

А следовательно найти формулу углеводорода:  $C_4H_6$ .

#### 4. Прием анализа пути

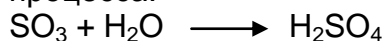
Логический прием при решении подобных задач состоит в поиске связи (пути) между данными задачи, через введение неизвестного:

Начальные данные  $\xrightarrow{\text{связь}}$  Конечные данные

Рассмотрим данную логическую схему на конкретном примере.

Задача 4.1. Какую массу  $SO_3$  (н. у.) необходимо растворить в 100 г 10%-ного раствора серной кислоты для получения 20%-ного раствора?

Запишем уравнение протекающего, при растворении  $SO_3$  процесса:



Представим массовую долю исходного раствора в виде отношения 10:100, а массовую долю конечного раствора - 0,2. Масса раствора должна увеличиться на массу растворенного  $SO_3$ , а масса серной кислоты на массу образовавшейся серной кислоты в ходе реакции  $SO_3$  с  $H_2O$ . Таким образом, выражение приобретет следующий вид:  $(10+m(H_2SO_4))/(100+m(SO_3))=0,2$ . Так как мы не знаем, сколько при этом необходимо растворить триоксида серы примем его количество за x, тогда количество образовавшейся серной кислоты также будет равно x. Наше выражение приобретет следующий вид:  $(10 + 98x)/(100+80x)=0,2$ .  $\Rightarrow x=0,122$ . Необходимая масса триоксида серы равна  $0,122 \cdot 80 = 9,76$  г.

Таким же образом можно определить необходимую массу кристаллогидрата, как в следующей задаче.

Задача 4.2. Какую массу 5% раствора сульфата меди и медного купороса  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  необходимо взять для получения 400 г 10% раствора сульфата меди? (Наиболее просто данная задача решается правилом креста см. 1.8.)

Способ 3А. Отличие данной задачи от предыдущей состоит в том, что дана масса не исходного раствора, а конечного. При решении задачи данным способом нужно отвлечься от массы конечного раствора. Вместо этого можно принять массу одного из составляющих будущий раствор частей за конкретное число. Например, определим, сколько нужно добавить 5%-ного раствора сульфата меди к 1 молю медного купороса:

1 моль  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$   $\xrightarrow{\text{5\% р-р сульфата меди?}}$  10% раствор  $\text{CuSO}_4$

или 160:250  $\xrightarrow{?}$  0,1

Примем массу 5%-ного раствора  $\text{CuSO}_4$  за  $x$ , тогда:

$(160 + 0,05x) : (250 + x) = 0,1$  Решение уравнения даст значение массы 5% раствора сульфата меди, равное 2700. Дальнейший ход рассуждения может быть таким:

Из 250 г  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  и 2700 г 5% раствора  $\text{CuSO}_4$  можно получить 2950 г 10% раствора  $\text{CuSO}_4$

.....  $x$  г .....  $y$  г ..... 400 .....

Решение пропорций дает значение массы медного купороса равное 33,9 г, а 5% раствора сульфата меди - 336,1 г

Способ 3Б.

Из условия задачи очевидно, что масса чистого вещества  $\text{CuSO}_4$  в конечном растворе равна 40 г или 0,25 моль. Сульфат меди в конечном растворе будет получен из двух составляющих: из 5% раствора и кристаллогидрата. Если количество вещества сульфата меди, полученного из кристаллогидрата принять за  $x$ , то количество  $\text{CuSO}_4$ , полученного из раствора будет равно  $(0,25-x)$ . Уравнение, связывающее концентрацию исходного раствора  $\text{CuSO}_4$  с концентрацией конечного раствора, приобретет вид:  $40 : ((0,25-x) \cdot 160 \cdot 20 + 250x) = 0,1$ . Где 40 - это масса растворенного вещества  $\text{CuSO}_4$ ;  $(0,25-x) \cdot 160 \cdot 20$  - это масса 5% раствора  $\text{CuSO}_4$ ;  $250x$  - масса добавленного кристаллогидрата; 0,1 - массовая доля сульфата меди в конечном растворе. Решение уравнения дает значение  $x$  равное 0,1356. Подставив значения количества вещества в соответствующие выражения, определим массы 5 % раствора и кристаллогидрата.

Задача 4.3. Сколько грамм глауберовой соли  $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  выпадет из 200 г насыщенного при  $30^\circ\text{C}$  раствора, при охлаждении его до  $0^\circ\text{C}$ . Растворимость сульфата натрия при  $30^\circ\text{C}$  равна 40,8, а при  $0^\circ\text{C}$  - 4,5 (г на 100 г воды).

Для решения задачи можно воспользоваться привычной схемой:

$\omega$  (Исходная)  $\xrightarrow{?}$   $\omega$  (конечная)

Определим массу растворенного вещества в 200 г насыщенного при  $30^\circ\text{C}$  раствора методом пропорции:

В 140,8 г насыщенного при  $30^\circ\text{C}$  раствора содержится 40,8 г  $\text{CuSO}_4$

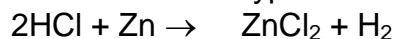
В 200 г  $x$

$$x = 57,95 \text{ г}$$

Определим массовую долю сульфата натрия в растворе, после охлаждения до  $0^{\circ}\text{C}$ . Она будет равна  $4,5:104,5=0,0431$ . Примем количество вещества кристаллогидрата за  $y$ . Теперь свяжем все данные в едином уравнении:  $(57,95-m(\text{Na}_2\text{SO}_4))/(200-m(\text{Na}_2\text{SO}_4\cdot 10\text{H}_2\text{O}))=0,0431$  или  $(57,95-142y)/(200-322y)=0,0431$ . Решение уравнения даст значение количества вещества  $y$   $\text{Na}_2\text{SO}_4\cdot 10\text{H}_2\text{O}$  равное  $0,445$ . Масса выпавшего кристаллогидрата будет равна  $0,445\cdot 322=143,3$  г.

**Задача 4.4.** В 100 г 20%-ного раствора соляной кислоты опустили цинковую пластину. Ее вынули, когда массовая доля  $\text{HCl}$  стала равна 5%. Сколько грамм цинка перешло в раствор.

Запишем уравнение протекающего процесса.



В раствор перейдет цинк, а из него улетучится водород.  $(20 - m(\text{HCl})):(100+m(\text{Zn})-m(\text{H}_2))=0,05$ . Пусть  $x$  моль соляной кислоты вступило в реакцию, тогда растворилось  $0,5x$  моль цинка и выделилось  $0,5$  моль водорода. Уравнение приобретет следующий вид.  $(20-36,5x):(100+0,5x\cdot 65-0,5x\cdot 2)=0,05$ . Решение уравнения даст значение  $x=0,3929$ . Следовательно, масса цинка равна  $0,3929\cdot 0,5\cdot 65=12,77$  г.

### 5. Методы решения задач на обратимые и незаконченные реакции

Химические процессы, описываемые в задачах данного типа отличаются своей незавершенностью. По количеству реагента в таких задачах нельзя сразу определить количество продукта, а по количеству продукта нельзя сразу найти количество реагента. Наиболее частая причина незавершенности реакций - это их обратимость. Идея предлагаемого метода состоит в представлении исходных данных для составления уравнения в виде таблицы, которая оформляется под уравнением химической реакции. Таблица включает две графы - до и после реакции, в которые проставляются соответствующие количества реагентов количества реагентов и продуктов реакции:

aA	+ bB	= cC	+ dD	Всего:
				до реакции
				после реакции

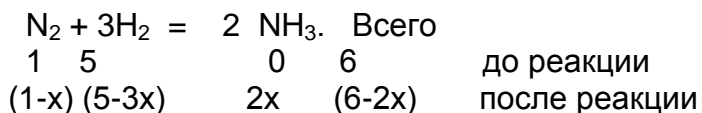
**Задача 5.1.** В реактор при  $450^{\circ}\text{C}$  ввели 1 моль азота и 5 моль водорода. Реакцию проводили при постоянной температуре, а за ходом реакции следили по манометру. Когда давление, в сравнении с первоначальным, снизилось на 20% , реактор охладили. Определите выход аммиака.

Начнем решение задачи с записи уравнения реакции:  $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 = 2\text{NH}_3$

Под уравнением введем две графы. В которые проставим количества реагентов и продуктов, находившихся в реакторе до начала и после окончания реакции.

В реактор было помещено 1 моль азота, 5 моль водорода, аммиака не было, т.е. - 0 моль. Нам неизвестно действительное

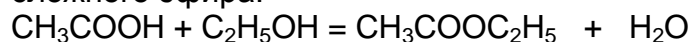
количество азота, вступившего в реакцию, примем его за  $x$  моль. Тогда водорода прореагирует  $3x$  моль, и образуется  $2x$  моль аммиака. По окончании реакции в реакторе будет находиться  $(1-x)$  моль азота,  $(5-3x)$  моль водорода и  $2x$  моль аммиака. Подсчитаем и общее количество вещества до, и после реакции:  $1+5=6$  моль - до реакции;  $1-x+5-3x+2x=(6-2x)$  - моль после реакции:



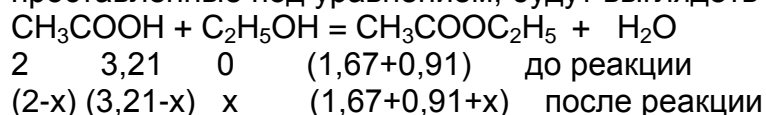
Из уравнения Менделеева-Клапейрона (уравнения состояния идеального газа)  $PV=\nu RT$  следует, что при  $T=\text{const}$   $P_1:P_2=\nu_1:\nu_2$ . Приняв начальное давление за  $y$ , а конечное за  $0,8y$  получим  $y:0,8y=6:(6-2x) \Rightarrow 6-2x=4,8 \Rightarrow x=0,6$ . Теоретический выход определим исходя из количества вещества, взятого в недостатке. Из 1 моль азота теоретически могли получить 2 моль аммиака, а получили только  $2x$  или 1,2. Воспользовавшись уравнением (8) получим  $1,2:2 = 0,6$  или 60%.

**Задача 5.2.** Найдите количество сложного эфира, которое образуется при нагревании до некоторой температуры смеси 150 г уксусной эссенции (80%-ный водный раствор) и 200 мл 90%-ного этанола ( $\rho=0,82$  г/мл) в присутствии серной кислоты в качестве катализатора, если константа равновесия для этой реакции при данной температуре равна  $1/3$ .

Для решения задачи запишем уравнение реакции образования сложного эфира:



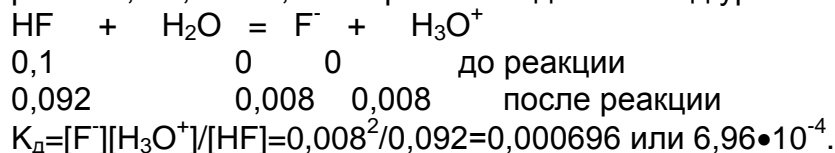
В 150 г раствора уксусной эссенции содержится 120 г (2 моль) уксусной кислоты и 30 г (1,67 моль) воды. В 200 мл (164 г) раствора этанола находится 147,6 г (3,21 моль) этанола и 16,4 г (0,91 моль) воды. Данные, проставленные под уравнением, будут выглядеть следующим образом:



Подставим, полученные в таблице цифры в выражение для константы равновесия реакции:  $K_p = [\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5][\text{H}_2\text{O}]/[\text{CH}_3\text{COOH}][\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}]=1/3$  или  $(2-x)(3,21-x)/x(2,58+x)=1/3$ . Условию задачи удовлетворяет значение корня  $x=1,22$  моль.

**Задача 5.3.** Водный раствор HF содержит 2,0 г кислоты в 1 литре раствора. Степень диссоциации кислоты равна 8%. Чему равна константа диссоциации?

Запишем уравнение реакции диссоциации HF:  $\text{HF} + \text{H}_2\text{O} = \text{F}^- + \text{H}_3\text{O}^+$ . Определим количество HF:  $\nu(\text{HF})=m/M=2/20=0,1$  моль. Количество продиссоциировавших молекул HF, образовавшихся ионов  $\text{F}^-$  и  $\text{H}_3\text{O}^+$  равно  $0,1 \cdot 0,08=0,008$ . Количество оставшегося после реакции HF будет равно  $0,1-0,008=0,092$ . Проставим данные под уравнением реакции.



Решение этой задачи возможно также вторым способом с использованием закона разбавления Оствальда  $K_d = C\alpha^2/(1-\alpha)$

### 6. Методика двух неизвестных

Из математики известно, что одно уравнение с двумя неизвестными имеет бесконечное число возможных решений. Тем не менее, такое уравнение имеет одно, либо несколько решений, в том случае, когда на него накладывается дополнительное ограничение. Например, действительными являются лишь оба положительных целочисленных корня - когда через  $x$  обозначается число атомов углерода, а через  $y$  - число атомов водорода. Возможен случай, когда за  $x$  принимают валентность элемента, а за  $y$  - соответствующее значение атомной массы. Идея данного математического приема будет вполне ясна, при разборе конкретных примеров.

**Задача 6.1.** Определить формулу углеводорода, если его молярная масса равна 96.

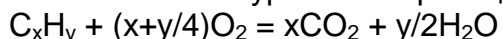
Любой углеводород имеет общую формулу  $C_xH_y$ . Составим выражение для молярной массы данного углеводорода  $12x+y=96$ . Выразим  $y$  через  $x$ . Единственно верное число атомов углерода равно семи. Так как при значении  $x=8$  на углерод ( $8 \cdot 12=96$ ) придется вся масса углеводорода. При значениях  $x=6$ ,  $y=24$  мы получим недействительную пару корней уравнения, в связи с тем, что 6 атомов углерода в углеводороде могут связать только 14 атомов водорода ( $C_nH_{2n+2}$ ). Следовательно, единственно возможный вариант  $C_7H_{12}$ .

**Задача 6.2.** При сгорании 3 г неизвестного простого вещества образуется 5,67 г оксида. Какое вещество сгорело?

Обозначим валентность неизвестного вещества за  $x$ . При условии, что образовался нормальный оксид (не пероксид, надпероксид) валентность кислорода должна быть равна двум. Следовательно, формулу полученного оксида можно записать как  $EI_2O_x$ . При составлении данной формулы учтем, что 2 атома элемента каждый по  $x$  отдадут  $2x$  электронов,  $x$  атомов кислорода, каждый по 2 примут  $2x$  электронов (при образовании соединения число принятых электронов равно числу отданных). Обозначив атомную массу элемента за  $x$ , получим  $3/2y=2,67/16x$ . Упростив выражение, выразим  $y$  через  $x$ :  $y=9x$ . При значении аргумента 3 получаем значение атомной массы равное 27 г/моль. Значит, сгорел алюминий.

**Задача 6.3.** 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.

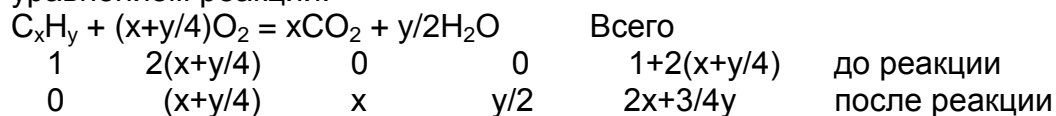
Запишем уравнение реакции горения углеводорода:



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  $\text{H}_2\text{O}$  и осталось не прореагировавшим  $(x+y/4)$  моль  $\text{O}_2$ . Для удобства (как и в главе 4) сведем все данные в виде таблицы под уравнением реакции.



Согласно газовым законам  $P_1:P_2=v_1:v_2$ . Приняв начальное давление за  $z$ , получим  $(1+2x+0,5y)/(2x+0,75y)=1z/1,05z$ . Упростив и выразив  $y$  через  $x$ , получим:  $y=(1,05+0,1x)/0,225$ . При значении  $x=3$  получим значение  $y=6 \Rightarrow \text{C}_3\text{H}_6$ . При значении  $x=12$  получим  $y=10 \Rightarrow \text{C}_{12}\text{H}_{10}$ .

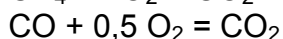
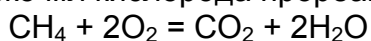
**Задача 6.4.** Определите формулу соединения, если известно, что массовая доля металла составляет 28%, серы - 24%, кислорода - 48%.

Определим соотношение между серой и кислородом. В 100 г вещества  $\nu(\text{S})=24:32=0,75$ , а  $\nu(\text{O})=48:16=3$ . Значит на 1 атом серы приходится 4 атома кислорода. Вероятнее всего, что искомая соль сульфат. Приняв валентность металла за  $x$ , запишем общую формулу сульфата.  $\text{Me}_2(\text{SO}_4)_x$ . Обозначив молярную массу металла за  $y$ , получим:  $28:2y=(24+48):(96x)$ . Упростим и выразим  $y$  через  $x$ :  $y=18,67x$ . При значении  $x=3$  получаем  $y=56$ . Значит формула соединения  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ .

### 7. Логический прием решения

Решение ряда задач возможно не методом математического расчёта, а путём логического рассуждения. Часто оказывается, что данный способ решения задачи обладает наибольшей эффективностью.

**Задача 7.1.** 50 мл смеси оксида углерода (II) и метана были взорваны с 60 мл кислорода. После взрыва и приведения газов к исходным условиям: 25 °С и 1 атм. их объём оказался равным 70 мл. Сколько мл кислорода прореагировало?



Из уравнений следует, что объём образовавшегося углекислого газа равен суммарному объёму взятых для реакции  $\text{CO}$  и  $\text{CH}_4$ . Следовательно, объём образовавшегося  $\text{CO}_2$  равен 50 мл. Поскольку по условию задачи объём оказался равным 70 мл, то 20 мл приходится на долю не прореагировавшего кислорода. Следовательно, объём кислорода вступившего в реакцию равен  $60-20=40$  мл.

**Задача 7.2.** Смесь 5 мл газообразного углеводорода взорвали с 12 мл кислорода. После приведения к первоначальной комнатной температуре объём газовой смеси составил 7 мл. Объём газовой смеси уменьшился до 2 мл после пропускания через избыток щёлочи. Определите углеводород.

Со щёлочью прореагировал углекислый газ. Следовательно, его объём равен  $7-2=5$  мл. Объём образовавшегося углекислого газа равен объёму исходного углеводорода. Следовательно, углеводород - метан.

### 8. Задачи для самостоятельного решения:

1. В каком объемном соотношении необходимо смешать водород и метан для получения газовой смеси по плотности равной гелию?  
Ответ: 6:1.
2. Природный бром представлен двумя изотопами  $^{79}\text{Br}$  и  $^{81}\text{Br}$ . Определите массовую долю  $^{81}\text{Br}$ . (Молярную массу брома возьмите с точностью до десятых доле грамма). Ответ: 45%.
3. В каком массовом соотношении нужно смешать 10% раствор уксусной кислоты и уксусную эссенцию (80% раствор) для получения 50% раствора уксусной кислоты? Ответ: 3:4.
4. Определите массовую долю FeO в смеси с  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , в которой массовая доля железа составляет 75%. Ответ: 64,26%.
5. Определите объемную долю метана в смеси с этаном, в которой отношение числа протонов к числу нейтронов равно 19:12. Ответ: 66,7%.
6. Найдите массовую долю KOH в растворе, в котором на три атома кислорода приходится пять атомов водорода. Ответ: 60,87%.
7. Определите массу 100 л газовой смеси (н. у.), в которой на 1 молекулу  $\text{CO}_2$  приходится 2 молекулы  $\text{O}_2$  и 4 молекулы CO. Ответ: 140 г.
8. При сжигании 36,4 г смеси этанола с уксусной кислотой образовалось 32,4 г воды. Определите массовую долю этанола в исходной смеси. Ответ: 50,55%.
9. При сжигании смеси метилового и этилового спиртов образовалось 15,68 л (н. у.) углекислого газа. А при взаимодействии такой же массы смеси с избытком металлического натрия выделилось 5,6 л водорода. Определите массу исходной смеси и массовую долю метанола в ней.  
Ответ: масса смеси 18,8 г; массовая доля метанола - 51%.
10. Медную монету опустили в раствор хлорида ртути. Через некоторое время ее, предварительно вынув из раствора и удалив воду, взвесили, обнаружив увеличение ее массы на 0,137 г. Какая масса ртути осела на монете? Ответ: 0,201 г.
11. Какую массу  $\text{Na}_2\text{O}$  необходимо растворить в 100 г 10% раствора NaOH для получения 20% -ного раствора гидроксида натрия? Ответ: 9,17 г.
12. Сколько грамм  $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  и 5%-ного раствора хлорида алюминия нужно взять для получения 500 г 10% раствора хлорида алюминия?  
Ответ: 49,71 г кристаллогидрата хлорида алюминия; 450,29 г 5%-ного раствора хлорида алюминия.
13. Сколько граммов кристаллогидрата  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  выпадет в осадок из 200 г насыщенного при  $100^\circ\text{C}$  раствора, при охлаждении его до  $0^\circ\text{C}$ . Растворимость  $\text{CuSO}_4$  при  $100^\circ\text{C}$  составляет 77 г, а при  $0^\circ\text{C}$  - 14,3 г.  
Ответ: 106,54 г.
14. В 100 г 20%-ного раствора соляной кислоты добавили цинк. Когда кусочек цинка из раствора вынули массовая доля HCl составила 10%. Сколько цинка при этом растворилось? Какова масса полученного раствора? Ответ: 8,2 г цинка. Масса раствора 107,9 г.

15. В реактор для синтеза фосгена ввели газообразные CO и Cl<sub>2</sub> в молярном соотношении 2:1. Реакцию закончили, когда давление в реакторе снизилось на 20%. Определите выход фосгена. Ответ: 60%.
16. Определите pH одно-молярного раствора азотистой кислоты, если ее константа диссоциации равна  $4 \cdot 10^{-4}$ . Ответ: pH=2.
17. Определите возможную формулу одноатомного спирта, если его молярная масса равна 88 г/моль.
18. 13 г порошка неизвестного металла образуют 19,4 г сульфида. Определите формулу сульфида.
19. 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<sup>0</sup>С давление в реакторе снизилось в 1,6 раза. Определите углеводород.
20. Определите возможную формулу неизвестной соли, в которой массовая доля неизвестного металла составляет 28,57%, углерода - 14,29%, кислорода - 57,14%.
21. При пропускании постоянного тока силой 6,4 А в течение 30 минут через расплав хлорида неизвестного металла на катоде выделилось 1,07 г металла. Определите формулу соли.
22. Азотистая кислота HNO<sub>2</sub> диссоциирует в растворе на ионы H<sup>+</sup> и NO<sub>2</sub><sup>-</sup>. 1 л 0,1 М раствора HNO<sub>2</sub> содержит  $6,15 \cdot 10^{22}$  непродиссоциировавших молекул и образовавшихся ионов. Определите степень диссоциации азотистой кислоты в образовавшемся растворе. Ответ: 2,16 %

#### *Использованная литература*

1. Кузьменко Н. Е. и др. Химия. Для школьников старших классов и поступающих в вузы: Учеб пособие/Н. Е. Кузьменко, В. В. Еремин, В. А. Попков. – М. :Дрофа, 1997. – 528 с. : ил.
2. Ахметов М. А. Методика расчета состава смесей по химическим формулам. /Химия в школе - 1996 №3, С. 46-47
3. Ахметов М. А. К вопросу о формировании понятия «эквивалент»/ Химия в школе, №3, 1997, С. 52-53

#### *Дополнительная литература*

1. Кузьменко Н. Е., Еремин В. В. Химия. 2400 задач для школьников и поступающих в вузы. – М.: Дрофа, 1999. – 560 с.: ил.
2. Кузьменко Н. Е., Еремин В. В. 1000 вопросов и ответов. ХИМИЯ: Учебное пособие для поступающих в вузы. – 2-е изд., испр. – М.: Книжный дом «Университет», 2000. – 288 с.