

КАЗАНСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ХИМИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ИМ. А.М. БУТЛЕРОВА
Кафедра неорганической химии

Ю.И. ЖУРАВЛЕВА, К.А. ИГНАТЬЕВА

МЕТОДИКА РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ПО ХИМИИ
ЧАСТЬ 1. РЕШЕНИЕ ТИПОВЫХ РАСЧЕТНЫХ
ЗАДАЧ

Казань – 2016

УДК 541.2+541.5+541.8 (075.8)

Ж91

*Принято на заседании учебно-методической комиссии Химического
института им. А.М. Бутлерова
Протокол № 7 от 25 марта 2016 года*

Рецензенты:

доктор химических наук,
профессор кафедры неорганической химии КФУ **Р.Р. Амиров;**
доктор химических наук, профессор **А.В. Захаров**

Журавлева Ю.И.

**Методика решения задач по химии. Часть 1. Решение типовых
расчетных задач / Ю.И. Журавлева, К.А. Игнатьева. – Казань: Казан.
ун-т, 2016. – 40 с.**

Учебно-методическое пособие предназначено для студентов бакалавров 2 курса Химического института им. А.М. Бутлерова, обучающихся по направлению 04.03.01 – «Химия», изучающих дисциплину «Методика преподавания химии». Оно предназначено как для проведения семинарских занятий, так и может быть использовано студентами для самостоятельной подготовки к занятиям по теме «Методика решения задач по химии».

В пособии представлены типовые химические расчетные задачи, рассмотрены подробные примеры их решения, а также даны задачи для самостоятельного решения по каждому рассмотренному типу.

© Журавлева Ю.И., 2016

© Казанский университет, 2016

ВВЕДЕНИЕ

Химия – увлекательная, специализированная и точная наука. В настоящее время только тщательная и глубокая подготовка к ЕГЭ по химии является первым успешным шагом к будущей профессии химика ученого, химика технолога, химика инженера и даже медика. Поэтому перед дисциплиной «Методика преподавания химии» стоит очень важная задача – научить студентов решать практически все категории химических задач по химии и давать методические рекомендации по решению задач каждого типа.

Задачи – особый вид заданий, требующий от учащегося применения имеющихся знаний в новой, незнакомой для него ситуации, по неизвестному заранее алгоритму, в результате чего из определенного набора исходных данных должны быть получены новые факты, сведения, значения величин. Если алгоритм выполнения заданий заранее известен, то они превращаются из задач в упражнения, цель которых – совершенствование, превращение умений в навыки, доведение их до автоматизма. Понятно, что граница между этими понятиями временная, и то, что для ученика 8-го класса является задачей, ученик 11-го класса выполняет легко, как упражнение, по ранее усвоенному алгоритму решения.

Для сдачи ЕГЭ, где типы заданий достаточно стандартны, учащемуся нужно прежде всего показать знание стандартных алгоритмов вычислений, и только в задачах № 34-35 ЕГЭ (ранее № 4-5 части С) ему возможно встретятся задачи с неопределенным для него алгоритмом. Тогда на первый план выходит именно умение анализировать условие и находить алгоритм решения, т.е. то, что и следует считать умением решать задачи. Разумеется, два эти вида деятельности взаимосвязаны, и умение решать задачи не придет без осознания наиболее общих алгоритмов и подходов к решению задач, и без умения использовать частные алгоритмы. Помочь студенту выработать умения решать основные типы химических задач, а также приобретению навыков выбирать и объяснять различные алгоритмы их решения и является целью данного методического пособия.

1. ОСНОВНЫЕ ТИПЫ ХИМИЧЕСКИХ ЗАДАЧ

Классификация химических задач затруднена тем, что большинство из них – задачи комбинированные. Тем не менее, некоторые часто встречающиеся типы задач можно выделить. Прежде всего, расчетные задачи можно разделить на две основные группы, два основных типа: **статические** и **динамические**.

В задачах **на статику** нет процессов. Там описывается некоторое состояние вещества или сложной системы, и, знание одних характеристик этого состояния, как правило, позволяет найти другие. Примерами статических задач могут служить:

- *Расчеты по формуле вещества, характеристикам порции вещества.*
- *Расчеты по характеристикам состава смеси, раствора.*
- *Определение формулы вещества по его элементному составу.*

В задачах **на динамику** описаны некоторые процессы, чаще всего химические реакции и для их решения кроме характеристик веществ надо использовать и характеристики процессов, чаще всего – уравнения химических реакций. В задачах этой группы можно выделить следующие типы задач повышенной сложности:

1. Образование и разложение растворов без протекания химической реакции. Здесь есть задачи простые и более сложные, многоходовые, с участием кристаллогидратов, газов и т.п. Не слишком сложные задачи этого типа обычно представлены в заданиях В9 ЕГЭ по химии.
2. Расчет по уравнениям реакций, когда одно из веществ находится в избытке, по нескольким уравнениям реакций. Наиболее характерный тип задач для заданий С4 ЕГЭ по химии.
3. Состав раствора, полученного в ходе реакции. Многие задания С4 ЕГЭ по химии являются задачами этого типа. Встречались подобные задачи и среди заданий В9.
4. В реакцию вступает смесь известного состава, необходимо найти порции затраченных реагентов, и/или полученных продуктов. Простейший пример – в реакцию вступает вещество, содержащее примеси. Не слишком сложные задачи, если только состав смеси не выражен каким-либо экзотическим способом.
5. В реакцию вступает смесь неизвестного состава, цель – найти состав смеси. Хотя и редко, но такие задачи встречались среди заданий С4.
6. В реакцию вступает неизвестное вещество. Задачи такого типа встречались среди заданий С5 ЕГЭ по химии. В некоторых пособиях

комбинация смесь + неизвестное вещество рассматривается и как задача формата С4, чего в реальных заданиях я не встречал.

Часто для решения задач с химическими реакциями удобно пользоваться не обычной общей формулой, а формулой, в которой выделена отдельно кратная связь или функциональная группа, формулы приведены в таблице ниже.

Таблица.

Общие молекулярные формулы для органических веществ

Класс органических веществ	Общая молекулярная формула	Формула с выделенной кратной связью и функциональной группой
Алканы	C_nH_{2n+2}	—
Алкены	C_nH_{2n}	$C_nH_{2n+1} - CH = CH_2$
Алкины	C_nH_{2n-2}	$C_nH_{2n+1} - C \equiv CH$
Диены	C_nH_{2n-2}	—
Гомологи бензола	C_nH_{2n-6}	$C_6H_5 - C_nH_{2n+1}$
Предельные одноатомные спирты	$C_nH_{2n+2}O$	$C_nH_{2n+1} - OH$
Многоатомные спирты	$C_nH_{2n+2}O_x$	$C_nH_{2n+2-x}(OH)_x$
Предельные альдегиды	$C_nH_{2n}O$	$C_nH_{2n+1} - \overset{\overset{O}{\parallel}}{C} - H$
Кетоны	$C_nH_{2n}O$	$C_nH_{2n+1} - \overset{\overset{O}{\parallel}}{C} - O - C_mH_{2m+1}$
Фенолы	$C_nH_{2n-6}O$	$C_6H_5(C_nH_{2n}) - OH$
Предельные карбоновые кислоты	$C_nH_{2n}O_2$	$C_nH_{2n+1} - \overset{\overset{O}{\parallel}}{C} - OH$
Сложные эфиры	$C_nH_{2n}O_2$	$C_nH_{2n+1} - \overset{\overset{O}{\parallel}}{C} - O - C_mH_{2m+1}$
Амины	$C_nH_{2n+3}N$	$C_nH_{2n+1}NH_2$
Аминокислоты (предельные одноосновные)	$C_nH_{2n+1}NO_2$	

2. ЭТАПЫ РЕШЕНИЯ ХИМИЧЕСКИХ ЗАДАЧ

Первый, немаловажный этап в решении расчетной задачи – ее анализ, т.е. **анализ условия задачи**. Его можно условно разбить на две составляющие: анализ химической стороны задачи и анализ ее количественных характеристик.

При анализе химической стороны задачи ученик должен понять, какие вещества и процессы описаны в условии, отобразить их формулами и уравнениями реакций. Часто ошибки на этом этапе обусловлены плохим знанием номенклатуры химических соединений, а также незнанием химических свойств веществ, способов их получения и т.п. Не менее важен и анализ количественной стороны задачи. Ученик должен понять, какие именно величины характеризуются числами в условии задачи, ввести нужные обозначения, правильно указать принадлежность величины. Анализ количественной стороны задачи должен быть отражен в краткой записи условия.

Второй, основной этап в решении расчетной задачи – составление **Плана** решения задачи. На этом этапе ученик должен или отнести задачу к одному из известных ему типов задач и восстановить в памяти алгоритм ее решения, или самостоятельно построить алгоритм решения незнакомой задачи. По сути дела это основной этап решения задачи, и в то же время – наименее отраженный в методике обучения. Как правило, обучение решению задач основывается на знакомстве с готовыми алгоритмами, решении задач «по образцу». От ученика требуют воспроизведения определенной последовательности действий, но не самостоятельного построения этой последовательности, или хотя бы осознанной ее аргументации. Мешает овладению этим видом деятельности и то, что план решения не так просто отобразить, обсудить, проверить. Ученики, решающие большое число разнообразных задач в условиях неопределенности, т.е. без готовых образцов и алгоритмов, постепенно вырабатывают нужные навыки.

Третий этап – выполнение решения задачи. На этом этапе от ученика требуется определенный уровень математических навыков, умение преобразовывать формулы, проводить вычисления, округлять, в отдельных случаях – составлять и решать алгебраические уравнения. Слабость такой подготовки приводит к ошибкам на этом этапе или вообще делает решение задачи невозможным.

Осмысление результата. Еще один этап решения, который мало отражен в методике обучения. За годы обучения, школьник привыкает проверять правильность своих действий по готовым ответам на последних страницах учебника или по слову учителя. При этом он редко сам задумывается над полученным результатом. Отвечают ли единицы измерения искомой величине? Полученное значение – возможным значениям этой величины? Соответствуют ли хотя бы по порядку величины значения исходных данных и результата? Отсюда часто бессмысленные ответы в работах на ЕГЭ, такие как формула $\text{CCl}_5\text{H}_{12}$, или массовая доля хлорида натрия в растворе, равная 98%.

Завершение решения обычно заключается в формулировке ответа и не вызывает особых трудностей. В отдельных, более сложных задачах полученный результат может быть использован для ответа на качественные вопросы (построение формул возможных изомеров и т.п.) или как исходные данные для следующего этапа решения задачи.

3. ЗАДАЧИ НА РАСЧЕТ КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ВЕЩЕСТВА

Из курса физики и повседневной жизни ученикам хорошо известны две величины, характеризующие порцию вещества: масса (m) и объем (V). Знают они и о связи этих величин через производную величину плотности: $\rho = m/V$. Для рассмотрения химических процессов, в которых участвуют отдельные атомы, молекулы, структурные единицы вещества, масса и объем оказываются не слишком удобными величинами, поскольку с числом структурных единиц вещества они прямо не связаны. Само число структурных единиц (N), которое тоже характеризует порцию вещества, мало пригодно для расчетов вследствие своей громадности. Все это привело к введению еще одной характеристике порции: величине количество вещества (n).

Количество вещества – это физическая величина, характеризующая порцию вещества по числу его структурных единиц. Связь между количеством вещества и числом структурных единиц отражена и в определении единицы количества вещества – моль. Моль – это такое количество вещества, которое содержит столько же структурных единиц, сколько их содержится в 12 г изотопа углерода ^{12}C . Структурной единицей углерода является атом, и, зная массу атома углерода в граммах, нетрудно посчитать, какое же число структурных единиц составляет моль любого вещества. Эта величина получила название постоянной Авогадро:

$N_A = 6,023 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$ и она позволяет найти количество вещества по известному числу структурных единиц:

$$n = \frac{N}{N_A \text{ моль}}$$

Для связи количества вещества с легко измеряемыми величинами массой и объемом используются еще две величины: молярная масса $M = m/n$ (г/моль) и молярный объем $V = V/n$ (л/моль). Знание этих величин дает возможность установить связь между всеми характеристиками порции вещества:

$$n = \frac{m}{M} = \frac{V}{V_M} = \frac{N}{N_A}$$

Количество вещества, в свою очередь, позволяет определить массу и объем данной порции вещества, число структурных единиц. По формуле структурной единицы, оно позволяет перейти к количеству вещества отдельных химических элементов и найти число атомов этих элементов. Знание состава атома позволяет найти количество вещества отдельных элементарных частиц, их число и массу. С другой стороны, количество вещества устанавливает соотношения с порциями других веществ при химических реакциях, в которых оно участвует.

Таким образом, можно считать, что количество вещества лежит в центре многих химических расчетов, в основе алгоритмов решения большинства химических задач. Умение находить количество вещества, устанавливать его связи с другими величинами – одно из основных расчетных умений школьника в решении задач.

Рассмотрим пример задачи, позволяющей совершенствовать эти умения на повышенном уровне:

Задача 1. Определите число атомов и массу кислорода, содержащегося в 70 г 10%-ного раствора сульфата натрия. О каком кислороде идет речь в этой задаче, о веществе или химическом элементе? Что является структурной единицей кислорода в данном случае?

Анализ химической стороны задачи: речь идет о растворе, сложной системе состоящей из двух веществ, воды и сульфата натрия. Кислород здесь – химический элемент, входящий в состав этих сложных веществ, структурной единицей элемента является атом.

Дано:

$$m(\text{p-ра}) = 70 \text{ г}$$

$$\omega(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 10 \% \\ = 0,1$$

План решения: определить массы порций сульфата натрия и воды в составе раствора, количества вещества сульфата натрия и воды, количество вещества кислорода в них и его общее количество, число атомов и массу по найденному количеству вещества

Найти: N(O) -?

m(O) - ?

Решение: $\omega(\text{Na}_2\text{SO}_4) = m(\text{Na}_2\text{SO}_4) / m(\text{p-ра})$;
 $m(\text{Na}_2\text{SO}_4) = m(\text{p-ра}) \cdot \omega = 70 \cdot 0,1 = 7 \text{ г}$;
 $m(\text{H}_2\text{O}) = 70 - 7 = 63 \text{ г}$.
 $n = m/M$; $M(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 142 \text{ г/моль}$; $n(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 7/142 = 0,0493 \text{ моль}$;

$$M(O) = 16 \text{ г/моль};$$

$$N_A = 6,023 \cdot 10^{23}$$

$$M(H_2O) = 18 \text{ г/моль}; n(H_2O) = 63/18 = 3,5 \text{ моль.}$$

$$\text{По формулам: } n(O)_1 = 4 \cdot n(Na_2SO_4) = 4 \cdot 0,0493 = 0,197 \text{ моль}$$

$$n(O)_2 = n(H_2O) = 3,5 \text{ моль}; \quad n(O)_{\text{общ}} = 3,5 + 0,197 = 3,697 \text{ моль}$$

$$N(O) = n \cdot N_A = 3,697 \cdot 6,023 \cdot 10^{23} = 22,267031 \cdot 10^{23} = 2,23 \cdot 10^{24}$$

$$m(O) = n \cdot M(O); \quad m(O) = 3,697 \cdot 16 = 59,152 = 59,2 \text{ г}$$

Осмысление: поскольку кислород вносит существенный вклад в массу молекул воды и сульфата натрия, такое большое значение его массы 60 г из 70 г раствора кажется оправданным.

Задачи для самостоятельного решения

3.1. ПДК (предельно допустимая концентрация) железа в питьевой воде - 0.3 мг/л. О каком железе идет речь в этой задаче, о веществе или химическом элементе? Что является структурной единицей железа в данном случае? Рассчитайте, сколько структурных единиц железа попадает в организм человека со стаканом такой воды (200 мл).

3.2. В смеси карбида и карбоната кольца содержится по $1,81 \cdot 10^{24}$ атомов Са и кислорода. Рассчитать массу этой смеси, молярное отношение веществ.

3.3. В образце газа, являющемся простым веществом, объемом 5,6 л содержится $3,61 \cdot 10^{24}$ электрона. Установите формулу газа.

4. ЗАДАЧИ НА ОБРАЗОВАНИЕ И РАЗЛОЖЕНИЕ РАСТВОРОВ

Задачи этого типа представлены в заданиях ЕГЭ задачами В9. Как правило, это не слишком сложные задачи, решаемые прямым путем, без составления алгебраических уравнений. Но в отдельных случаях встречаются более сложные задачи.

Задача 1. Масса раствора уксусной кислоты с массовой долей 40%, которую необходимо добавить к 500 г воды для получения раствора с массовой долей 15% равна ____ г. (Запишите число с точностью до целых.)

Дано:

$$\omega_1(\text{к}) = 40 \% = 0,4$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 500 \text{ г}$$

$$\omega_2(\text{к}) = 15 \% = 0,15$$

$$m(\text{р1}) = ?$$

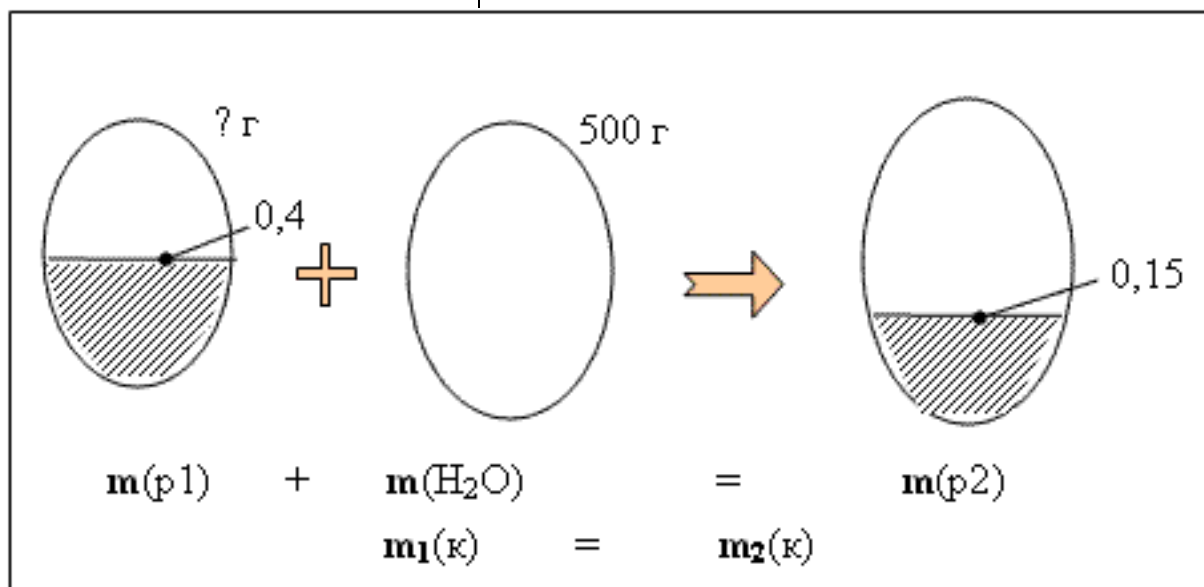


Рис. 1. Схема превращения фаз к задаче 1.

Решение 1. Анализируя схему превращения фаз, видим, что данные задачи не связаны между собой, прямое решение задачи невозможно, задачу решаем алгебраическим методом, в качестве неизвестной

величины выбираем массу раствора 1, для составления алгебраического уравнения используем закон сохранения массы по кислоте.

Пусть $m(p1) = x$ г, тогда: $m(p2) = m(p1) + m(H_2O) = x + 500$ г;

Масса кислоты в растворах:

$$m_1(k) = \omega_1(k) * m(p1) = 0,4x \text{ г}; \quad m_2(k) = \omega_2(k) * m(p2) = 0,15(x + 500) \text{ г};$$

$$\text{Уравнение: } 0,4x = 0,15(x + 500); \quad 0,4x = 0,15x + 75; \quad 0,25x = 75; \\ x = 300 \text{ г.}$$

Ответ: $m(p1) = 300$ г

Один из методов, позволяющий при решении задач типа 2.1 избежать алгебраического уравнения, это использование **правила квадрата** (правило креста, смешения, Пирсона и др.). Как правило, его формулируют для задач на смешение двух растворов с заданной массовой долей растворенного вещества (рис. 2):

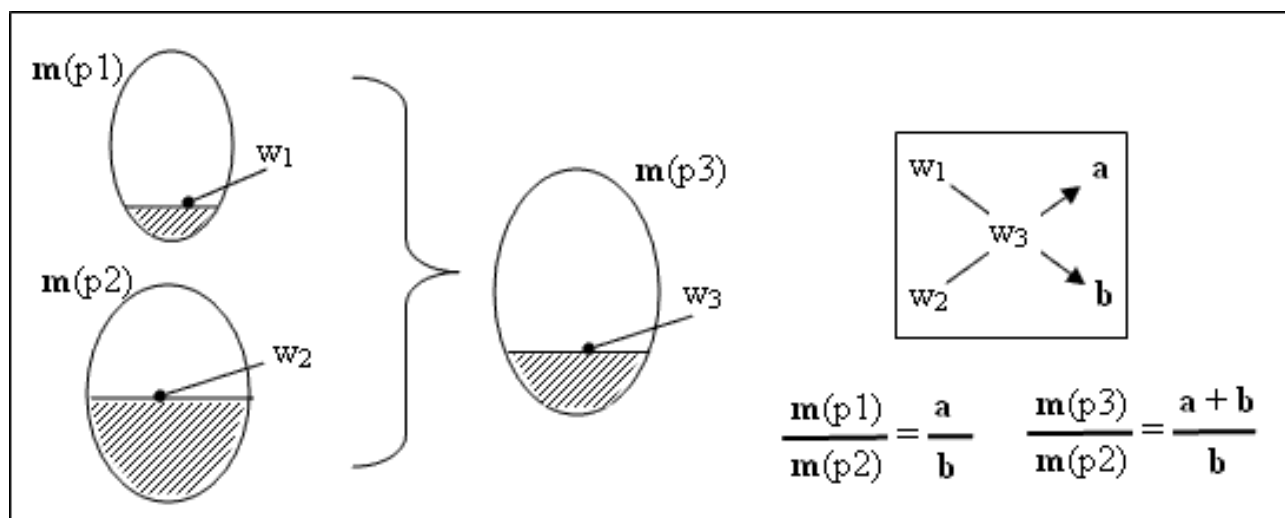
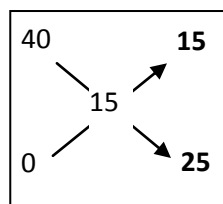


Рис. 2. Смешение растворов

Правило квадрата: «Если по одной стороне квадрата записать массовые доли растворенного вещества в исходных, растворах, в центре квадрата – массовую долю растворенного вещества в полученном растворе, затем по диагоналям из большего вычесть меньшее, то числа **a** и **b** пропорциональны массам исходных растворов, а сумма этих чисел (**a + b**) пропорциональна массе полученного раствора».

Используем это правило для решения задачи 1:

Решение 2. Заполняем квадрат:



Составляем и решаем пропорцию:

$$m(p1) / m(H_2O) = 15 / 25$$

$$m(p1) / 500 = 3 / 5$$

$$m(p1) = 300 \text{ г}$$

Таким образом, мы применили правило квадрата к задаче на разбавление, считая, что вода – это раствор, где массовая доля растворенного вещества равна нулю. Аналогично можно применять правило креста к задачам на концентрирование (рис. 3) и к задачам на растворение кристаллогидрата (рис. 4). В последнем случае для использования правила квадрата нужно предварительно найти массовую долю безводной соли в кристаллогидрате ($\omega_{\text{к}}(c) = M(c) / M(\text{кр-г})$).

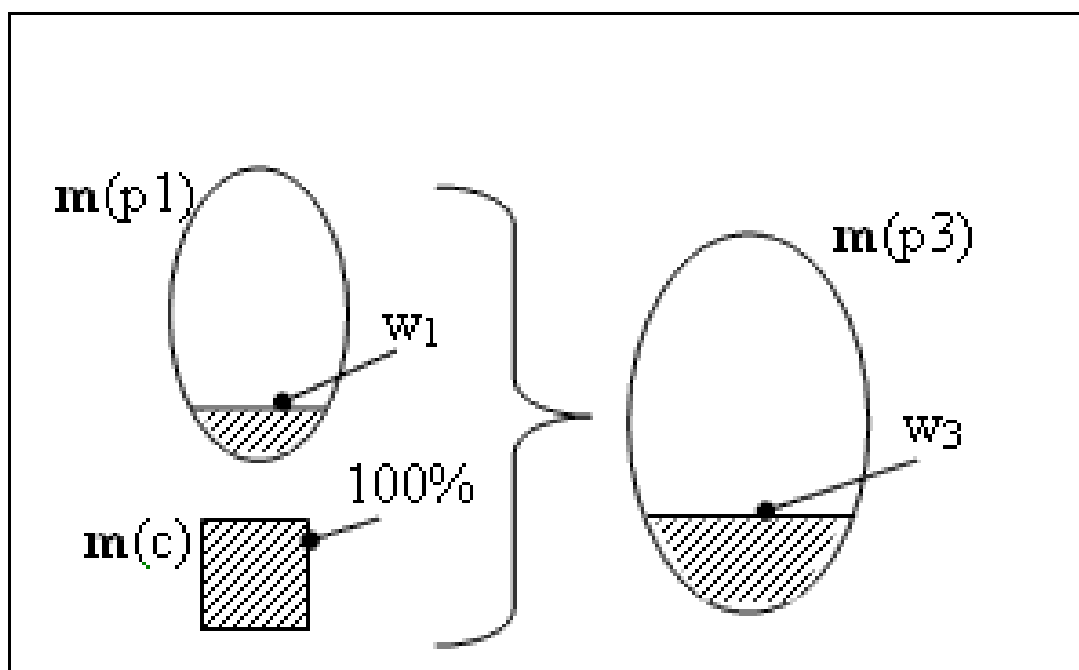


Рис. 3. Концентрирование раствора

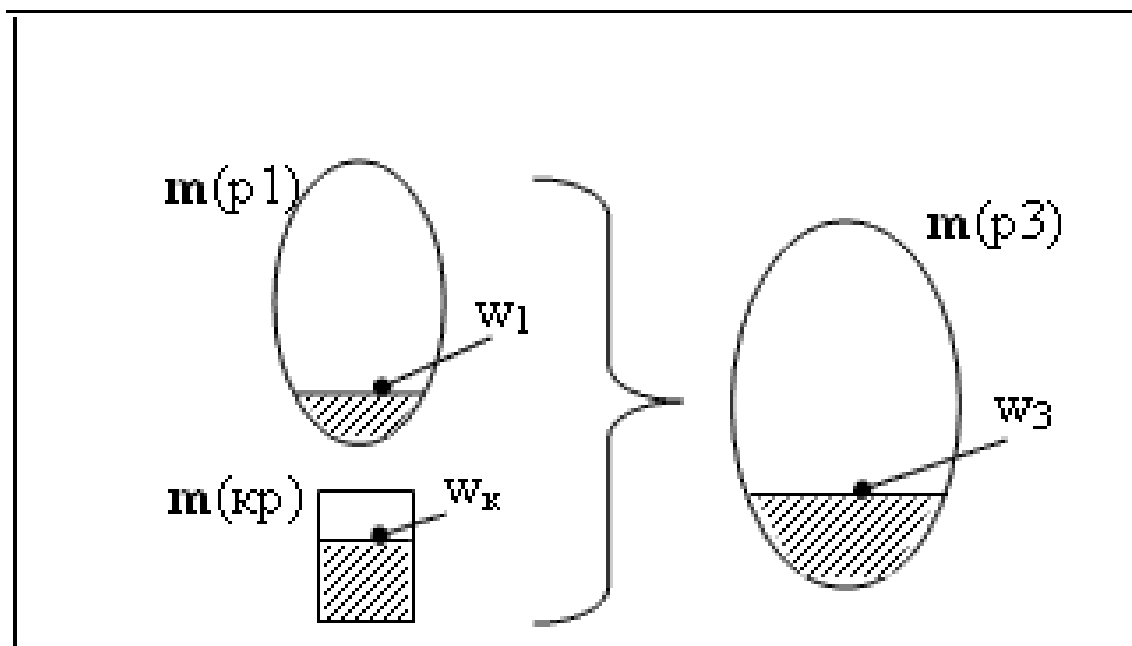


Рис. 4. Растворение кристаллогидрата

Разложение раствора обычно происходит при испарении части растворителя или при охлаждении горячего раствора. При этом из раствора может выпадать как безводная соль, так и кристаллогидрат. Поскольку процесс разложения раствора обратен процессу образования, методы решения этих задач аналогичны, в зависимости от содержания условия, они решаются или прямым методом или алгебраическим. Возможно применение и правила квадрата. Рассмотрим решение одной из задач этого типа, хотя к ЕГЭ она отношения не имеет

Задача 2. Определите массу насыщенного при 70°C раствора сульфата магния, если его охлаждение до 20°C сопровождается выделением кристаллогидрата $\text{MgSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ массой 228 г. Растворимость сульфата магния при 70°C равна 58 г, а при 20°C - 38 г на 100 г воды.

Дано:

$$m(\text{кр-г}) = 228 \text{ г}$$

$$K_1 = 58\text{г}/100 \text{ г } \text{H}_2\text{O}$$

$$K_2 = 38\text{г}/100 \text{ г } \text{H}_2\text{O}$$

$$m(p1) = ?$$

Особенностью этой задачи является то, что состав растворов охарактеризован не привычной массовой долей, а коэффициентом растворимости K (рис. 5).

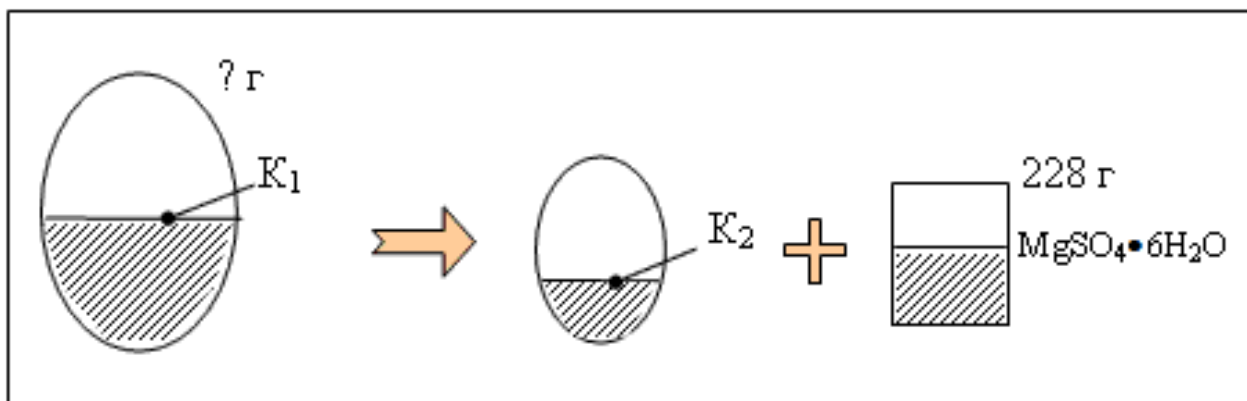


Рис. 5. Разложение раствора

План решения задачи:

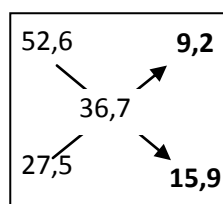
1. Найдем массовые доли соли во всех трех фазах;
2. Применим правило квадрата

Решение. $\omega = m(c) / m(p-ра) = m(c) / [m(c) + m(H_2O)]$;

$$\omega_1 = 58 / (58 + 100) = 0,367 = 36,7\%; \quad \omega_2 = 38 / (38 + 100) = 0,275 = 27,5\%;$$

$$\omega_k(c) = M_r(c) / M_r(кр-г) = 120 / 228 = 0,526 = 52,6\%$$

2. Заполняем квадрат:



Составляем и решаем пропорцию:

$$m(p1) / m(кр-г) = (a+b) / a =$$

$$= (9,2 + 15,9) / 9,2$$

$$m(p1) / 228 = 25,1 / 9,2 = 2,73$$

$$m(p1) = 228 \cdot 2,73 = 622,4 \text{ г}$$

Правило квадрата применимо ко многим задачам на смешение и не только к массовым долям.

Задачи для самостоятельного решения

4.1. В каком объеме 5%-ного раствора карбоната натрия ($\rho=1,05$ г/мл) надо растворить 25 г кристаллической соды ($\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$), чтобы получить 12%-ный раствор карбоната натрия.

4.2. Для очистки медного купороса, содержащего 2% примесей, методом перекристаллизации из 200 г его приготовили насыщенный при 100°C раствор. Затем этот раствор охладили до 10°C . Рассчитайте массу кристаллогидрата, который должен при этом выкристаллизоваться из раствора, если растворимость сульфата меди при 100°C равна 72 г, а при 10°C – 16 г на 100 г воды.

4.3. 120 г 25%-ного раствора сульфата магния поставили в эксикатор, где в отдельной чашке, в качестве осушителя, находилось 100 г 96%-ной серной кислоты. Спустя некоторое время в растворе выделились кристаллы $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, масса которых оказалась равной 24,6 г. Определите массовую долю серной кислоты к концу опыта, если растворимость сульфата магния при комнатной температуре составляет 35 г на 100 г воды.

5. РАСЧЕТЫ ПО ЦЕПОЧКАМ ПРЕВРАЩЕНИЙ

Задачи этого типа как правило, представляют сложность своей химической стороной. Учащиеся не всегда полностью представляют себе состав растворов и смесей, участвующих в химических реакциях, не учитывают возможности протекания последовательности реакций.

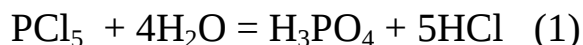
В качестве примера можно рассмотреть следующую задачу:

Задача 1. Хлорид фосфора (V) массой 10,42 г полностью гидролизован в избытке воды. Какой объем раствора гидроксида натрия с массовой долей 20% и плотностью 1,15 г/мл необходим для полной нейтрализации полученного раствора? (С4)

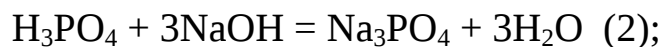
Дано:
 $m(\text{PCl}_5) = 10,42 \text{ г}$
 $\rho(\text{pNaOH}) = 1,15 \text{ г/мл}$
 $\omega(\text{NaOH}) = 20 \% = 0,2$

$V(\text{pNaOH}) - ?$

Камнем преткновения для многих школьников была уже первая реакция, реакция гидролиза галогенангидрида:



Но и написав уравнение гидролиза, многие участники писали только одну из возможных реакций нейтрализации:



Если же химическая картина рассмотрена верно, решение задачи не представляет особой сложности. План решения задачи:

1. Находим количество вещества PCl_5 ;
2. Расчет по уравнениям реакций, определяя общее количество вещества NaOH ;
3. Находим конечные характеристики: массу раствора NaOH и объем этого раствора

Часто школьники не видят последовательности реакций, возникающих при решении задач на избыток-недостаток, если избыток вещества может реагировать с продуктом реакции («задачи на избыток-недостаток с продолжением»).

Задача 2. Газы, полученные при сжигании 6,72 л ацетилена (н.у.) были поглощены известковой водой, содержащей 25,9 г гидроксида кальция. Определите массу вещества, выпавшего при этом в осадок.

Дано:	Часто школьники ограничивают рассмотрение химической стороны этой задачи двумя уравнениями:
$V(C_2H_2) = 6,72$ л	
(н.у.)	
$m(Ca(OH)_2) = 25,9$ г	
$m(CaCO_3) - ?$	забывая, что если углекислый газ в избытке, то возможно его взаимодействие с продуктом реакции 2:
	$2C_2H_2 + 5O_2 = 4CO_2 + 2H_2O$ (1);
	$Ca(OH)_2 + CO_2 = CaCO_3\downarrow + H_2O$ (2);
	$CaCO_3 + CO_2 + H_2O = Ca(HCO_3)_2$ (3);

План решения задачи:

1. Переходим к количеству вещества;
2. Расчет по уравнению реакции 1, определение избытка-недостатка в реакции 2 и количества вещества $CaCO_3$, полученного в этой реакции. При необходимости расчет по уравнению 3 и нахождение итогового количества вещества $CaCO_3$;
3. Находим массу осадка.

Решение:

1. $n(C_2H_2) = V(C_2H_2)/V_M = 6,72/22,4 = 0,3$ моль.

$n(Ca(OH)_2) = m/M = 25,9/74 = 0,35$ моль.

2. По уравнению реакции 1: $n(CO_2) = 2n(C_2H_2) = 0,6$ моль.

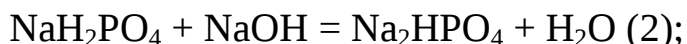
По уравнению реакции 2: для реакции с 0,35 моль $Ca(OH)_2$ достаточно 0,35 моль CO_2 , CO_2 в избытке, $n(CO_2)_{изб} = 0,6 - 0,35 = 0,25$ моль;

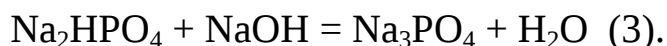
$n_2(CaCO_3) = n(Ca(OH)_2) = 0,35$ моль.

По уравнению реакции 3: для реакции с 0,35 моль $CaCO_3$ нужно 0,35 моль CO_2 , осталось $n(CO_2) = 0,25$ моль, в недостатке; $n_3(CaCO_3) = 0,25$ моль, $n(CaCO_3)_{изб} = n_2(CaCO_3) - n_3(CaCO_3) = 0,35 - 0,25 = 0,1$ моль

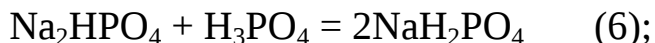
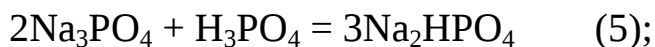
3. Масса осадка $m = n(CaCO_3)_{изб} \cdot M = 0,1 \cdot 100 = 10$ г.

Не всегда учитывают ученики и последовательность реакций протекающих при взаимодействии многоосновной кислоты и щелочи, которая к тому же зависит от порядка смешения реагентов. Так, при постепенном добавлении гидроксида натрия к раствору фосфорной кислоты будут протекать реакции:

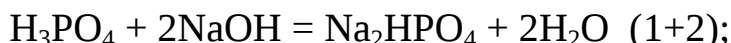




При обратном же порядке смешения реагентов последовательность протекания реакций будет иной:



Это не означает, что при решении конкретной задачи используется вся последовательность превращений. Так, определив, что на один моль фосфорной кислоты приходится 2 моль гидроксида натрия, можно сразу использовать суммарное уравнение:



Свои особенности возникают при определении последовательности реакций для смеси веществ с различной реакционной способностью.

Например:

Задача 3. К раствору, содержащему по одному молю уксусной и соляной кислоты, добавили 1,5 моль гидроксида натрия. Определите массу кислоты в растворе, полученном в результате реакции.

В этой задаче школьник должен учесть, что уксусная кислота начинает вступать в реакцию только после полной нейтрализации более сильной соляной кислоты.

В завершение рассмотрим следующую задачу:

Задача 4. В 60 г 18-% ортофосфорной кислоты растворили 2,84 г оксида фосфора (V) и полученный раствор прокипятили. Какие вещества, и в каком количестве образуются, если к полученному раствору добавили 14 г гидроксида натрия.

Дано:

$$m_p(\text{H}_3\text{PO}_4) = 60 \text{ г}$$

$$\omega(\text{H}_3\text{PO}_4) = 18 \% \\ = 0,18$$

$$m(\text{P}_2\text{O}_5) = 2,84 \text{ г}$$

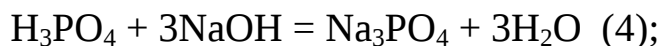
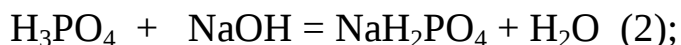
$$m(\text{NaOH}) = 14 \text{ г}$$

$$m(?) - ?$$

Многие школьники не увидели первой реакции:



В зависимости от соотношения количеств вещества кислоты и гидроксида натрия возможно образование одной из трех солей, а также смеси двух из них:



Химическая картина станет ясной в процессе расчетов (часто пишут только реакцию 4).

Надо отметить некоторую неоднозначность условия задачи, поскольку слова «и в каком количестве образуются», можно понимать и как необходимость определить количество вещества и как необходимость определить массу. Школьнику в таких случаях следует посоветовать для верности определить и то и другое, а грамотный эксперт должен засчитать верным любой вариант ответа.

План решения задачи:

1. Переходим к количеству вещества;
2. Расчет по уравнению реакции 1, определение общего количества вещества H_3PO_4 , выбор уравнений реакций для последующих расчетов и проведение этих расчетов;
3. Находим массу соли.

Решение:

$$1. m(\text{H}_3\text{PO}_4) = m_p(\text{H}_3\text{PO}_4) \cdot \omega = 60 \cdot 0,18 = 10,8 \text{ г}$$

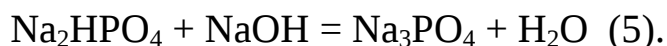
$$n(\text{H}_3\text{PO}_4) = 10,8/98 = 0,11 \text{ моль. } n(\text{P}_2\text{O}_5) = m/M = 2,84/74 = 0,02 \text{ моль.}$$

$$n(\text{NaOH}) = m/M = 14/40 = 0,35 \text{ моль.}$$

$$2. \text{ По уравнению реакции 1: } n_1(\text{H}_3\text{PO}_4) = 2n(\text{P}_2\text{O}_5) = 0,04 \text{ моль.}$$

$$n_{\text{общ}}(\text{H}_3\text{PO}_4) = 0,11 + 0,04 = 0,15 \text{ моль, } n_{\text{общ}}(\text{H}_3\text{PO}_4): n(\text{NaOH}) = 0,15: 0,35 = 1:2,333.$$

Такое соотношение говорит, что полностью пройдет реакция 3, после чего останется избыток щелочи, который прореагирует согласно уравнению:



По уравнению 3: NaOH в избытке, расчет по H_3PO_4

$$n_3(\text{NaOH}) = 2 n_{\text{общ}}(\text{H}_3\text{PO}_4) = 0,15 \cdot 2 = 0,3 \text{ моль;}$$

$$n_{\text{изб}}(\text{NaOH}) = 0,35 - 0,3 = 0,05 \text{ моль} = n_5(\text{NaOH}) \text{ (вступит в реакцию 5)}$$

$$n_3(\text{Na}_2\text{HPO}_4) = n_{\text{общ}}(\text{H}_3\text{PO}_4) = 0,15 \text{ моль.}$$

По уравнению 5: Na_2HPO_4 в избытке, расчет по NaOH:

$$n_5(\text{Na}_2\text{HPO}_4) = n_5(\text{Na}_3\text{PO}_4) = n_5(\text{NaOH}) = 0,05 \text{ моль;}$$

$$n_{\text{изб}}(\text{Na}_2\text{HPO}_4) = n_3(\text{Na}_2\text{HPO}_4) - n_5(\text{Na}_2\text{HPO}_4) = 0,15 - 0,05 = 0,1 \text{ моль}$$

$$m = M \cdot n; m(\text{Na}_2\text{HPO}_4) = 142 \cdot 0,1 = \mathbf{14,2 \text{ г}}; m(\text{Na}_3\text{PO}_4) = 164 \cdot 0,05 = \mathbf{8,2 \text{ г.}}$$

Задачи для самостоятельного решения

5.1. Газ, выделившийся при действии 3,0 г цинка на 18,69 мл 14,6%-го раствора соляной кислоты (плотностью 1,07 г/мл), пропущен при нагревании над 4,0 г оксида меди (II). Рассчитайте, каким минимальным объемом 19,6%-ной серной кислоты (плотность 1,14 г/мл) надо обработать полученную смесь, чтобы выделить из неё металлическую медь?

5.2. Оксид серы (IV), полученный в результате полного сжигания сероводорода объемом 44,8 л (при н.у.), был пропущен через 200 мл 40%-го раствора гидроксида натрия плотностью 1,4 г/см³. Определите состав полученного раствора и рассчитайте массовые доли веществ в этом растворе.

5.3. Аммиак, выделившийся при взаимодействии 107 г 20%-ного раствора хлорида аммония со 150 г 18%-ного раствора NaOH, полностью прореагировал с 60%-ной ортофосфорной кислотой с образованием дигидрофосфата аммония. Определите массовую долю хлорида натрия в растворе и необходимую массу 60%-ного раствора фосфорной кислоты.

5.4. В 200 мл раствора с концентрацией нитрата свинца и нитрата серебра по 0,1 моль/л, был погружен кусок железа массой 1,4 г. Определите состав металлического осадка полученного после окончания реакции (массовые доли).

6. ЗАДАЧИ НА СМЕСИ

В этих задач можно выделить "прямые" и "обратные" задачи. В "прямых" - состав смеси задан, надо определить количество продукта или реагента. В "обратных" в реакцию вступает смесь неизвестного состава, и по известным количествам продуктов или реагентов нужно определить состав смеси.

Обычная ошибка при решении данного типа задач - составление "суммарного" уравнения, куда включают все компоненты смеси. Однако коэффициенты суммарного уравнения обуславливают соотношение между компонентами смеси, что, как правило, не совпадает с ее истинным составом и приводит к ошибочному решению задачи.

Правило номер 1 при решении задач на смеси: для каждого компонента смеси нужно отдельно рассматривать его поведение в химической реакции, и, если он участвует в реакции, писать отдельное уравнение реакции.

Задачи на смеси известного состава как правило, не слишком сложны, к ним можно отнести задачи, в которых в реакцию вступает вещество, содержащее примеси или вещество в растворе с известной массовой долей. Общий план решения подобных задач можно представить следующей схемой:

1. Используя характеристики порции смеси и ее состава, определяем порции отдельных компонентов и их количества вещества;
2. Расчет по уравнениям реакций;
3. Нахождение итоговых характеристик – например, масс продуктов реакции

Сложности могут возникнуть в том случае, если состав смеси выражен каким-то особенным способом, косвенным путем.

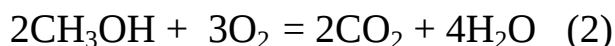
Задача 1. Определить объем кислорода (н.у.) необходимый для полного сгорания 20 кг смеси пентана с метанолом, если массовая доля углерода в смеси равна 60%.

Дано:

$m(\text{см}) = 20 \text{ кг}$

$\omega(\text{C}) = 60\% = 0,6$

Уравнения реакций:



$V(\text{O}_2) - ?$
 $M(\text{C}_5\text{H}_{12}) = 72 \text{ г/моль}$
 $M(\text{CH}_3\text{OH}) = 32 \text{ г/моль}$

Для определения порций отдельных компонентов придется прибегнуть к алгебраическому способу. Поскольку в дальнейшем предстоит расчет по уравнению реакций, лучше в качестве неизвестной переменной выбрать количество вещества:

1. Пусть x – количество вещества пентана, y – количество вещества метанола, тогда количество вещества углерода в них $n_{\text{п}}(\text{C}) = 5x$ моль, $n_{\text{м}}(\text{C}) = y$ моль, $n_{\text{общ}}(\text{C}) = 5x + y$ моль. Массы веществ: $m(\text{C}_5\text{H}_{12}) = 72x$ (г); $m(\text{CH}_3\text{OH}) = 32y$ (г); $m(\text{C}) = 12(5x + y)$ (г)

Система уравнений: $72x + 32y = 20000$ Откуда $x = 136,4$ (моль)
 $60x + 12y = 12000$ $y = 318,2$ (моль)

2. По уравнениям реакций: $n_1(\text{O}_2) = 8x$ моль $= 8 \cdot 136,4 = 1091$ моль,

$n_2(\text{O}_2) = 1,5y$ моль $= 1,5 \cdot 318,2 = 477$ моль,

3. $n_{\text{общ}}(\text{O}_2) = 1091 + 477 = 1568$ моль, $V = n \cdot V_{\text{м}} = 1568 \cdot 22,4 = 35100 \text{ л} = 35,1 \text{ м}^3$.

(Ответ округлен до трех значащих цифр и представлен в наиболее подходящих единицах).

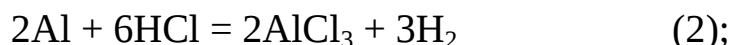
Сложность задач на определение состава смеси зависит от химической стороны задачи. Например:

Задача 2. Смесь оксида кремния(IV), алюминия и железа массой 13,8г обработали при нагревании раствором гидроксида калия. При этом выделилось 6,72 дм³ газа (н.у.). При действии на такое же количество исходной смеси избытка раствора соляной кислоты выделилось 8,96 дм³ газа (н.у.). Определить массовые доли веществ в исходной смеси.

Несмотря на трехкомпонентный состав смеси и два процесса, в которых она участвует, задача решается прямым путем. Причина – в первом процессе с выделением газа участвует только один компонент смеси – алюминий:



и его количество может быть рассчитано. Во втором процессе два участника:



но один из них уже известен.

В большинстве случаев, однако, в решении задач на определение состава смеси приходится использовать алгебраический алгоритм:

Задача 3. При прокаливании 7,13 г смеси нитратов калия и кальция получено 896 мл кислорода (н.у.). Определите состав смеси (массовые доли).

Дано:

$$m(\text{смеси}) = 7,13 \text{ г}$$

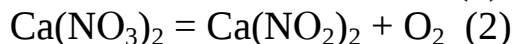
$$V(\text{O}_2) = 896 \text{ мл}$$

(н.у.)

$$\omega(\text{KNO}_3) - ?$$

$$\omega(\text{Ca}(\text{NO}_3)_2) - ?$$

При нагревании нитраты разлагаются:



И указанный объем нельзя использовать для расчета по уравнениям, поскольку он образуется при обеих реакциях.

План решения: 1. Выбрать в качестве неизвестных величин количества вещества солей, выразить через них массу смеси и общее количество вещества кислорода;

2. Решить полученную систему уравнений и найти количества вещества солей;

3. Найти массы и массовые доли.

(На схеме план представлен более детально)

Решение.

1. Пусть $n(\text{KNO}_3) = x$ моль, $n(\text{Ca}(\text{NO}_3)_2) = y$ моль

Из основной формулы: $m = M \cdot n$; $m(\text{KNO}_3) = 101x$ (г); $m(\text{Ca}(\text{NO}_3)_2) = 164y$ (г)

Так как в сумме их массы равны массе смеси, получаем:

$$101x + 164y = 7,13 \quad (\text{I})$$

По уравнениям реакций: $n_1(\text{O}_2) = 0,5x$ моль; $n_2(\text{O}_2) = y$ моль

$$n_{\text{общ}}(\text{O}_2) = V / V_M = 896 / 22400 = 0,04 \text{ моль}$$

$$0,5x + y = 0,04 \quad (\text{II})$$

2. Решая систему уравнений (I) и (II), получаем: $y = 0,025$, $x = 0,03$.

3. $m(\text{KNO}_3) = 101x = 101 \cdot 0,03 = 3,03$ г; $w(\text{KNO}_3) = 3,03 / 7,3 = 0,425 = 42,5\%$

Массовую долю второй соли находим по разности:

$$w(\text{Ca}(\text{NO}_3)_2) = 100 \% - 42,5 \% = 57,5 \%$$

В пособиях для поступающих в вузы задачи на определение состава смеси часто дополнительно осложнены дополнительными цепочками превращений.

Встречаются задачи на определение состава смеси, в которых порция смеси не определена:

Задача 4. Образец смеси муравьиного и уксусного альдегида может восстановить 23,2 г оксида серебра. При сжигании такого же образца смеси образуется 2,8 л углекислого газа (н.у.). Определите массовые доли кислоты и альдегида в смеси.

Дано:	Восстановление оксида серебра протекает в
$m(\text{Ag}_2\text{O}) = 23,2 \text{ г}$	растворе аммиака:
$V(\text{CO}_2) = 2,8 \text{ мл}$	$\text{CH}_3\text{CHO} + \text{Ag}_2\text{O} + \text{NH}_3 = \text{CH}_3\text{COONH}_4 + 2\text{Ag} \quad (1)$
(н.у.)	$\text{HCHO} + 2\text{Ag}_2\text{O} + 2\text{NH}_3 = (\text{NH}_4)_2\text{CO}_3 + 4\text{Ag} \quad (2)$
$\omega(\text{CH}_3\text{CHO}) - ?$	Сжигание: $2\text{CH}_3\text{CHO} + 5\text{O}_2 = 4\text{CO}_2 + 4\text{H}_2\text{O} \quad (3)$
$\omega(\text{HCHO}) - ?$	$\text{HCHO} + \text{O}_2 = \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \quad (4)$

Ключевыми словами здесь являются слова «такого же образца смеси», что позволяет использовать аналогичный план решения задачи:

1. Выбрать в качестве неизвестных величин количества вещества компонентов смеси, найти количество вещества оксида серебра и углекислого газа;
2. По уравнениям 1 и 2 выразить количество необходимого оксида серебра через неизвестные величины; по уравнениям 3 и 4 выразить количество выделившегося углекислого газа через неизвестные величины;
3. Решить систему уравнений, найти массы и массовые доли.

Решение.

1. Пусть $n(\text{CH}_3\text{CHO}) = x$ моль, $n(\text{HCHO}) = y$ моль

$n(\text{Ag}_2\text{O}) = m/M = 23,2/232 = 0,1$ моль; $n(\text{CO}_2) = V/V_M = 2,8/22,4 = 0,125$ моль.

2. По уравнениям реакций 1 и 2: $n_1(\text{Ag}_2\text{O}) = x$ моль;

$n_2(\text{Ag}_2\text{O}) = 2y$ моль.

По уравнениям реакций 3 и 4: $n_3(\text{CO}_2) = 2x$ моль; $n_4(\text{CO}_2) = y$ моль

3. Система уравнений

$$x + 2y = 0,1 \quad (\text{I})$$

$$2x + y = 0,125 \quad (\text{II})$$

Решая систему уравнений (I) и (II), получаем: $x = 0,05$; $y = 0,25$.

Массы $m = M \cdot n$; $m(\text{CH}_3\text{CHO}) = 44 \cdot 0,05 = 2,2 \text{ г}$;

$m(\text{HCHO}) = 30 \cdot 0,25 = 7,5 \text{ г}$;

$m(\text{смеси}) = 2,2 + 7,5 = 9,7 \text{ г}$.

$\omega(\text{CH}_3\text{CHO}) = 2,2/9,7 = 0,227 = 22,7\%$

$\omega(\text{HCHO}) = 7,5/9,7 = 0,773 = 77,3\%$

Задачи для самостоятельного решения

6.1. Определите массу 4%-ной бромной воды, которая может быть обесцвечена при пропускании 2,8 л (н.у.) смеси метана и этилена, если число атомов углерода в этой смеси составляет 25% от общего числа всех атомов.

6.2. При обработке смеси уксусной и муравьиной кислот избытком аммиачного раствора оксида серебра выделилось 86,4 г металла, а при взаимодействии того же количества той же смеси с цинком выделился водород, которого хватило для полного гидрирования 6,5 г ацетилен. Определите состав смеси (массовые доли).

6.3. После прокаливания смеси карбонатов кальция и магния масса выделившегося газа оказалась равной массе твердого остатка. Определите массовые доли веществ в исходной смеси.

6.4. Смесь магния и алюминия при обычных условиях обработали азотной кислотой, при этом образовался газ с относительной плотностью по кислороду 1,4375. Такое же кол-во этой смеси обработали избытком 10%-ного раствора серной кислоты, и получили газ, объем которого равен объему газа в первом опыте. Найти массовую долю алюминия в исходной смеси.

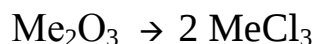
7. ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕИЗВЕСТНОГО ВЕЩЕСТВА

Цель задачи - определить это неизвестное вещество, или неизвестный элемент, входящий в его состав. В КИМах ЕГЭ по химии этот тип задач представлен заданием С5, как правило, не слишком сложным. Среди этих заданий есть **статические** задачи на определение формул веществ по данным элементного анализа, по характеристикам его плотности и аналогичные.

Как статические, без использования расчетов по уравнению реакции решаются обычно и типовые задачи на определение формул органических веществ по массам продуктов сгорания.

Мы будем рассматривать задачи связанные с расчетом по уравнению реакции. Учащийся, приступая к решению задач такого типа, должен быть готов использовать для написания уравнений реакций общие формулы классов веществ, обозначать неизвестные элементы, радикалы подходящими буквами (Me, X, Э, R и т.п.)

Не всегда есть возможность (и необходимость) полностью расставить коэффициенты, часто для расчетов можно использовать схемы, уравненные по какому-то одному элементу:



Ключевой количественной характеристикой, обычно необходимой для определения формулы вещества является относительная атомная масса (для элемента) или относительная молекулярная масса (для вещества). Если в условии задачи кроме массы неизвестного вещества указана порция какого-то известного вещества – задачу можно решить обычным путем, по следующему плану:

1. Переходим к количеству вещества,
2. Проводим расчет по уравнению реакции;
3. Находим молярную и относительную молекулярную массу вещества;
4. Определяем формулу.

Задача 1. При окислении 16,2 г некоторого альдегида аммиачным раствором оксида серебра(I) выделилось 48,6 г серебра. Определите молекулярную формулу альдегида.

Дано:	Уравнение реакции:
$m(\text{R-CHO}) = 16,2 \text{ г}$	$\text{R-CHO} + \text{Ag}_2\text{O} + \text{NH}_3 \rightarrow \text{RCOONH}_4 + 2\text{Ag}$
$m(\text{Ag}) = 48,6 \text{ г}$	1. $n(\text{Ag}) = 48,6/108 = 0,45 \text{ моль};$ 2. По уравнению $n(\text{RCHO}) = n(\text{Ag})/2 = 0,225 \text{ моль}$
$M_r(\text{R}) - ?$	3. $M(\text{R-CHO}) = m/n = 16,2/0,225 = 72 \text{ г/моль}; M_r(\text{R-CHO}) = 72$
Формула - ?	$M_r(\text{R}) = M_r(\text{RCHO}) - M_r(\text{CHO}) = 43$

4. Поскольку в условии ничего не сказано о группе альдегида, используем общую формулу углеводородного радикала C_xH_y и анализируем ее возможный состав: $12x + 3y = 43$; $x = 3$, $y = 7$ $\text{C}_3\text{H}_7\text{-CHO}$ – два возможных изомера.

В более сложных задачах может быть не указана порция ни одного из известных участников реакции, ни даже самого неизвестного вещества. Как всегда в этом случае поможет алгебраический метод. Например:

Задача 2. Некоторое количество ненасыщенного углеводорода при действии на него избытком хлора в темноте дает дихлорпроизводное массой 3,5 г, а при действии избытка брома – дибромпроизводное массой 5,28 г. Установить молекулярную формулу и строение углеводорода.

Дано:	Уравнения:
$m(\text{C}_x\text{H}_y\text{Cl}_2) = 3,5 \text{ г}$	$\text{C}_x\text{H}_y + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{C}_x\text{H}_y\text{Cl}_2$
$m(\text{C}_x\text{H}_y\text{Br}_2) = 5,2 \text{ г}$	$\text{C}_x\text{H}_y + \text{Br}_2 \rightarrow \text{C}_x\text{H}_y\text{Br}_2$
$M_r(\text{C}_x\text{H}_y) - ?$ $x, y - ?$	1. В качестве неизвестных величин удобно выбрать молярную массу углеводорода (M) и его количество вещества:
Строение - ?	$n(\text{C}_x\text{H}_y) = n \text{ моль}$ (чтобы не путать с уже использованными буквами x и y)

2. По уравнениям реакций: $n(\text{C}_x\text{H}_y) = n(\text{C}_x\text{H}_y\text{Cl}_2) = n(\text{C}_x\text{H}_y\text{Br}_2) = n$ моль

3. Находим массы галогенпроизводных и составляем алгебраические уравнения:

$$(M+71) \cdot n = 3,5 \quad | \quad M \cdot n + 71 \cdot n = 3,5$$

$$(M+160) \cdot n = 5,28 \quad | \quad M \cdot n + 160 \cdot n = 5,28 \quad (160-71)n = 5,28-3,5;$$

$$n = 0,02 \text{ моль};$$

$$M = (3,5-71 \cdot 0,02)/0,02 = 104 \text{ г/моль}; M_r(\text{C}_x\text{H}_y) = 104; \quad 12x + y = 104$$

Здесь тоже необходим анализ состава: $x < 9$; при $x = 7 \quad y = 20 > 2x+2$
вещество имеет пересыщенный состав, что невозможно. Также и при $x < 7$.
Остается: $x = 8, y = 8 \quad \text{C}_8\text{H}_8$

Большая степень ненасыщенности, наряду с тем, что вещество образует дигалогенпроизводные, позволяет сделать вывод о наличии бензольного кольца и одной двойной связи: $\text{C}_6\text{H}_5\text{-CH=CH}_2$

Иногда алгебраического решения можно избежать при внимательном анализе условия задачи:

Задача 3. Сложный эфир массой 30 г подвергнут щелочному гидролизу. При этом получено 34 г натриевой соли предельной одноосновной кислоты и 16 г спирта. Установите молекулярную формулу этого эфира. (ЕГЭ – 2007)

Казалось бы, что в условии приведены характеристики только неизвестных веществ.

Однако, применение закона сохранения массы позволяет найти массу четвертого участника реакции и решить задачу прямым способом:

2. По уравнению 2: $n(A) = n_2(\text{Br}_2) = 0,5$ моль;
 $M(A) = 70/0,5 = 140$ г/моль; $12n + 2n = 140$, $n = 10$
3. Формула алкена: $\text{C}_{10}\text{H}_{20}$ – децен (один из изомеров).

Задачи на определение неизвестного вещества часто комбинируются с задачами на определение состава смеси. Присутствуют такие задания и в пособиях для подготовки к ЕГЭ:

Задача 5. 7,84 л (н.у.) смеси этиленового и ацетиленового углеводородов, содержащих одинаковое число атомов углерода, может присоединить 80 г брома. Образовавшаяся смесь продуктов присоединения брома имеет массу 94,4 г. Определите формулы углеводородов и их мольные доли в исходной смеси.

Помогает в решении задачи то, что конкретно указан класс углеводородов, то, что число атомов у них одинаково, а также то, что объем смеси позволяет найти суммарное количество вещества. А дальше – опять применяем алгебраический метод.

Дано:

$$V(\text{смеси}) = 7,84 \text{ л}$$

$$m(\text{Br}_2) = 80 \text{ г}$$

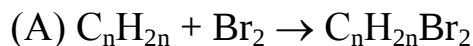
$$m(\text{смеси}_2) = 94,4 \text{ г}$$

Формулы - ?

$\varphi(A)$ - ? $\varphi(B)$ - ?

(для обозначения мольной доли использована буква φ)

Уравнения реакций:



$$1. n(\text{Br}_2) = m/M = 80/160 = 0,5 \text{ моль};$$

$$n(\text{смеси}) = V/V_M = 7,84/22,4 = 0,35 \text{ моль}.$$

Пусть количество вещества алкена – $n(A) = x$ моль,

количество вещества алкина – $n(B) = y$ моль;

2. По уравнениям реакций: $n_1(\text{Br}_2) = n(A) = x$ моль; $n_2(\text{Br}_2) = 2n(B) = 2y$ моль;

3. Система уравнений:

$$\begin{cases} x + y = 0,35 \\ x + 2y = 0,5 ; y = 0,15; x = 0,2 \end{cases}$$

4. Мольные доли: $\varphi(A) = n(A)/n(\text{см}) = 0,2/0,35 = 0,571 = 57,1\%$ $\varphi(B) = 42,9\%$.

5. Используя закон сохранения массы, определим массу смеси углеводов:

$m(\text{смеси}) = 94,4 - 80 = 14,4$ г и составим еще одно алгебраическое уравнение, учитывая, что $M(A) = 14n$, а $M(B) = 14n - 2$, где n – число атомов углерода:

$$m(A) + m(B) = m(\text{смеси}); \quad 14n \cdot 0,2 + (14n - 2) \cdot 0,15 = 14,4; \quad n = 3$$

Алкен – C_3H_6 , алкин – C_3H_4 .

Задачи для самостоятельного решения

7.1. При обработке натрия первичным предельным одноатомным спиртом выделилось 6,72 л газа (н.у.). При дегидратации того же количества спирта образуется алкен массой 33,6 г. Определите молекулярную формулу спирта.

7.2. При окислении 0,04 моль неизвестного органического вещества водным раствором перманганата калия образовалось 6,4 г бензоата калия, 11,04 г K_2CO_3 , 20,88 г MnO_2 , 2,24 г KOH и вода. Какое вещество подверглось окислению? Определите его брутто-формулу и возможное строение.

7.3. Смесь двух предельных одноосновных кислот массой 23,82 г обработали 128 г 12,5%-ного раствора гидроксида натрия. Массовые доли металла в образовавшихся солях равны 28,05 и 20,91%. Затем через раствор пропустили углекислый газ. В реакцию вступило 1,12 л (н.у.) газа и образовалась кислая соль. Найдите массовую долю кислоты с меньшей относительной молекулярной массой в исходной смеси.

7.4. Установите молекулярную формулу предельной одноосновной карбоновой кислоты, кальциевая соль которой содержит 30,77 % кальция.

7.5. Масса неизвестного объема воздуха равна 0,123 г, а масса такого же объема газообразного алкана – 0,246 г (при тех же условиях). Определите молекулярную формулу алкана.

7.6. 2,25 г аминокислоты, входящей в состав белков, сожгли в избытке кислорода. После приведения продуктов реакции к нормальным условиям получили 2,016 л газовой смеси и 1,35 г воды. Газовую смесь пропустили через 5 М раствор гидроксида натрия массой 36 г с плотностью 1,2 г/мл,

после чего массовая доля щелочи в растворе уменьшилась до 3,106 %. Не поглощенную щелочью газовую смесь пропустили над избытком раскаленной меди, после чего объем газа уменьшился в 2 раза (н.у.). Определите формулу исходной аминокислоты.

7.7. Плотность углеводорода при нормальных условиях равна 1.964 г/л. Массовая доля углерода в нем равна 81,82 %. Выведите молекулярную формулу этого углеводорода.

7.8. Массовая доля углерода в диамине равна 48,65 %, массовая доля азота равна 37,84 %. Выведите молекулярную формулу диамина.

7.9. Относительная плотность паров предельной двухосновной карбоновой кислоты по воздуху равна 4.07. Выведите молекулярную формулу карбоновой кислоты.

7.10. 2 л алкадиена при н.у. имеет массу, равную 4.82 г. Выведите молекулярную формулу алкадиена.

7.11. Установите формулу предельной одноосновной карбоновой кислоты, кальциевая соль которой содержит 30,77 % кальция.

7.12. Относительная плотность паров органического соединения по сернистому газу равна 2. При сжигании 19.2 г этого вещества образуется 52.8 г углекислого газа (н.у.) и 21.6 г воды. Выведите молекулярную формулу органического соединения.

7.13. При сжигании органического вещества массой 1.78 г в избытке кислорода получили 0.28 г азота, 1.344 л углекислого газа (н.у.) и 1.26 г воды. Определите молекулярную формулу вещества, зная, что в указанной навеске вещества содержится $1.204 \cdot 10^{22}$ молекул.

7.14. Углекислый газ, полученный при сгорании 3.4 г углеводорода, пропустили через избыток раствора гидроксида кальция и получили 25 г осадка. Выведите простейшую формулу углеводорода.

7.15. При сгорании органического вещества, содержащего углерод, водород и хлор, выделилось 6.72 л (н.у.) углекислого газа, 5.4 г воды и 3.65 г хлороводорода. Установите молекулярную формулу сгоревшего вещества.

7.16. При сгорании амина выделилось 0.448 л (н.у.) углекислого газа, 0.495 г воды и 0.056 л азота. Определить молекулярную формулу этого амина.

7.17. Определить формулу алкена, если известно, что он 5.6 г его при присоединении воды образуют 7.4 г спирта.

- 7.18.** Для окисления 2.9 г предельного альдегида до кислоты потребовалось 9.8 г гидроксида меди (II). Определить формулу альдегида.
- 7.19.** Одноосновная моноаминокислота массой 3 г с избытком бромоводорода образует 6.24 г соли. Определить формулу аминокислоты.
- 7.20.** При взаимодействии предельного двухатомного спирта массой 2.7 г с избытком калия выделилось 0.672 л водорода. Определить формулу спирта.
- 7.21.** При окислении предельного одноатомного спирта оксидом меди (II) получили 9.73 г альдегида, 8.65 г меди и воду. Определить молекулярную формулу этого спирта.
- 7.22.** При сгорании 45,3 г органического вещества образовалось 66,0 г углекислого газа, 21,0 г азота и 13,5 г воды. Установите молекулярную формулу вещества, если известно, что его молярная масса меньше 250 г/моль.
- 7.23.** Смесь сульфида натрия и сульфата натрия массой 1,25 г растворили в воде и прибавили в избытке растворы хлорида бария и соляной кислоты. Образовался осадок массой 1,48 г и выделился газ. Определите массовые доли компонентов смеси и объем газа (н.у.), пренебрегая его растворимостью в воде.
- 7.24.** К смеси газов оксида углерода(II) и оксида углерода(IV) общим объемом 10 дм³ (н.у.) добавили 15 дм³ (н.у.) кислорода и подожгли. В результате реакции объем смеси уменьшился на 2 дм³ (н.у.). Определить объемные доли газов в исходной газовой смеси и полученной после реакции.
- 7.25.** При обработке первичного предельного одноатомного спирта натрием выделилось 6,72 л газа (н.у.). При полной дегидратации такого же количества спирта образуется этиленовый углеводород массой 33,6 г. Установите молекулярную формулу спирта.
- 7.26.** При полном растворении в воде смеси гидрида и фосфида щелочного металла с равными массовыми долями образовалась газовая смесь с плотностью по углекислому газу 0,2. Установите состав исходных соединений.
- 7.27.** При полном растворении в соляной кислоте смеси карбоната и сульфида некоторого металла с равными массовыми долями выделилась газовая смесь с плотностью по гелию 9,5. Установите формулы исходных соединений, если металл проявляет в соединениях степень окисления +2.

7.28. При растворении 4,5 г частично окисленного алюминия в избытке раствора КОН выделяется 3,7 л (н.у.) водорода. Определите массовую долю алюминия в образце.

7.29. Окислением 1,4-диметилбензола массой 21,2 г получили терефталевую (бензол- 1,4-дикарбоновую) кислоту, на полную нейтрализацию которой затратили 154 мл 10%-ного раствора гидроксида калия (плотность раствора 1,09 г/мл). Определите выход реакции окисления.

8. ЗАДАЧИ НА ЭЛЕКТРОЛИЗ

Пример 1. Электролиз 400 г 8,5%-ного раствора нитрата серебра продолжали до тех пор, пока масса раствора не уменьшилась на 25 г. Вычислите массовые доли соединений в растворе, полученном после окончания электролиза, и массы веществ, выделившихся на инертных электродах.

Решение: При электролизе водного раствора AgNO_3 на катоде происходит восстановление ионов Ag^+ , а на аноде – окисление молекул воды:

Катод: $\text{Ag}^+ + e = \text{Ag}$.

Анод: $2\text{H}_2\text{O} - 4e = 4\text{H}^+ + \text{O}_2$.

Суммарное уравнение:



$\nu(\text{AgNO}_3) = 400 \cdot 0,085 / 170 = 0,2$ моль. При полном электролитическом разложении данного количества соли выделяется 0,2 моль Ag массой $0,2 \cdot 108 = 21,6$ г и 0,05 моль O_2 массой $0,05 \cdot 32 = 1,6$ г. Общее уменьшение массы раствора за счет серебра и кислорода составит $21,6 + 1,6 = 23,2$ г.

При электролизе образовавшегося раствора азотной кислоты разлагается вода:



Потеря массы раствора за счет электролиза воды составляет $25 - 23,2 = 1,8$ г. Количество разложившейся воды равно: $\nu(\text{H}_2\text{O}) = 1,8/18 = 0,1$ моль. На электродах выделилось 0,1 моль H_2 массой $0,1 \cdot 2 = 0,2$ г и $0,1/2 = 0,05$ моль O_2 массой $0,05 \cdot 32 = 1,6$ г. Общая масса кислорода, выделившегося на аноде в двух процессах, равна $1,6 + 1,6 = 3,2$ г.

В оставшемся растворе содержится азотная кислота: $\nu(\text{HNO}_3) = \nu(\text{AgNO}_3) = 0,2$ моль, $m(\text{HNO}_3) = 0,2 \cdot 63 = 12,6$ г. Масса раствора после окончания электролиза равна $400 - 25 = 375$ г. Массовая доля азотной кислоты: $\omega(\text{HNO}_3) = 12,6/375 = 0,0336$, или 3,36%.

Ответ. $\omega(\text{HNO}_3) = 3,36\%$, на катоде выделилось 21,6 г Ag и 0,2 г H_2 , на аноде – 3,2 г O_2 .

Пример 2. Найдите объем водорода, который выделится при пропускании тока силой в 5 А в течение 3,5 ч через водный раствор

серной кислоты. Напишите уравнения анодного и катодного процессов, а также суммарное уравнение электролиза раствора H_2SO_4 с инертным анодом.

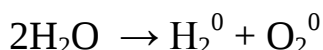
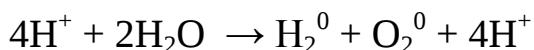
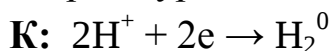
Решение: Применим II закон Фарадея, где $F=96500$ Кл.

$$V = V_{\text{э}}It/F = V_{\text{э}}It/96500$$

$$V_{\text{э}}(\text{H}_2) = 11,2 \text{ л},$$

$$V = 11,2 \cdot 5 \cdot 3,5 \cdot 3600 / 96500 = 7,3 \text{ л}$$

Составим **уравнения анодного и катодного процессов**, а также суммарное уравнение электролиза **раствора H_2SO_4 с инертным анодом**:



Таким образом, при электролизе серной кислоты с инертными анодами **происходит разложение воды.**

Задачи для самостоятельного решения

- 8.1. При электролизе 1 л раствора хлорида меди (II) на катоде выделилась медь массой 12,7 г. Вычислите объем газа (н.у.), выделившегося на аноде, если плотность раствора близка к 1 г/мл.
- 8.2. При электролизе водного раствора нитрата серебра (I) на аноде выделилось 13,44 л кислорода (н.у.). Определите массу выделившегося на катоде серебра, если выход серебра составил 90% от теоретически возможного, а выход кислорода – количественный.
- 8.3. При электролизе водного раствора хлорида цинка на катоде выделился цинк массой 68,25 г, а на аноде – хлор объемом 28,22 л (н.у.). Определите выход цинка, если выход хлора составил 90% от теоретически возможного.
- 8.4. Определите массу медного купороса, помещенного в электролизёр, если при электролизе его водного раствора выделился кислород объемом 5,71 л (н.у.), выход которого ставил 85% от теоретически возможного.
- 8.5. Через электролизер, содержащий раствор гидроксида калия объемом 300мл с массовой долей вещества 22,4% (плотность 1,2 г/мл), пропустили

электрический ток. Рассчитайте массовую долю гидроксида калия в растворе после отключения тока, если известно, что на катоде выделился газ объемом 89,6 л (н.у.)

8.6. При электролизе 16 г расплава некоторого соединения водорода с одновалентным элементом на аноде выделился водород количеством вещества 1 моль. Установите формулу вещества, взятого для электролиза.

8.7. Электролиз 400 мл 6%-ного раствора сульфата меди (II) (плотность 1,02 г/мл) продолжали до тех пор, пока масса раствора не уменьшилась на 10 г. Определите массовые доли соединений в оставшемся растворе и массы продуктов, выделившихся на инертных электродах.

8.8. При электролизе раствора хлорида металла катион которого двухзаряден, на катоде выделилось 0,16 г металла. При растворении этой массы металла в концентрированной азотной кислоте выделился бурый газ объемом 0,112 (н.у.) Определите состав хлорида и его массу в растворе.

8.9. 1000 г 5.1% - ного раствора нитрата серебра подвергнуто электролизу, при этом на катоде выделилось 10,8 г вещества. Затем в электролизер добавили 500 г 13.5% -ного раствора хлорида меди (II). Полученный раствор снова подвергли электролизу до выделения на аноде 8,96 л газа (н.у.). Определите массовые доли веществ в конечном растворе.

8.10. Вычислить массу газа, выделившегося на аноде при электролизе раствора серной кислоты, производившегося в течение 10 мин при силе тока 1.5 А.

8.11. При действии постоянного тока силой 6,4А на расплав соли трехвалентного металла на катоде в течение 30 мин выделилось 1,07г металла, а аноде – 1344 мл (н.у.) газа, относительная плотность паров которого по гелию составляет 17,75. Определите состав соли, расплав которой подвергли электролизу.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Глинка Н.Л. Задачи и упражнения по общей химии: Учебное пособие для вузов / Н.Л. Глинка/ – М. КНОРУС, 2011. – 240 с.
2. Глинка Н. Л. Общая химия: учеб. пособие для студ. нехим. спец. Вузов /- 16-е изд., перераб. и доп. – М. Юрайт Высш. Образование, 2010. – 886 с.
3. Кузьменко Н.Е. Начала химии / Н.Е. Кузьменко, В.В. Еремин, В.А. Попков. – М.: «Экзамен», 2005. – 480 с.
4. Степин Б.Д. Занимательные задания по химии./ Б.Д. Степин, Л.Ю. Аликберова. – М.: Издательство «Дрофа», 2006. – 430 с.
5. Контрен - Химия для всех – URL: <http://kontren.narod.ru/> (дата обращения: 10.03.2016).
6. Алхимик – URL: <http://www.alhimik.ru/> (дата обращения: 15.03.2016).
7. "Эйдос" Всероссийские дистанционные эвристические олимпиады по химии – URL: <http://www.eidos.ru/olymp/chemistry/> (дата обращения: 28.02.2016).

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
1. Основные типы химических задач	4
2. Этапы решения химических задач	6
3. Задачи на расчет количественных характеристик вещества	8
4. Задачи на образование и разложение растворов	11
5. Расчеты по цепочкам превращений	17
6. Задачи на смеси	22
7. Определение неизвестного вещества	27
8. Задачи на электролиз	36
Рекомендуемая литература	39