

# ХИМИЯ

# ЕГЭ

РНИМУ им. Н. И. Пирогова

Первый МГМУ им. И. М. Сеченова

МГМСУ им. А. И. Евдокимова

МГУ им. М. В. Ломоносова

СПбГУ

РХТУ им. Д. И. Менделеева

РУДН

РГУ нефти и газа им. И. М. Губкина

МТУ

МСХА им. К. А. Тимирязева

НГУ

СФУ

МПГУ

И. Ю. Белавин

В. П. Сергеева

# 100 баллов ПО ХИМИИ

Учимся  
решать задачи:  
от простых  
до самых сложных



Лаборатория  
ЗНАНИЙ

И. Ю. Белавин  
В. П. Сергеева

# ХИМИЯ

## 100 баллов ПО ХИМИИ

Учимся  
решать задачи:  
от простых  
до самых сложных

Под редакцией профессора РАН,  
доктора химических наук  
В. В. Негребецкого

Электронное издание



Москва  
Лаборатория знаний  
2022

УДК 54(076)

ББК 24я721

Б43

**Белавин И. Ю.**

**Б43** 100 баллов по химии. Учимся решать задачи: от простых до самых сложных : учебное пособие / И. Ю. Белавин, В. П. Сергеева. — Электрон. изд. — М. : Лаборатория знаний, 2022. — 259 с. — Систем. требования: Adobe Reader XI ; экран 10". — Загл. с титул. экрана. — Текст : электронный.

ISBN 978-5-93208-600-1

Это пособие подготовлено сотрудниками кафедры химии РНИМУ им. Н. И. Пирогова, ведущего медицинского вуза страны. В книге приведены подробные методики решения основных типов задач, разобраны примеры различной сложности. Для самостоятельного решения собрано более 500 задач, охватывающих все разделы школьного курса химии углубленного уровня. Особое внимание уделено вопросам органической химии и химии природных биологических соединений. Комплексное использование этих пособий позволит повысить уровень своих знаний в области химии и получить высокий балл на выпускном экзамене для поступления на химические, биологические и медицинские факультеты вузов.

Книга ориентирована на учащихся старших классов общеобразовательных и специализированных школ, лицеев, гимназий, студентов колледжей, слушателей химических школ и подготовительных курсов, а также преподавателей химии для подготовки учащихся к сдаче ЕГЭ и участию в олимпиадах по химии.

**УДК 54(076)**

**ББК 24я721**

**Деривативное издание на основе печатного аналога:** 100 баллов по химии. Учимся решать задачи: от простых до самых сложных : учебное пособие / И. Ю. Белавин, В. П. Сергеева. — М. : Лаборатория знаний, 2022. — 256 с. : ил.

ISBN 978-5-93208-240-9

## ПРЕДИСЛОВИЕ

---

---

Предлагаемое вниманию читателей пособие продолжает цикл уже завоевавших популярность среди учащихся и педагогов книг из комплекса «100 баллов по химии», подготовленных сотрудниками кафедры химии РНИМУ им. Н. И. Пирогова, ведущего медицинского университета страны. Это пособие можно изучать самостоятельно, но наибольшую пользу принесет его комплексное использование с тремя предыдущими изданиями: «Полный курс для поступающих в вузы», «Теория и практика. Задачи и упражнения» и «Тесты для подготовки к экзамену».

Пособие погружает учащихся в увлекательный мир химических расчетных задач. Первая часть его посвящена подходам к решению задач различной сложности. Она постепенно подводит читателя ко второй части — к конкурсным задачам, которые в разное время использовались на вступительных экзаменах и олимпиадах, проводимых в РНИМУ. Типовые и наиболее интересные задачи этой части приведены с решениями в третьей части. Все задачи сборника авторские. Одним из авторов-составителей задач является профессор РНИМУ Белавин Иван Юрьевич, имя которого широко известно среди педагогов и учащихся, интересующихся химией.

Книга ориентирована на учащихся старших классов общеобразовательных, специализированных и химических школ, лицеев, гимназий, студентов колледжей, слушателей подготовительных курсов. Преподавателям химии она поможет в подготовке учащихся к ЕГЭ и олимпиадам самого разного уровня.

Авторы выражают признательность своим коллегам, сотрудникам кафедры химии РНИМУ им. Н. И. Пирогова, а также С. Ю. Быликину (Открытый Университет, Великобритания) за помощь в подготовке данного издания. Замечания и предложения по дальнейшей переработке книги авторы просят направлять на адрес: [sergeeva.chem@gmail.com](mailto:sergeeva.chem@gmail.com).

*Желаем удачи!*

## СПРАВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Условные обозначения и размерности величин		
Параметр	Обозначение	Размерность
Давление	$p$	мм рт. ст.; Па, кПа; атм
Количество вещества	$n$	моль, кмоль, ммоль, мкмоль
Концентрация	$c$	моль/л, ммоль/л; г/л, мг/л
Масса	$m$	г, кг, мг, мкг
Массовая доля	$\omega$	доли единицы, %
Молярная масса	$M$	г/моль
Молярная доля	$\chi$	доли единицы; %
Молярный объем	$V_M$	л/моль
Объем	$V$	л, мл
Объемная доля	$\varphi$	доли единицы; %
Выход	$\eta$	%
Относительная атомная масса	$A_r$	безразмерная величина
Относительная плотность	$D$	безразмерная величина
Плотность	$\rho$	г/л (для газов), г/мл, кг/м <sup>3</sup>
Растворимость	$s$	г на 100 г воды; г/л; моль/л
Температура	$T, t^\circ$	°С; К
Теплота	$Q$	Дж, кДж; кал, ккал
Число Авогадро	$N_A$	$6,022 \cdot 10^{23}$ моль <sup>-1</sup>
Универсальная газовая постоянная	$R$	8,31 Дж/(моль · К); 0,0821 °л · атм/(моль · К)
Скорость реакции	$v$	моль/(л · мин), моль/(л · ч), моль/(л · с)
Температурный коэффициент скорости реакции	$\gamma$	безразмерная величина
Площадь	$S$	м <sup>2</sup> , см <sup>2</sup>

**Наиболее употребляемые расчетные формулы**

$$m = n \cdot M, \quad n = \frac{m}{M}, \quad M = \frac{m}{n}$$

$$N(\text{частиц}) = n \cdot N_A, \quad m(\text{частицы} \text{ — атома или молекулы}) = \frac{M}{N_A}$$

$$n(\text{элемента в веществе}) = n(\text{вещества}) \cdot \text{индекс элемента}$$

$$\omega(\text{элемента в соединении}) = \frac{M(\text{элемента}) \cdot \text{индекс элемента}}{M(\text{соединения})},$$

$$\omega\% = \omega \cdot 100\%$$

$$\omega(\text{элемента в смеси}) = \frac{m(\text{элемента})}{m(\text{смеси})}, \quad \omega\% = \omega \cdot 100\%$$

$$\omega(\text{вещества в растворе}) = \frac{m(\text{вещества})}{m(\text{раствора})}, \quad \omega\% = \omega \cdot 100\%$$

$$\omega(\text{вещества в растворе}) = \frac{s(\text{вещества в г на } 100 \text{ г } H_2O)}{s + 100}$$

$$\omega(\text{соли в к/г}^*) = \frac{M(\text{соли})}{M(\text{к/г})}$$

$$\omega(\text{соли в растворе}) = \frac{s(\text{к/г в г на } 100 \text{ г } H_2O) \cdot \omega(\text{соли в к/г})}{s(\text{к/г}) + 100}$$

$$m(\text{раствора}) = \rho \cdot V(\text{раствора})$$

$$c(\text{вещества в растворе}) = \frac{n(\text{вещества})}{V(\text{раствора})}$$

$$c(\text{вещества в растворе}) = \frac{\rho(\text{раствора}) \cdot \omega(\text{вещества})}{M(\text{вещества})}$$

Для вещества формулы  $A_xB_yC_z$   $x : y : z = n(A) : n(B) : n(C)$ ,

$$x : y : z = \frac{\omega(A)}{A_r(A)} : \frac{\omega(B)}{A_r(B)} : \frac{\omega(C)}{A_r(C)}$$

$$V_M = \frac{V(\text{газа})}{n(\text{газа})}, \quad V(\text{газа}) = n(\text{газа}) \cdot V_M, \quad n(\text{газа}) = \frac{V(\text{газа})}{V_M};$$

$$\text{н. у. : } p = 101,3 \text{ кПа}, \quad T = 0 \text{ }^\circ\text{C} = 273 \text{ К}, \quad V_M(\text{н. у.}) = 22,4 \text{ л/моль}$$

$$\text{Объединенный газовый закон: } \frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2} = \frac{101,3 \cdot V(\text{н. у.})}{273}$$

$$\text{Уравнение Менделеева–Клапейрона: } p \cdot V = n \cdot R \cdot T$$

$$\rho = \frac{m}{V}, \quad m = \rho \cdot V, \quad M(\text{газа}) = \rho \cdot V_M, \quad M(\text{газа}) = \rho(\text{н. у.}) \cdot 22,4$$

$$\text{Для двух газов плотность первого газа по второму } D = \frac{\rho_1}{\rho_2} = \frac{M_1}{M_2},$$

$$M_1 = D \cdot M_2$$

\* Примечание: к/г — кристаллогидрат.

**Наиболее употребляемые расчетные формулы**

$$\varphi(\text{газа}) = \frac{V(\text{газа})}{V(\text{смеси})}, \quad \varphi\% = \varphi \cdot 100\%;$$

$$\chi(\text{газа}) = \frac{n(\text{газа})}{\text{сумма } n \text{ всех газов в смеси}}, \quad \chi\% = \chi \cdot 100. \text{ Для газов } \chi = \varphi$$

$$M_{\text{ср.}} = \chi_1 \cdot M_1 + \chi_2 \cdot M_2 + \dots, \quad \text{где } \chi_1 + \chi_2 + \dots = 1;$$

$$M_{\text{ср.}}(\text{газа}) = \varphi_1 \cdot M_1 + \varphi_2 \cdot M_2 + \dots, \quad \text{где } \varphi_1 + \varphi_2 + \dots = 1$$

$$M_{\text{ср.}} = \frac{n_1 \cdot M_1 + n_2 \cdot M_2 + \dots}{n_1 + n_2 + \dots};$$

$$M_{\text{ср.}}(\text{газа}) = \frac{V_1 \cdot M_1 + V_2 \cdot M_2 + \dots}{V_1 + V_2 + \dots}$$

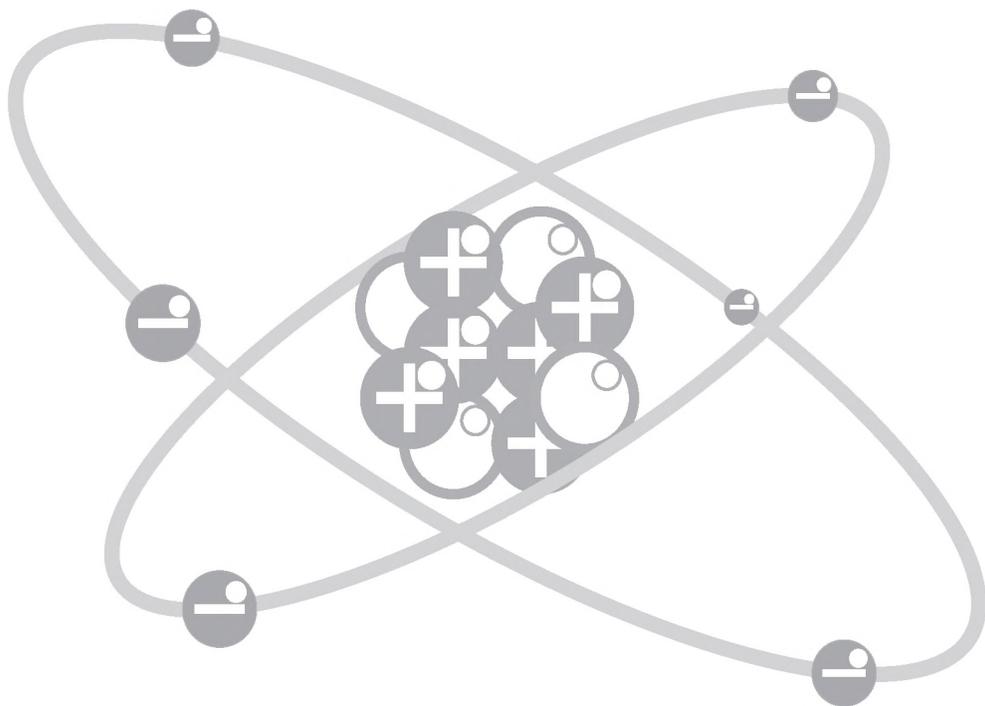
$$\upsilon(\text{гомогенной реакции}) = \frac{\Delta c}{\Delta t}, \quad (\text{гетерогенной реакции}) = \frac{\Delta n}{S \cdot \Delta t};$$

$$\upsilon_{t_2} = \upsilon_{t_1} \cdot \gamma \frac{t_2 - t_1}{10}$$

ЧАСТЬ I

МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ  
ПО ХИМИИ

---



## ОБЩИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ

---

---

### 1.1. Осмысление задачи

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

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

Обязательно проверьте, правильно ли проставлены коэффициенты в уравнениях химических реакций. Неправильное уравнивание химической реакции может привести не только к числовой, но и смысловой ошибке в решении задачи. Закончив решать задачу, еще раз просмотрите ее условия и проверьте, все ли задания вы выполнили и все ли условия задачи вы использовали для ее решения. Обычно для правильного решения задачи требуется использование всех приведенных в ней данных, хотя бывают случаи, когда некоторые условия оказываются лишними. Тогда можно использовать эти данные для проверки правильности решения.

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

Для удобства решения и лучшего понимания численных значений может быть полезна краткая запись условий задачи. Не забывайте в кратком условии достаточно четко указывать, к чему относится каждое число или условие.

Если возникают затруднения в понимании смысла задачи, полезно составить графологическую схему или представить условие задачи в виде рисунка.

Пример 1. Растворимость бромида калия при  $0^\circ\text{C}$  и при  $45^\circ\text{C}$  составляет 50 и 80 г в 100 г воды соответственно. Определите, какой объем хлора (н. у.) прореагирует с раствором, полученным насыщением бромидом калия при  $45^\circ\text{C}$  такой массы раствора, насыщенного при  $0^\circ\text{C}$ , которая при взаимодействии с избытком раствора нитрата серебра образует 56,4 г осадка.



б) Определяем количество и объем хлора, который может прореагировать с конечным раствором:

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

$V(\text{Cl}_2) = 0,24 \cdot 22,4 = 5,376$  л.

Ответ:  $V(\text{Cl}_2) = 5,376$  л.

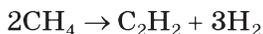
## 1.2. Расчеты по уравнениям химических реакций, распределение избытка и недостатка

Количества веществ, вступающих в химическую реакцию и образующихся в результате этой реакции, соотносятся как коэффициенты в уравнении реакции, например:



$$n(\text{KClO}_3) : n(\text{HCl}) : n(\text{Cl}_2) : n(\text{KCl}) : n(\text{H}_2\text{O}) = 1 : 6 : 3 : 1 : 3.$$

Объемы газов, вступающих в химическую реакцию и образующихся в результате этой реакции, измеренные при одинаковых условиях, соотносятся как коэффициенты в уравнении реакции, например,



$$V(\text{CH}_4) : V(\text{C}_2\text{H}_2) : V(\text{H}_2) = 2 : 1 : 3.$$

Как провести расчет по уравнению химической реакции?

1) Написать и уравнять реакцию. Из условия задачи рассчитать количества реагентов. Если это сделать невозможно, принять их за  $x$  и  $y$  моль. Эти количества поместить **над формулами** веществ в уравнении реакции.

 Коэффициенты в уравнении реакции показывают соотношение количеств реагентов и продуктов (или объемов газов), поэтому никакие другие величины из условия задачи в уравнении реакции не используют.

2) Определить, какой из двух реагентов находится в недостатке. Для этого количества реагентов разделить на их коэффициенты в уравнении реакции (можно грубо, приблизительно) и сравнить полученные числа. То вещество, для которого полученное значение является наименьшим, находится в недостатке, и по нему рассчитывают реакцию. Его количество **без изменения** переносят **под формулу** вещества в уравнении.

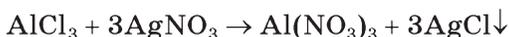
3) Чтобы по веществу, находящемуся в недостатке, рассчитать реакцию, необходимо его количество (точно) разделить на его коэффициент и полученное число умножить на коэффициенты перед остальными участниками реакции. Полученные количества помещают **под формулы** веществ.

- 4) Определить оставшееся количество избыточного реагента. Для этого из взятого количества вычесть количество, израсходованное в реакции. В полученном растворе содержатся продукты реакции и оставшееся количество вещества, бывшего в избытке.
- 5) Чтобы рассчитать массу полученного раствора, нужно, внимательно читая условия задачи, сложить массы компонентов, помещаемых в реакционный сосуд. Затем, просмотрев уравнения реакций, вычесть массы веществ, покинувших систему в виде осадка или газа.

Пример 2. Раствор, содержащий 0,2 моль хлорида алюминия, смешали с раствором, содержащим 0,3 моль нитрата серебра. Определите количество выпавшего в осадок хлорида серебра и количества веществ, оставшихся в растворе.

Решение:

- 1) Запишем уравнение химической реакции и не забудем расставить необходимые коэффициенты:



- 2) Определяем, какой из двух реагентов находится в избытке — количества веществ делим на коэффициенты:

для  $\text{AlCl}_3$ :  $\frac{0,2}{1} = 0,2$  моль; для  $\text{AgNO}_3$ :  $\frac{0,3}{3} = 0,1$  моль;  $0,2 > 0,1$

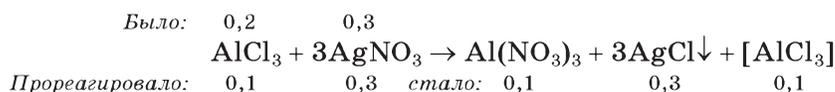
- 3) Следовательно, хлорид алюминия имеется в избытке, а нитрат серебра — в недостатке. Производим расчет по нитрату серебра. Исходное количество  $\text{AgNO}_3$  делим на 3 и умножаем на коэффициенты всех участников реакции:

$$n(\text{AgCl}) = n(\text{AgNO}_3) = \frac{0,3 \cdot 3}{3} = 0,3 \text{ моль};$$

$$n(\text{Al}(\text{NO}_3)_3) = \frac{n(\text{AgCl})}{3} = \frac{0,3}{3} = 0,1 \text{ моль}.$$

В растворе осталось не прореагировавшим  $0,2 - 0,1 = 0,1$  моль хлорида алюминия.

- 4) Проиллюстрируем наши рассуждения законченным уравнением:



Ответ: В осадок выпало 0,3 моль  $\text{AgCl}$ , в растворе содержится 0,1 моль  $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$  и 0,1 моль  $\text{AlCl}_3$ .

Пример 3. 2 л метиламина ( $\text{CH}_3\text{NH}_2$ ) смешали с 6 л кислорода при н. у. и подожгли. Определите объем и плотность образовавшейся газовой смеси после приведения ее к н. у.

Решение:

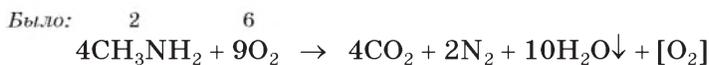


- 1) Определяем, какое вещество было в избытке и какое — в недостатке. Для газов соотношение объемов при равных условиях равно соотношению количеств веществ, поэтому объемы исходных газов делим на коэффициенты в уравнении реакции, и полученные числа сравниваем между собой:

$$\text{для } \text{CH}_3\text{NH}_2: \frac{2}{4} = 0,5 \text{ л; для } \text{O}_2: \frac{6}{9} = 0,667 \text{ л; } 0,667 > 0,5.$$

Следовательно, кислород был в избытке, а метиламин — в недостатке.

- 2) Расчет ведем по веществу, бывшему в недостатке, т. е. по метиламину. Согласно уравнению реакции, 4 объема метиламина реагируют с 9 объемами кислорода с образованием 4 объемов оксида углерода(IV) и 2 объемов азота (вода при приведении к н. у. конденсируется в жидкость). Таким образом, объем образовавшегося  $\text{CO}_2$  равен объему сгоревшего метиламина (2 л), объем образовавшегося азота в два раза меньше (1 л), объем прореагировавшего кислорода в  $\frac{9}{4}$  раза больше объема метиламина:  $2,25 \cdot 2 = 4,5$  л. Кислорода осталось  $6 - 4,5 = 1,5$  л.



Прореагировало:  $\quad 2 \quad 4,5$  стало:  $\quad 2 \quad 1 \quad 1,5$

- 3) Конечная газовая смесь содержит 2 л  $\text{CO}_2$ , 1 л  $\text{N}_2$  и 1,5 л  $\text{O}_2$ .

$$V(\text{конечной газовой смеси}) = V(\text{CO}_2) + V(\text{N}_2) + V(\text{O}_2) = 2 + 1 + 1,5 = 4,5 \text{ л.}$$

- 4) Определяем среднюю молярную массу и плотность конечной газовой смеси:

$$\begin{aligned} M_{\text{ср.}} &= \varphi(\text{CO}_2) \cdot M(\text{CO}_2) + \varphi(\text{N}_2) \cdot M(\text{N}_2) + \varphi(\text{O}_2) \cdot M(\text{O}_2) = \\ &= \frac{2}{4,5} \cdot 44 + \frac{1}{4,5} \cdot 28 + \frac{1,5}{4,5} \cdot 32 = 36,44 \text{ г/моль;} \end{aligned}$$

$$\rho = \frac{M_{\text{ср.}}}{22,4} = \frac{36,44}{22,4} = 1,627 \text{ г/л.}$$

Ответ:  $V(\text{конечной газовой смеси}) = 4,5$  л;  $\rho = 1,627$  г/л.

### 1.3. Обработка численных данных

При записи краткого условия задачи бывает полезно все проценты перевести в доли единицы, проверить размерности приведенных в задаче физических величин и, если это необходимо, выразить эти величины в одной размерности. Например, массы выразить в граммах, объемы для газов — в литрах, а для растворов — в миллилитрах, плотности для растворов — в граммах на миллилитр, для газов — в граммах на литр.

Если в задаче имеют место химические превращения, то все массы и объемы реагирующих веществ лучше сразу пересчитать

на количества веществ (моль). Исключение составляют задачи с участием газов, когда все исходные данные приведены в объемах и ответ требуется в объемах или в объемных долях. В этих случаях все вычисления по уравнениям реакций можно производить в объемах.

Желательно, чтобы при решении задачи вы достаточно подробно записывали ход решения, указывая расчетные формулы и конкретные числа, которые вы в них подставляете. Обязательно указывайте размерность получаемых величин. Такая запись позволяет вам легко проверить правильность решения и точность ваших вычислений. Для определения точности расчетов ориентируйтесь на число значащих цифр в исходных данных задачи. Производимые вами расчеты должны выполняться с не меньшей точностью, но и увлекаться большей точностью также не стоит.

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

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

**Пример 4.** К 200 мл раствора нитрата алюминия с молярной концентрацией нитрат-ионов 1,8 моль/л добавили 82 мл раствора гидроксида натрия с массовой долей щелочи 20% и плотностью 1,22 г/мл. Полученную смесь упарили и прокалили. Определите массовую долю кислорода как элемента в остатке после прокаливании.

**Решение:**

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

1) Определяем количества исходных веществ:

$$n(\text{Al}(\text{NO}_3)_3) = \frac{V(\text{раствора}) \cdot c(\text{NO}_3)}{\text{индекс нитрат-ионов}} = \frac{0,2 \cdot 1,8}{3} = 0,12 \text{ моль};$$

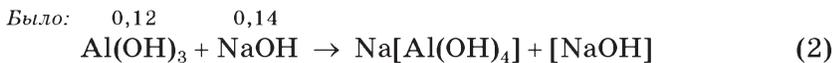
$$n(\text{NaOH}) = \frac{V(\text{раствора}) \cdot \rho \cdot \omega(\text{NaOH})}{M(\text{NaOH})} = \frac{82 \cdot 1,22 \cdot 0,2}{40} = 0,5 \text{ моль}.$$

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

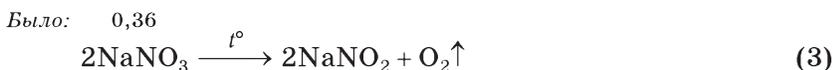
Было:      0,12                      0,5



Прореагировало:    0,12                      0,36    стало:    0,12                      0,36                      0,14



Прореагировало: 0,12      0,12 стало:    0,12                    0,02



Прореагировало: 0,36      стало:    0,36



Прореагировало: 0,12      стало:    0,12

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

$$m(\text{NaNO}_2) = 0,36 \cdot 69 = 24,84 \text{ г}; \quad m(\text{NaAlO}_2) = 0,12 \cdot 82 = 9,84 \text{ г};$$

$$m(\text{NaOH}) = 0,02 \cdot 40 = 0,8 \text{ г};$$

$$m(\text{остатка после прокаливания}) = 24,84 + 9,84 + 0,8 = 35,48 \text{ г};$$

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

$$n(\text{O в NaAlO}_2) = 0,12 \cdot 2 = 0,24 \cdot \text{моль};$$

$$n(\text{O в NaOH}) = 0,02 \text{ моль};$$

$$n(\text{O в остатке после прокаливания}) = 0,72 + 0,24 + 0,02 = 0,98 \text{ моль};$$

$$\omega(\text{O}) = \frac{0,98 \cdot 16}{35,48} = 0,442.$$

Ответ:  $\omega(\text{O в остатке после прокаливания}) = 44,2\%$ .

## ПОДХОДЫ К РЕШЕНИЮ СЛОЖНЫХ КОМБИНИРОВАННЫХ ЗАДАЧ

---

---

### 2.1. Избыток и недостаток

Если численные данные задачи позволяют определить, какое вещество находится в избытке, а какое — в недостатке, необходимо обязательно рассчитать их количества — см. § 1.3 и примеры 2 и 3. Однако обязательно обращайтесь внимание, не будет ли вещество, находящееся в избытке, реагировать с каким-либо из продуктов реакции. Например, избыток кислот или кислотных оксидов может превращать средние соли в кислые, а в некоторых твердофазных реакциях выделяются такие химически активные вещества, как вода или кислород.

#### 2.1.1. Зависимость протекания химических реакций от количества реагентов

Пример 5. Определите состав раствора (в массовых долях), полученного при обработке смеси, образовавшейся в результате длительного нагревания 28,8 г магния с 24 г оксида кремния(IV), 57 мл 40%-ного раствора гидроксида натрия с плотностью 1404 кг/м<sup>3</sup>.

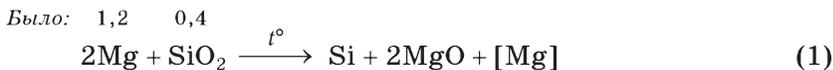
Решение:

1) Определяем количества веществ, принимающих участие в химических реакциях:

$$m(\text{р-ра NaOH}) = 57 \cdot 1,404 = 80 \text{ г}, \quad n(\text{NaOH}) = \frac{80 \cdot 0,4}{40} = 0,8 \text{ моль};$$

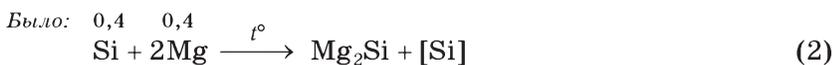
$$n(\text{Mg}) = \frac{28,8}{24} = 1,2 \text{ моль}, \quad n(\text{SiO}_2) = \frac{24}{60} = 0,4 \text{ моль}.$$

2) Записываем уравнения химических реакций и проставляем количества реагирующих и образующихся веществ с учетом избытка и недостатка:

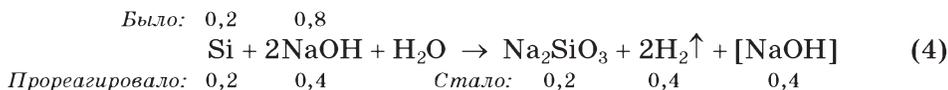
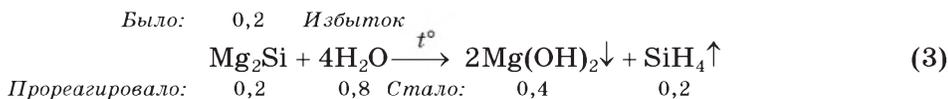


Прореагировало: 0,8    0,4    стало: 0,4    0,8    0,4

В этой реакции магний находится в избытке ( $\frac{1,2}{2} > \frac{0,4}{1}$ ), поэтому оксид кремния прореагировал полностью, а  $1,2 - 0,8 = 0,4$  моль магния осталось после реакции. При длительном нагревании оставшийся магний вступает во взаимодействие с кремнием, образуя силицид магния:



Прореагировало: 0,2    0,4    стало: 0,2    0,2



3) Рассчитываем массовые доли веществ в конечном растворе:

$$m(\text{конечного раствора}) = 80 + 28,8 + 24 - 0,4 \cdot 58 - 0,2 \cdot 32 - 0,4 \cdot 2 = 102,4 \text{ г},$$

$$\omega(\text{Na}_2\text{SiO}_3) = \frac{0,2 \cdot 122}{102,4} = 0,2383,$$

$$\omega(\text{NaOH}) = \frac{0,4 \cdot 40}{102,4} = 0,1563.$$

Ответ:  $\omega(\text{Na}_2\text{SiO}_3) = 23,83\%$ ;  $\omega(\text{NaOH}) = 15,63\%$ .

Пример 6. Смесь аммиака с кислородом, имеющую плотность по водороду 13, пропустили над платино-родиевым катализатором. Полученную смесь веществ при небольшом нагревании выдерживали в закрытом сосуде до прекращения всех химических реакций, затем охладили. Определите состав полученной смеси (в массовых долях), если известно, что при каталитическом окислении аммиака не происходит никаких побочных процессов и выход в этой реакции в расчете на аммиак составляет 80%.

Решение:

1) Допустим, что имеется 1 моль исходной газовой смеси, и рассчитаем ее состав:

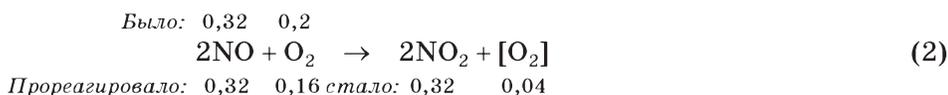
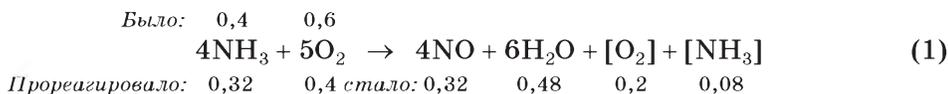
Пусть  $n(\text{NH}_3) = x$  моль и  $n(\text{O}_2) = y$  моль, тогда  $x + y = 1$ .

$M_{\text{ср.}}(\text{газовой смеси}) = 13 \cdot 2 = 26 \text{ г/моль}$ .

$$\begin{cases} x + y = 1 \\ 17x + 32y = 26 \end{cases} \quad \left| \begin{array}{l} x = 0,4, \\ y = 0,6. \end{array} \right.$$

2) Записываем уравнения химических реакций и проставляем количества реагирующих и образующихся веществ с учетом избытка и недостатка, не забывая, что в первую реакцию вступило только 80% исходного аммиака:

$n(\text{NH}_3, \text{ вступившего в реакцию каталитического окисления}) = 0,4 \cdot 0,8 = 0,32 \text{ моль}$ .



Было: 0,32      0,48    0,04



Прореагировало: 0,16      0,08    0,04 стало: 0,16      0,16      0,4

Было: 0,16      0,4



Прореагировало: 0,16    0,0533 стало: 0,107    0,0533    0,3467

Было: 0,267      0,08



Прореагировало: 0,08      0,08 стало: 0,08      0,187

3) Определяем состав образовавшегося раствора:

$$m(\text{HNO}_3) = 0,187 \cdot 63 = 11,78 \text{ г};$$

$$m(\text{NH}_4\text{NO}_3) = 0,08 \cdot 80 = 6,4 \text{ г};$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 0,3467 \cdot 18 = 6,24 \text{ г};$$

$$m(\text{конечного раствора}) = 11,78 + 6,4 + 6,24 = 24,42 \text{ г};$$

$$\omega(\text{HNO}_3) = \frac{11,78}{24,42} = 0,4824;$$

$$\omega(\text{NH}_4\text{NO}_3) = \frac{6,4}{24,42} = 0,2621.$$

Ответ:  $\omega(\text{HNO}_3) = 48,24\%$ ;  $\omega(\text{NH}_4\text{NO}_3) = 26,21\%$ .

Пример 7. 14,15 г смеси фосфата калия и оксида фосфора(V), в которой массовая доля фосфора как элемента составляет 21,91%, растворили в 100 г воды. Определите массовые доли веществ в полученном растворе.

Решение:

1) Определяем состав исходной смеси веществ, обозначив количество вещества  $\text{P}_2\text{O}_5$  за  $x$  моль и количество вещества  $\text{K}_3\text{PO}_4$  за  $y$  моль:

$$m(\text{P}) = 14,15 \cdot 0,2191 = 3,1 \text{ г}; \quad n(\text{P}) = \frac{3,1}{31} = 0,1 \text{ моль};$$

$$m(\text{смеси}) = m(\text{P}_2\text{O}_5) + m(\text{K}_3\text{PO}_4) = 142x + 212y = 14,5 \text{ г}; \quad n(\text{P}) = 2x + y = 0,1 \text{ моль}.$$

Одно из уравнений системы составляем по количеству фосфора, второе — по массе смеси.

$$\begin{cases} 2x + y = 0,1 \\ 142x + 212y = 14,15 \end{cases} \quad \left| \begin{array}{l} x = 0,025, \\ y = 0,05. \end{array} \right.$$

2) Записываем уравнения химических реакций и проставляем количества реагирующих и образующихся веществ:

Сначала  $\text{P}_2\text{O}_5$  реагирует с водой:

0,025



0,05

Затем образующаяся фосфорная кислота взаимодействует с  $K_3PO_4$ , образуя гидрофосфат калия:



Прореагировало: 0,025 \qquad 0,05 \quad стало: 0,075 \qquad 0,025

Оставшаяся фосфорная кислота взаимодействует с  $K_2HPO_4$ , образуя дигидрофосфат калия:



Прореагировало: 0,025 \qquad 0,025 \quad стало: 0,05 \qquad 0,05

3) Определяем массовые доли  $KH_2PO_4$  и  $K_2HPO_4$  в полученном растворе:

$$m(\text{конечного раствора}) = 14,15 + 100 = 114,15 \text{ г;}$$

$$\omega(KH_2PO_4) = 0,05 \cdot \frac{136}{114,15} = 0,05957;$$

$$\omega(K_2HPO_4) = 0,05 \cdot \frac{174}{114,15} = 0,07622.$$

Ответ:  $\omega(KH_2PO_4) = 5,96\%$ ;  $\omega(K_2HPO_4) = 7,62\%$ .

Пример 8. Оксид, полученный сжиганием 6,2 г фосфора в избытке кислорода, растворили в 91,6 мл раствора серной кислоты с массовой долей кислоты 0,1 и плотностью 1,07 г/мл. К полученному раствору добавили 372 г раствора силиката натрия с массовой долей соли 8,2%. Определите массовые доли веществ, содержащихся в конечном растворе.

Решение:

1) Рассчитываем количества исходных веществ:

$$n(P) = \frac{6,2}{31} = 0,2 \text{ моль; } m(\text{раствора } H_2SO_4) = 91,6 \cdot 1,07 = 98 \text{ г;}$$

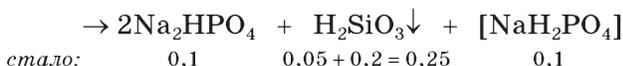
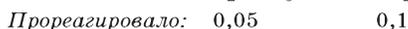
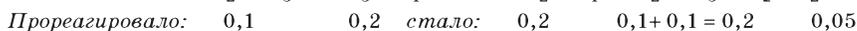
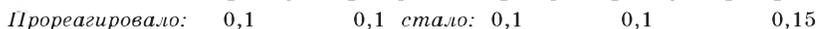
$$n(H_2SO_4) = \frac{98 \cdot 0,1}{98} = 0,1 \text{ моль;}$$

$$n(Na_2SiO_3) = \frac{372 \cdot 0,082}{122} = 0,25 \text{ моль.}$$

2) Записываем уравнения химических реакций и проставляем количества реагирующих и образующихся веществ:



3) В случае взаимодействия силиката натрия со смесью кислот сначала записываем реакцию с более сильной кислотой ( $H_2SO_4$ ), а взаимодействие оставшегося количества силиката натрия с фосфорной кислотой записываем через стадии образования кислых солей (сначала дигидрофосфата, затем гидрофосфата):



После всех реакций в растворе содержится 0,1 моль  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , 0,1 моль  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$  и 0,1 моль  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ .

4) Рассчитываем массу конечного раствора и массовые доли содержащихся в нем веществ:

$$m(\text{конечного раствора}) = m(\text{P}_2\text{O}_5) + m(\text{раствора H}_2\text{SO}_4) + m(\text{раствора Na}_2\text{SiO}_3) - m(\text{H}_2\text{SiO}_3) = 0,1 \cdot 142 + 98 + 372 - 0,25 \cdot 78 = 464,7 \text{ г.}$$

$$\omega(\text{Na}_2\text{SO}_4) = \frac{0,1 \cdot 142}{464,7} = 0,0306;$$

$$\omega(\text{NaH}_2\text{PO}_4) = \frac{0,1 \cdot 120}{464,7} = 0,0258;$$

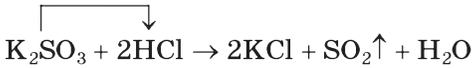
$$\omega(\text{Na}_2\text{HPO}_4) = \frac{0,1 \cdot 142}{464,7} = 0,0306.$$

Ответ:  $\omega(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 3,06\%$ ;  $\omega(\text{NaH}_2\text{PO}_4) = 2,58\%$ ;  $\omega(\text{Na}_2\text{HPO}_4) = 3,06\%$ .

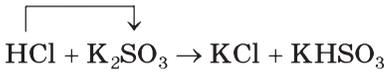
### 2.1.2. Зависимость протекания химических реакций от порядка смешивания реагентов

В тех случаях, когда в растворах происходят взаимодействия между веществами, среди которых имеются соли слабых многоосновных кислот, результат часто зависит не только от молярного соотношения реагентов, но от порядка их смешивания. Добавляемое вещество в начальный момент времени оказывается в недостатке, и это необходимо учитывать. Например, если раствор сульфита ка-

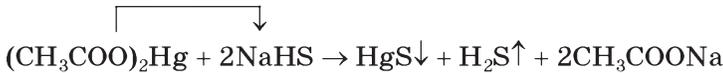
лия постепенно добавлять к соляной кислоте, сразу происходит выделение сернистого газа:



Если же соляную кислоту постепенно добавлять к раствору сульфита калия, то сначала будет образовываться кислая соль:



Другой пример — взаимодействие раствора ацетата ртути с раствором гидросульфида натрия:



Пример 9. В 156 мл соляной кислоты с массовой долей хлороводорода 18,25% и плотностью 1,09 г/мл постепенно растворили некоторое количество кристаллической соды. Определите массовые доли веществ в полученном растворе, если известно, что при растворении выделилось 7,84 л газа (н. у.).

Решение:

1) Определяем количества веществ хлороводорода в исходном растворе и газа, выделившегося в результате реакции:

$$m(\text{исходного раствора}) = 156 \cdot 1,09 = 170 \text{ г};$$

$$n(\text{HCl}) = \frac{170 \cdot 0,1825}{36,5} = 0,85 \text{ моль};$$

$$n(\text{газа}) = \frac{7,84}{22,4} = 0,35 \text{ моль}.$$

2) При добавлении кристаллической соды ( $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ) к соляной кислоте сначала кислота находится в избытке, поэтому сразу происходит выделение углекислого газа. Если бы вся кислота прореагировала, то выделилось бы  $\frac{0,85}{2} = 0,425$  моль газа. Таким образом, ясно, что кислота была в избытке и ее прореагировало только  $0,35 \cdot 2 = 0,7$  моль, а  $0,85 - 0,7 = 0,15$  моль HCl осталось в растворе. В реакцию вступило 0,35 моль  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  и образовалось 0,7 моль NaCl. Записываем уравнение реакции и определяем количества веществ кристаллической соды и солей в образовавшемся растворе:

Было: 0,35 0,85



Прореагировало: 0,35 0,7 стало: 0,7 0,35 0,15

3) Рассчитываем массовые доли веществ в конечном растворе:

$$m(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = 0,35 \cdot 286 = 100,1 \text{ г};$$

$$m(\text{конечного раствора}) = m(\text{исходного раствора}) + m(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) - m(\text{CO}_2) = 170 + 100,1 - 0,35 \cdot 44 = 254,7 \text{ г};$$

$$\omega(\text{NaCl}) = \frac{0,7 \cdot 58,5}{254,7} = 0,1608;$$

$$\omega(\text{HCl}) = \frac{0,15 \cdot 36,5}{254,7} = 0,0215.$$

Ответ:  $\omega(\text{NaCl}) = 16,08\%$ ;  $\omega(\text{HCl}) = 2,15\%$ .

Пример 10. 71,5 г кристаллической соды растворили в 80 мл воды и полученный раствор медленно обработали раствором соляной кислоты с массовой долей хлороводорода 36,5%. Определите массовые доли веществ в полученном растворе, если известно, что в результате выделилось 3,36 л газа (н. у.).

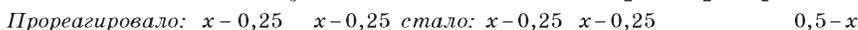
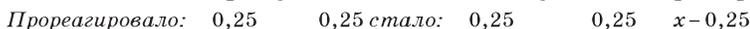
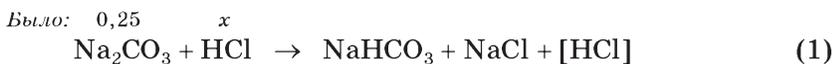
Решение:

1) Рассчитываем количество вещества карбоната натрия и количество вещества выделившегося углекислого газа:

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

$$n(\text{CO}_2) = \frac{3,36}{22,4} = 0,15 \text{ моль}.$$

2) Поскольку количество выделившегося углекислого газа меньше количества вещества карбоната натрия, можно сделать вывод, что соляная кислота в конечном итоге оказалась в недостатке. Обозначим количество вещества хлороводорода за  $x$  моль. Записываем уравнения химических реакций, учитывая, что сначала в избытке находится карбонат и процесс проходит через образование кислой соли:



$$x - 0,25 = 0,15; \quad x = 0,4 \text{ моль}.$$

3) Определяем массовые доли веществ в конечном растворе:

$$m(\text{раствора HCl}) = \frac{0,4 \cdot 36,5}{0,365} = 40 \text{ г};$$

$$m(\text{конечного раствора}) = 71,5 + 80 + 40 - 0,15 \cdot 44 = 184,9 \text{ г};$$

$$n(\text{NaCl}) = 0,25 + x - 0,25; x = 0,4 \text{ моль}; \omega(\text{NaCl}) = \frac{0,4 \cdot 58,5}{184,9} = 0,1266;$$

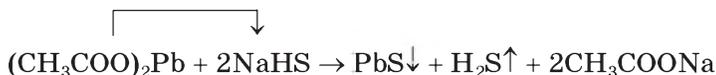
$$n(\text{NaHCO}_3) = 0,5 - 0,4 = 0,1 \text{ моль}; \omega(\text{NaHCO}_3) = \frac{0,1 \cdot 84}{184,9} = 0,0454.$$

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

Пример 11. К 752,3 мл раствора ацетата свинца с массовой долей соли 18% и плотностью 1,2 г/мл постепенно при нагревании добавили некоторое количество гидросульфида натрия, при этом выделилось 8,96 л (н. у.) газа. Определите массовые доли веществ в образовавшемся растворе.

Решение:

1) Движущей силой этой реакции является образование осадка — нерастворимого в разбавленных кислотах сульфида свинца. Результат этой реакции зависит от порядка смешивания исходных растворов. Если к раствору гидросульфида добавлять раствор соли свинца, то гидросульфид сначала оказывается в избытке и высвобождающиеся в результате реакции ионы водорода связываются с избытком гидросульфид-ионов с образованием сероводорода:



Если же, как в условии данной задачи, к раствору ацетата свинца постепенно добавлять гидросульфид, то сначала в избытке оказываются ионы свинца и вся сера уходит в осадок, а высвобождающиеся ионы водорода остаются в растворе:

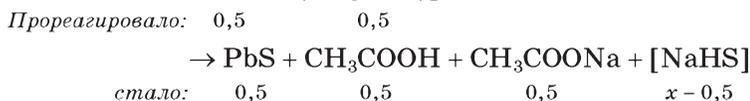


2) Рассчитываем количества вещества ацетата свинца и выделившегося сероводорода и записываем уравнения химических реакций, проставляя количества реагирующих образующихся веществ, причем количество вещества гидросульфида натрия в исходном растворе обозначим за  $x$  моль:

$$m(\text{раствора } (\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Pb}) = 752,3 \cdot 1,2 = 902,8 \text{ г};$$

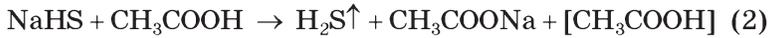
$$n((\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Pb}) = \frac{902,8 \cdot 0,18}{325} = 0,5 \text{ моль};$$

$$n(\text{H}_2\text{S}) = \frac{8,96}{22,4} = 0,4 \text{ моль};$$



После того как весь ацетат свинца прореагировал, добавляемый NaHS начинает взаимодействовать с уксусной кислотой, образовавшейся в результате первой реакции:

Было:  $x - 0,5$                        $0,5$



Прореагировало:  $0,4$                        $0,4$       стало:  $0,4$                        $0,4$                        $0,1$

Так как во второй реакции сероводорода выделилось меньше, чем было уксусной кислоты, NaHS во второй реакции прореагировал полностью, т. е.  $x - 0,5 = 0,4$ ;  $x = 0,9$  моль.

3) Рассчитываем массу конечного раствора и массовые доли содержащихся в нем веществ:

$$m(\text{конечного раствора}) = m(\text{раствора } (\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Pb}) + m(\text{NaHS}) - m(\text{PbS}) - m(\text{H}_2\text{S}) = 902,8 + 0,9 \cdot 56 - 0,5 \cdot 239 - 0,4 \cdot 34 = 820,1 \text{ г};$$

$$\omega(\text{CH}_3\text{COONa}) = \frac{(0,5 + 0,4) \cdot 82}{820,1} = 0,09;$$

$$\omega(\text{CH}_3\text{COOH}) = \frac{0,1 \cdot 60}{820,1} = 0,007.$$

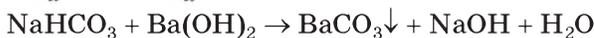
Ответ:  $\omega(\text{CH}_3\text{COONa}) = 9,0\%$ ;  $\omega(\text{CH}_3\text{COOH}) = 0,7\%$ .

Пример 12. К 500 мл раствора гидроксида бария с плотностью 1,02 г/мл постепенно при перемешивании добавляли раствор гидрокарбоната натрия с массовой долей соли 5%. К тому моменту, когда молярные концентрации ионов натрия и гидроксид-ионов в растворе сравнялись, его масса стала равной 658,3 г. Определите массовые доли и молярные концентрации веществ в растворе, который получится при медленном добавлении 100 мл такого же раствора гидроксида бария к раствору гидрокарбоната натрия, масса которого в два раза меньше, а концентрация соли в котором такая же, как в первом эксперименте. Плотность конечного раствора равна 1,05 г/мл.

Решение:

1) При постепенном добавлении гидрокарбоната натрия к гидроксиду бария последний находится в избытке и в растворе образуется гидроксид натрия. Молярные концентрации ионов натрия и гидроксид-ионов становятся равными в тот момент, когда количество добавленного гидрокарбоната сравняется с количеством гидроксида бария в исходном растворе. Обозначим количество вещества гидрокарбоната натрия в исходном растворе за  $x$  моль:

Было:  $x$                        $x$



Прореагировало:  $x$                        $x$       стало:  $x$                        $x$

$$m(\text{раствора Ba(OH)}_2) = 500 \cdot 1,02 = 510 \text{ г};$$

$$m(\text{раствора NaHCO}_3) = \frac{84x}{0,05} = 1680x;$$

$$m(\text{BaCO}_3) = 197x;$$

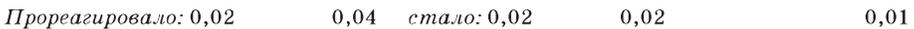
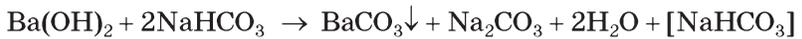
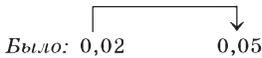
$$m(\text{конечного раствора}) = 510 + 1680x - 197x = 658,3; 1483x = 148,3;$$

$$x = 0,1;$$

$$c(\text{Ba(OH)}_2) = \frac{0,1}{0,5} = 0,2 \text{ моль/л.}$$

2) При добавлении гидроксида бария к раствору гидрокарбоната натрия гидрокарбонат находится в избытке, гидроксид-ионы полностью реагируют с гидрокарбонат-ионами и образуется карбонат натрия.

$$n(\text{Ba(OH)}_2) = 0,2 \cdot 0,1 = 0,02 \text{ моль}; n(\text{NaHCO}_3) = \frac{0,1}{2} = 0,05 \text{ моль};$$



3) Рассчитываем массу конечного раствора и массовые доли содержащихся в нем веществ:

$$m(\text{конечного раствора}) = m(\text{раствора Ba(OH)}_2) + m(\text{раствора NaHCO}_3) - m(\text{BaCO}_3) = 100 \cdot 1,02 + \frac{84 \cdot 0,05}{0,05} - 0,02 \cdot 197 = 182,1 \text{ г};$$

$$V(\text{конечного раствора}) = \frac{182,1}{1,05} = 173,4 \text{ мл} = 0,1734 \text{ л};$$

$$\omega(\text{Na}_2\text{CO}_3) = \frac{0,02 \cdot 106}{182,1} = 0,0116;$$

$$\omega(\text{NaHCO}_3) = \frac{0,01 \cdot 84}{182,1} = 0,00461;$$

$$c(\text{Na}_2\text{CO}_3) = \frac{0,02}{0,1734} = 0,115 \text{ моль/л};$$

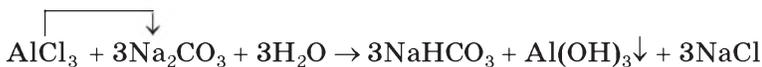
$$c(\text{NaHCO}_3) = \frac{0,01}{0,1734} = 0,0577 \text{ моль/л.}$$

Ответ:  $\omega(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 1,16\%$ ;  $\omega(\text{NaHCO}_3) = 0,461\%$ ;  $c(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 0,115 \text{ моль/л}$ ;  $c(\text{NaHCO}_3) = 0,0577 \text{ моль/л}$ .

Пример 13. К 380 мл раствора карбоната натрия с массовой долей соли 10% и плотностью 1,046 г/мл постепенно при перемешивании добавляли раствор хлорида алюминия с молярной концентрацией соли 2,5 моль/л и плотностью 1,06 г/мл до того момента, когда началось выделение газа. Рассчитайте массовые доли веществ в растворе, который получится при постепенном добавлении того же объема такого же раствора карбоната натрия к раствору хлорида алюминия той же концентрации и того же объема, который был затрачен в первом опыте.

Решение:

- 1) В первом случае вначале в избытке был карбонат натрия, выделение газа началось только тогда, когда весь карбонат перешел в гидрокарбонат, поэтому реакция прошла строго по следующему уравнению реакции:



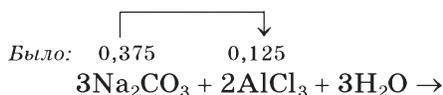
$$m(\text{раствора Na}_2\text{CO}_3) = 380 \cdot 1,046 = 397,5 \text{ г};$$

$$n(\text{Na}_2\text{CO}_3) = \frac{397,5 \cdot 0,1}{106} = 0,375 \text{ моль};$$

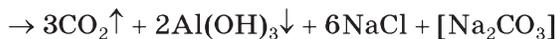
$$n(\text{AlCl}_3) = \frac{0,375}{3} = 0,125 \text{ моль};$$

$$m(\text{раствора AlCl}_3) = \frac{0,125}{2,5} \cdot 1000 \cdot 1,06 = 53 \text{ г}.$$

- 2) При обратном порядке смешивания растворов вначале в избытке хлорид алюминия. Это значит, что в растворе сильноокислая среда за счет гидролиза соли, поэтому сразу начинается выделение углекислого газа:



$$\text{Прореагировало: } 0,1875 \quad 0,125$$



$$\text{стало: } 0,1875 \quad 0,125 \quad 0,375 \quad 0,1875$$

- 3) Определяем массовые доли веществ в конечном растворе:

$$m(\text{конечного раствора}) = m(\text{раствора Na}_2\text{CO}_3) + m(\text{раствора AlCl}_3) - m(\text{CO}_2) - m(\text{Al}(\text{OH})_3) = 397,5 + 53 - 0,1875 \cdot 44 - 0,125 \cdot 78 = 432,5 \text{ г};$$

$$\omega(\text{NaCl}) = \frac{0,375 \cdot 58,5}{432,5} = 0,0507;$$

$$\omega(\text{Na}_2\text{CO}_3) = \frac{0,1875 \cdot 106}{432,5} = 0,046.$$

Ответ:  $\omega(\text{NaCl}) = 5,07\%$ ;  $\omega(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 4,6\%$ .

### 2.1.3. Взаимодействие газа с растворенным веществом

Надо помнить, что, когда газ пропускают в раствор, в начальный момент времени содержащееся в растворе вещество всегда находится в избытке. Это определяет последовательность протекающих в растворе процессов.

Пример 14. Рассчитайте состав (в массовых долях) раствора, образовавшегося в результате растворения 134,4 объема хлороводорода (н. у.) в одном объеме раствора карбоната калия с массовой долей соли 40% и плотностью 1,38 г/мл. Растворимость углекислого газа в воде пренебречь.

Решение:

- 1) Примем объем раствора карбоната калия за 1 литр и рассчитаем количества исходных веществ:

$$n(\text{HCl}) = \frac{134,4}{22,4} = 6 \text{ моль};$$

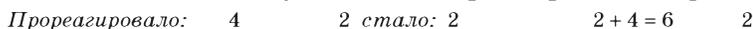
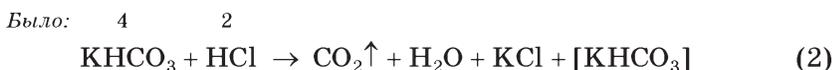
$$m(\text{исходного раствора}) = 1000 \cdot 1,38 = 1380 \text{ г};$$

$$n(\text{K}_2\text{CO}_3) = \frac{1380 \cdot 0,4}{138} = 4 \text{ моль}.$$

- 2) Записываем уравнения химических реакций и проставляем количества реагирующих и образующихся веществ, учитывая, что вначале карбонат калия был в избытке и поэтому сначала образуется кислая соль:



Затем оставшийся хлороводород реагирует с гидрокарбонатом, вытесняя из него  $\text{CO}_2$ :



- 3) Рассчитываем массовые доли веществ в конечном растворе:

$$m(\text{конечного раствора}) = m(\text{раствора K}_2\text{CO}_3) + m(\text{HCl}) - m(\text{CO}_2) = 1380 + 6 \cdot 36,5 - 2 \cdot 44 = 1511 \text{ г};$$

$$\omega(\text{KCl}) = \frac{6 \cdot 74,5}{1511} = 0,2958;$$

$$\omega(\text{KHCO}_3) = \frac{2 \cdot 100}{1511} = 0,1324.$$

Ответ:  $\omega(\text{KCl}) = 29,58\%$ ;  $\omega(\text{KHCO}_3) = 13,24\%$ .

Пример 15. Какой объем аммиака (н. у.) нужно растворить в 5 объемах раствора фосфорной кислоты с молярной концентрацией 0,1 моль/л, чтобы получить раствор, в котором массовые доли кислых солей равны между собой?

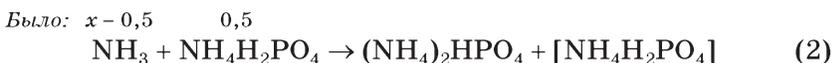
Решение:

- 1) Пусть объем раствора фосфорной кислоты равен 5 л, тогда  $n(\text{H}_3\text{PO}_4) = 5 \cdot 0,1 = 0,5$  моль. Общее количество аммиака обозначим через  $x$  моль.
- 2) Записываем последовательность химических реакций, учитывая, что фосфорная кислота сначала находится в избытке. Первым образуется дигидрофосфат аммония. После того как вся фосфорная кислота перешла в дигидрофосфат, аммиак продолжа-

ют пропускать и следующей образуется вторая кислая соль — гидрофосфат аммония:



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



Прореагировало:  $x - 0,5$      $x - 0,5$     стало:  $x - 0,5$        $1 - x$

3) Приравниваем массы двух солей и находим  $x$ .

Если массовые доли двух веществ в одном и том же растворе равны между собой, то равны и их массы:

$$(x - 0,5) \cdot 132 = (1 - x) \cdot 115; \quad x = 0,733;$$

$$V(\text{NH}_3) = 0,733 \cdot 22,4 = 16,4 \text{ л.}$$

Ответ:  $V(\text{NH}_3) = 16,4 \text{ л.}$

Пример 16. Газы, образовавшиеся при сгорании некоторого количества метиламина, пропустили через 86,9 мл раствора гидроксида натрия с массовой долей щелочи 12% и плотностью 1,151 г/мл. Определите объем сожженного метиламина (н. у.), если известно, что массовая доля гидрокарбоната натрия в конечном растворе составила 7,72%.

Решение:

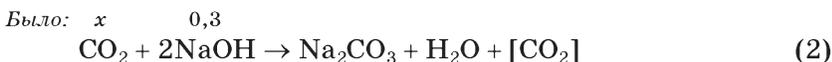
1) Обозначим количество вещества метиламина через  $x$  моль. При сгорании метиламина образуются два газа — углекислый газ и азот. С гидроксидом натрия взаимодействует только углекислый газ, количество которого равно количеству исходного метиламина. Рассчитаем количество гидроксида натрия и запишем возможные уравнения химических реакций:

$$m(\text{раствора NaOH}) = 86,9 \cdot 1,151 = 100 \text{ г;}$$

$$n(\text{NaOH}) = \frac{100 \cdot 0,12}{40} = 0,3 \text{ моль.}$$



Поскольку при взаимодействии  $\text{CO}_2$  со щелочью последняя сначала находится в избытке, первой образуется средняя соль:



Прореагировало: 0,15      0,3    стало: 0,15       $x - 0,15$

После того как весь гидроксид натрия перейдет в карбонат, углекислый газ начнет реагировать с карбонатом натрия, переводя

его в кислую соль. После этого в растворе, возможно, еще останется некоторое количество средней соли:



Прореагировало:  $x - 0,15$      $x - 0,15$     стало:  $2x - 0,3$      $0,3 - x$

2) Выражаем массу конечного раствора и массу  $\text{NaHCO}_3$  через  $x$  и находим объем исходного метиламина:

$$m(\text{конечного раствора}) = m(\text{раствора NaOH}) + m(\text{CO}_2) = 100 + 44x;$$

$$m(\text{NaHCO}_3) = (2x - 0,3) \cdot 84 = 168x - 25,2;$$

$$168x - 25,2 = 0,0772 \cdot (100 + 44x); \quad x = 0,2;$$

$$V(\text{CH}_3\text{NH}_2) = 0,2 \cdot 22,4 = 4,48 \text{ л.}$$

Ответ:  $V(\text{CH}_3\text{NH}_2) = 4,48 \text{ л.}$

Пример 17. Газ, полученный при обжиге 36 г пирита, содержащего неокисляющиеся примеси, растворили в 347,1 мл раствора гидроксида калия с массовой долей щелочи 11% и плотностью 1,1 г/мл, в результате чего образовался раствор с равными молярными концентрациями кислой и средней соли. Определите массовую долю примесей в исходном пирите.

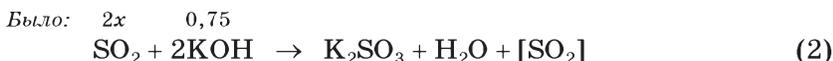
Решение:

1) Обозначим количество вещества  $\text{FeS}_2$  в пирите через  $x$  моль, рассчитаем количество вещества гидроксида калия и составим уравнения химических реакций:

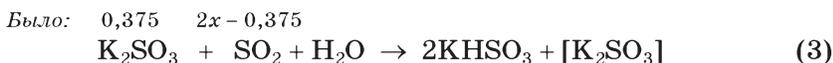
$$n(\text{KOH}) = \frac{347,1 \cdot 1,1 \cdot 0,11}{56} = 0,75 \text{ моль;}$$



Как и в предыдущем примере, сначала щелочь находится в избытке и первой образуется средняя соль, и только после того, как прореагирует весь  $\text{KOH}$ , начинает образовываться кислая соль.



Прореагировало:  $0,375$      $0,75$     стало:  $0,375$      $2x - 0,375$



Прореагировало:  $2x - 0,375$      $2x - 0,375$     стало:  $4x - 0,75$      $0,75 - 2x$

2) Приравниваем количества веществ двух солей в растворе и находим  $x$ .

Если в одном и том же растворе молярные концентрации двух веществ равны между собой, то равны и их количества веществ.

$$4x - 0,75 = 0,75 - 2x; x = 0,25.$$

3) Находим массовую долю примесей в исходном пирите:

$$m(\text{FeS}_2) = 0,25 \cdot 120 = 30 \text{ г}; m(\text{примесей}) = 36 - 30 = 6 \text{ г};$$

$$\omega(\text{примесей}) = \frac{6}{36} = 0,167.$$

Ответ:  $\omega(\text{примесей в пирите}) = 16,7\%$ .

Пример 18. 11,2 л смеси оксида серы(IV) и хлороводорода (н. у.) с плотностью по воздуху 1,8276 пропустили через 76,8 мл раствора гидроксида натрия с массовой долей щелочи 25% и плотностью 1,25 г/мл. Определите массовые доли веществ в полученном растворе.

Решение:

1) Рассчитываем количества исходных веществ:

$$n(\text{газов}) = \frac{11,2}{22,4} = 0,5 \text{ моль. Пусть } n(\text{SO}_2) = x \text{ моль и } n(\text{HCl}) = y \text{ моль};$$

$$M_{\text{ср.}}(\text{газов}) = 1,8276 \cdot 29 = 53 \text{ г/моль};$$

$$\begin{cases} x + y = 0,5 \\ 64x + 36,5y = 53 \cdot 0,5 \end{cases} \quad \begin{cases} x = 0,3, \\ y = 0,2. \end{cases}$$

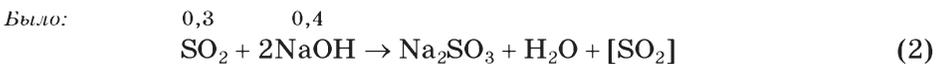
$$m(\text{раствора NaOH}) = 76,8 \cdot 1,25 = 96 \text{ г};$$

$$n(\text{NaOH}) = \frac{96 \cdot 0,25}{40} = 0,6 \text{ моль.}$$

2) Записываем уравнения химических реакций. Заметим, что соляная кислота сильнее сернистой, поэтому первой пойдет реакция с хлороводородом:



$$\text{Прореагировало: } 0,2 \quad 0,2 \text{ стало: } 0,2 \quad 0,4$$



$$\text{Прореагировало: } 0,2 \quad 0,4 \text{ стало: } 0,2 \quad 0,1$$



$$\text{Прореагировало: } 0,1 \quad 0,1 \quad \text{стало: } 0,2 \quad 0,1$$

3) Рассчитываем массу конечного раствора и массовые доли содержащихся в нем веществ:

$$m(\text{конечного раствора}) = m(\text{SO}_2) + m(\text{HCl}) + m(\text{раствора NaOH}) = 0,3 \cdot 64 + 0,2 \cdot 36,5 + 96 = 122,5 \text{ г};$$

$$\omega(\text{NaCl}) = \frac{0,2 \cdot 58,5}{122,5} = 0,0955;$$

$$\omega(\text{NaHSO}_3) = \frac{0,2 \cdot 104}{122,5} = 0,1698;$$

$$\omega(\text{Na}_2\text{SO}_3) = \frac{0,1 \cdot 126}{122,5} = 0,1029.$$

Ответ:  $\omega(\text{NaCl}) = 9,55\%$ ;  $\omega(\text{NaHSO}_3) = 16,98\%$ ;  $\omega(\text{Na}_2\text{SO}_3) = 10,29\%$ .

## 2.2. Постадийное определение состава смеси

Когда в задаче имеется смесь веществ, подвергающаяся какой-либо химической обработке и в условии можно выделить численные данные, относящиеся к превращению одного из компонентов этой смеси, нужно сначала произвести расчеты, касающиеся этого компонента, а затем посмотреть, нельзя ли определить количества других компонентов этой смеси по разности.

Пример 19. При нагревании смеси нитратов натрия и свинца(II) образовалось 22,3 г оксида свинца(II) и выделилось 6,72 л газов (н. у.). Рассчитайте массу исходной смеси веществ.

Решение:

1) Запишем уравнения химических реакций:



2) Определяем количества веществ, участвующих во второй реакции:

$$n(\text{PbO}) = \frac{22,3}{223} = 0,1 \text{ моль}; \quad n(\text{Pb}(\text{NO}_3)_2) = 0,1 \text{ моль};$$

$$n(\text{NO}_2) = 0,1 \cdot 2 = 0,2 \text{ моль}; \quad n(\text{O}_2) = \frac{0,1}{2} = 0,05 \text{ моль}.$$

3) Определяем количество вещества нитрата натрия:

$n(\text{газов}) = \frac{6,72}{22,4} = 0,3$  моль. Из них 0,2 моль — это  $\text{NO}_2$  из реакции (2) и 0,05 моль — это  $\text{O}_2$  из реакции (2). Следовательно, в реакции (1) выделилось  $0,3 - 0,2 - 0,05 = 0,05$  моль  $\text{O}_2$ .

$$n(\text{NaNO}_3) = 0,05 \cdot 2 = 0,1 \text{ моль}.$$

4) Определяем массы исходных веществ и массу смеси:

$$m(\text{NaNO}_3) = 0,1 \cdot 85 = 8,5 \text{ г}; \quad m(\text{Pb}(\text{NO}_3)_2) = 0,1 \cdot 331 = 33,1 \text{ г};$$

$$m(\text{смеси}) = 8,5 + 33,1 = 41,6 \text{ г}.$$

Ответ:  $m(\text{смеси}) = 41,6 \text{ г}$ .

Пример 20. Имеется смесь хлорида калия, нитрата калия и бертолетовой соли ( $\text{KClO}_3$ ). Определите массовые доли веществ в этой смеси, если известно, что при нагревании 16,98 г этой смеси в присутствии катализатора оксида марганца(IV) выделяется 2,24 л газов (н. у.), а при действии на то же количество исходной смеси избытка соляной кислоты выделяется 2,688 л хлора (н. у.).

Решение:

1) Записываем уравнения химических реакций:



2) По объему выделившегося в реакции (3) хлора определяем количество и массу бертолетовой соли:

$$n(\text{Cl}_2) = \frac{2,688}{22,4} = 0,12 \text{ моль}; \quad n(\text{KClO}_3) = \frac{0,12}{3} = 0,04 \text{ моль};$$

$$m(\text{KClO}_3) = 0,04 \cdot 122,5 = 4,90 \text{ г.}$$

3) По объему кислорода, выделившегося в результате реакций (1) и (2), находим количество и массу нитрата калия:

$$n(\text{O}_2 \text{ выделившегося в двух реакциях}) = \frac{2,24}{22,4} = 0,1 \text{ моль};$$

$$n(\text{O}_2 \text{ выделившегося во второй реакции}) = \frac{0,04 \cdot 3}{2} = 0,06 \text{ моль};$$

$$n(\text{O}_2 \text{ выделившегося в первой реакции}) = 0,1 - 0,06 = 0,04 \text{ моль};$$

$$n(\text{KNO}_3) = 0,04 \cdot 2 = 0,08 \text{ моль};$$

$$m(\text{KNO}_3) = 0,08 \cdot 101 = 8,08 \text{ г.}$$

4) Определяем массу  $\text{KCl}$  и рассчитываем массовые доли веществ в исходной смеси:

$$m(\text{KCl}) = 16,98 - 4,90 - 8,08 = 4 \text{ г};$$

$$\omega(\text{KNO}_3) = \frac{8,08}{16,98} = 0,4759;$$

$$\omega(\text{KClO}_3) = \frac{4,90}{16,98} = 0,2886;$$

$$\omega(\text{KCl}) = \frac{4}{16,98} = 0,2356.$$

Ответ:  $\omega(\text{KNO}_3) = 47,59\%$ ;  $\omega(\text{KClO}_3) = 28,86\%$ ;  $\omega(\text{KCl}) = 23,56\%$ .

Пример 21. 40 г смеси оксида железа(III) и оксида меди(II) смешали с алюминием и нагрели. Половину образовавшейся массы растворили в избытке соляной кислоты, при этом выделилось 3,92 л газа (н. у.). Оставшуюся часть реакционной

массы обработали избытком раствора щелочи, при этом выделилось 1,68 л газа (н. у.). Определите массовую долю алюминия в его исходной смеси с оксидами.

Решение:

1) Записываем уравнения химических реакций:



Из всех исходных веществ и продуктов реакций со щелочью с выделением газа реагирует только алюминий, следовательно, он был в избытке и остался после окончания первых двух реакций.



С соляной кислотой с выделением газа реагируют и алюминий, и железо:



2) По количеству водорода, выделившегося в результате реакции (3), определяем количество алюминия, оставшегося после первых двух реакций:

$$n(\text{H}_2 \text{ из третьей реакции}) = \frac{1,68}{22,4} = 0,075 \text{ моль};$$

$$n(\text{Al в третьей реакции}) = \frac{0,075 \cdot 2}{3} = 0,05 \text{ моль}.$$

Поскольку щелочью обрабатывали только половину реакционной смеси,  $n(\text{Al оставшегося после первых двух реакций}) = 0,05 \cdot 2 = 0,1 \text{ моль}$ .

3) По количеству водорода, выделившегося в результате реакций (4) и (5) определяем количество железа и массу оксида железа(III) в исходной смеси:

$$n(\text{H}_2 \text{ из четвертой и пятой реакций}) = \frac{3,92}{22,4} = 0,175 \text{ моль}.$$

Так как в реакциях (3) и (4) участвует одинаковое количество алюминия,  $n(\text{H}_2 \text{ из четвертой реакции}) = 0,075 \text{ моль}$ ;

$$n(\text{H}_2 \text{ из пятой реакции}) = 0,175 - 0,075 = 0,1 \text{ моль}.$$

$n(\text{Fe в пятой реакции}) = 0,1 \text{ моль}$ ;  $n(\text{Fe, образовавшегося в первой реакции}) = 0,1 \cdot 2 = 0,2 \text{ моль}$ ;

$$n(\text{Fe}_2\text{O}_3) = \frac{0,2}{2} = 0,1 \text{ моль}; \quad m(\text{Fe}_2\text{O}_3) = 0,1 \cdot 160 = 16 \text{ г}.$$

4) Определяем массу и количество вещества оксида меди:

$$m(\text{CuO}) = 40 - 16 = 24 \text{ г}; \quad n(\text{CuO}) = \frac{24}{80} = 0,3 \text{ моль}.$$

5) Рассчитываем массу взятого алюминия и определяем его массовую долю в смеси с оксидами:

$$n(\text{Al в первой реакции}) = 2 \cdot n(\text{Fe}_2\text{O}_3) = 2 \cdot 0,1 = 0,2 \text{ моль};$$

$$n(\text{Al во второй реакции}) = \frac{2 \cdot n(\text{CuO})}{3} = \frac{2 \cdot 0,3}{3} = 0,2 \text{ моль}.$$

Общее количество исходного алюминия =  $n(\text{Al в первой реакции}) + n(\text{Al во второй реакции}) + n(\text{Al, оставшегося после первых двух реакций}) = 0,2 + 0,2 + 0,1 = 0,5$  моль.

$$m(\text{Al}) = 0,5 \cdot 27 = 13,5 \text{ г}; \quad m(\text{смеси оксидов с алюминием}) = 40 + 13,5 = 53,5 \text{ г};$$

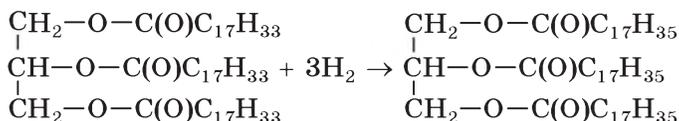
$$\omega(\text{Al}) = \frac{13,5}{53,5} = 0,2523.$$

Ответ:  $\omega(\text{Al}) = 25,23\%$ .

Пример 22. 2,132 кг жира, содержащего остатки только пальмитиновой и олеиновой кислот, подвергли реакции гидрирования, на что потребовалось 100,8 л водорода (н. у.). Полученный жир при нагревании обработали 3,636 л 10%-ного (по массе) раствора гидроксида натрия с плотностью 1,1 г/мл. Определите массовые доли веществ в полученной смеси.

Решение:

1) Задачу можно решить через введение  $x$  и  $y$ , т. е. теми же методами, что были описаны ранее. Однако такой же ответ можно получить гораздо проще. Для этого представим себе жир как состоящий из двух веществ: одно содержит только остатки пальмитиновой кислоты, второе — только остатки олеиновой кислоты. С водородом реагирует только жир, содержащий остатки олеиновой кислоты. Запишем уравнение соответствующей химической реакции и по объему затраченного на гидрирование водорода найдем массу этого жира:



$$n(\text{H}_2) = \frac{100,8}{22,4} = 4,5 \text{ моль}; \quad n(\text{триолеата глицерина}) = \frac{4,5}{3} = 1,5 \text{ моль};$$

$$m(\text{триолеата глицерина}) = 1,5 \cdot 884 = 1326 \text{ г}.$$

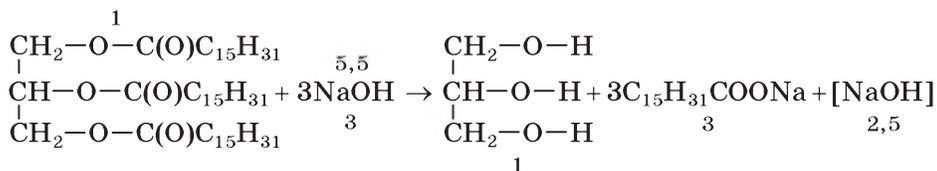
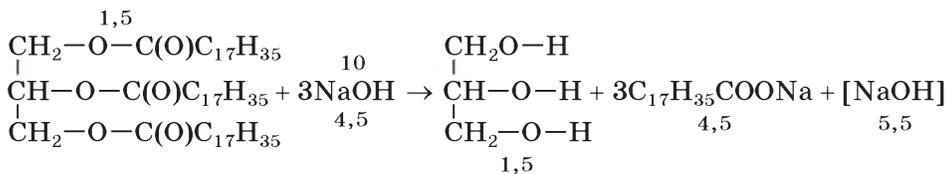
2) По разности находим массу и количество трипальмитата глицерина:

$$m(\text{трипальмитата глицерина}) = 2132 - 1326 = 806 \text{ г};$$

$$n(\text{трипальмитата глицерина}) = \frac{806}{806} = 1 \text{ моль}.$$

3) Рассчитываем количество вещества щелочи и записываем уравнения реакций жиров со щелочью, указывая количества прореагировавших и образовавшихся веществ:

$$m(\text{раствора NaOH}) = 3636 \cdot 1,1 = 4000 \text{ г}, \quad n(\text{NaOH}) = \frac{4000 \cdot 0,1}{40} = 10 \text{ моль}.$$



4) Рассчитываем массовые доли веществ в конечном растворе:

$$m(\text{конечного раствора}) = 2132 + 4,5 \cdot 2 + 4000 = 6141 \text{ г};$$

$$m(\text{глицерина}) = (1 + 1,5) \cdot 92 = 230 \text{ г};$$

$$m(\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COONa}) = 4,5 \cdot 306 = 1377 \text{ г};$$

$$m(\text{C}_{15}\text{H}_{31}\text{COONa}) = 3 \cdot 278 = 834 \text{ г};$$

$$m(\text{NaOH}) = 2,5 \cdot 40 = 100 \text{ г};$$

$$\omega(\text{глицерина}) = \frac{230}{6141} = 0,0375;$$

$$\omega(\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COONa}) = \frac{1377}{6141} = 0,2242;$$

$$\omega(\text{C}_{15}\text{H}_{31}\text{COONa}) = \frac{834}{6141} = 0,1358.$$

$$\omega(\text{NaOH}) = \frac{100}{6141} = 0,0163.$$

Ответ:  $\omega(\text{глицерина}) = 3,75\%$ ;  $\omega(\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COONa}) = 22,42\%$ ;

$\omega(\text{C}_{15}\text{H}_{31}\text{COONa}) = 13,58\%$ ;  $\omega(\text{NaOH}) = 1,63\%$ .

## 2.3. Введение неизвестных величин

### 2.3.1. Введение одного неизвестного

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

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

Пример 23. В насыщенном при  $20^\circ\text{C}$  растворе ортофосфата натрия с плотностью  $1,06$  г/мл молярная концентрация ионов натрия составляет  $2,1$  моль/л. Определите, какую массу двенадцативодного кристаллогидрата ортофосфата натрия можно растворить при данной температуре в  $150$  г раствора ортофосфата натрия с массовой долей соли  $5\%$ .

Решение:

1) Определяем массовую долю фосфата натрия в насыщенном растворе:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Пример 24. Три соли растворили в  $100$  г воды и получили раствор с плотностью  $1,1$  г/мл и с равными массовыми долями ионов галогена, аммония и натрия. Молярная концентрация нитрат-ионов в растворе оказалась большей, чем молярная концентрация ионов калия, а молярная концентрация ацетат-ионов равна  $1$  моль/л и меньше, чем молярная концентрация ионов калия. Определите массы солей, взятых для приготовления раствора.

Решение:

- 1) Если равны массовые доли веществ в одном растворе, то равны и их массы. Обозначим массы ионов галогена, аммония и натрия за  $x$  г и выразим через  $x$  их количества веществ. Поскольку из условия задачи не ясно, о каком галогене идет речь, то рассчитаем количества веществ для всех возможных галогенов:

$$n(\text{F}^-) = \frac{x}{19} = 0,0526x \text{ моль}; \quad n(\text{Cl}^-) = \frac{x}{35,5} = 0,0282x \text{ моль};$$

$$n(\text{Br}^-) = \frac{x}{80} = 0,0125x \text{ моль}; \quad n(\text{I}^-) = \frac{x}{127} = 0,0079x \text{ моль};$$

$$n(\text{NH}_4^+) = \frac{x}{18} = 0,0556x \text{ моль}; \quad n(\text{Na}^+) = \frac{x}{23} = 0,0435x \text{ моль}.$$

- 2) Ни галогенид натрия, ни галогенид аммония не могут быть одной из исходных солей, так как количества вещества катиона и аниона в этих галогенидах должны быть равны. Следовательно, одной из исходных солей должен быть галогенид калия, а двумя другими — нитрат и ацетат натрия или аммония. Так как концентрация ацетат-ионов в растворе меньше, чем концентрация нитрат-иона, мы имеем ацетат натрия и нитрат аммония. Количество вещества ионов галогена, равное количеству вещества ионов калия должно быть промежуточным между количествами веществ нитрат-ионов и ацетат-ионов, т. е. между количествами веществ ионов натрия и аммония. Этому условию соответствует только количество вещества ионов фтора. Таким образом, галогенидом был фторид калия.

$$n(\text{CH}_3\text{COONa}) = 0,0435x \text{ моль}; \quad n(\text{KF}) = 0,0526x \text{ моль};$$

$$n(\text{NH}_4\text{NO}_3) = 0,0556x \text{ моль}.$$

- 3) Теперь выразим через  $x$  массу и объем конечного раствора и найдем этот  $x$ , учитывая, что концентрация ацетата натрия в конечном растворе = 1 моль/л:

$$m(\text{CH}_3\text{COONa}) = 0,0435x \cdot 82 = 3,567x;$$

$$m(\text{KF}) = 0,0526x \cdot 58 = 3,051x;$$

$$m(\text{NH}_4\text{NO}_3) = 0,0556x \cdot 80 = 4,448x;$$

$$m(\text{конечного раствора}) = 3,567x + 3,051x + 4,448x + 100 = 11,066x + 100;$$

$$V(\text{конечного раствора}) = \frac{11,066x + 100}{1,1} = 10,06x + 90,91 \text{ мл} = 0,01006x + 0,09091 \text{ л};$$

$$\frac{0,0435x}{1} = 0,01006x + 0,09091; \quad 0,03344x = 0,09091; \quad x = 2,719.$$

4) Рассчитаем массы исходных солей:

$$m(\text{CH}_3\text{COONa}) = 3,567 \cdot 2,719 = 9,7 \text{ г};$$

$$m(\text{KF}) = 3,051 \cdot 2,719 = 8,3 \text{ г};$$

$$m(\text{NH}_4\text{NO}_3) = 4,448 \cdot 2,719 = 12,09 \text{ г}.$$

Ответ:  $m(\text{CH}_3\text{COONa}) = 9,7 \text{ г}; m(\text{KF}) = 8,3 \text{ г}; m(\text{NH}_4\text{NO}_3) = 12,09 \text{ г}.$

Если в задаче происходят химические превращения веществ, то за неизвестное лучше принимать количество вещества — это облегчает расчеты.

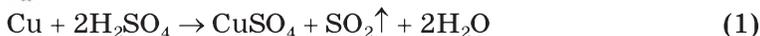
Пример 25. Газ, образовавшийся при нагревании меди в избытке концентрированной серной кислоты, пропустили через 18,2 мл раствора сульфита натрия с массовой долей соли 9,44% и плотностью 1,1 г/мл. При этом образовался раствор двух солей с равными массовыми долями. Определите массу растворившейся меди и массовые доли солей в конечном растворе.

Решение:

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

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

Было:  $x$



Прореагировало:  $x$  стало:  $x$

Было: 0,015  $x$



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

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

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

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

$$208x = 1,89 - 126x; 334x = 1,89; x = 0,005659$$

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

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

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

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

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

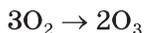
Ответ:  $m(\text{Cu}) = 0,3622 \text{ г}; \omega(\text{NaHSO}_3) = \omega(\text{Na}_2\text{SO}_3) = 5,776\%$ .

 В задачах на газы через неизвестное можно обозначать объем газа, если это не приводит к усложнению расчетов.

Пример 26. Некоторый объем кислорода смешали с 5,6 л азота (н. у.) и пропустили через озонатор, в результате чего объем газовой смеси уменьшился на 9,1%, а ее плотность стала 1,482 г/л (н. у.). Определите объем взятого кислорода.

Решение:

1) Записываем уравнение химической реакции:



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

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

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

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

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

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

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

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

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

### 2.3.2. Введение нескольких неизвестных и составление систем уравнений

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

Если в задаче идет речь о смесях или растворах, за  $x$  и  $y$  можно обозначать искомые массы веществ или количества их вещества. Однако, если с этой смесью или раствором происходят какие-либо

дальнейшие химические превращения, за неизвестные лучше принимать именно количества веществ компонентов смеси или раствора. В задачах на газы в качестве неизвестных можно принимать искомые объемы.

### Примеры задач с системами из двух неизвестных

Пример 27. Смесь серы и фосфора сожгли в избытке кислорода и продукты сгорания растворили в 100 г воды. На полную нейтрализацию полученного раствора пошло 97,9 мл раствора гидроксида натрия с массовой долей щелочи 40% и плотностью 1,43 г/мл. Определите массовые доли серы и фосфора в исходной смеси, если известно, что массовая доля воды в растворе после нейтрализации составила 70,9%.

Решение:

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

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



Отсюда  $n(\text{NaOH}) = 1,4 = 2x + 3y$ .

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

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

$$m(\text{воды в конечном растворе}) = 100 - m(\text{воды, израсходованной в уравнениях (3) и (4)}) + m(\text{воды в растворе щелочи}) + m(\text{воды, выделившейся в реакциях (5) и (6)}) = 100 - (x + 1,5y) \cdot 18 + 140 \cdot 0,6 + (2x + 3y) \cdot 18 = 18x + 27y + 184 \text{ г};$$

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

$$18x + 27y + 184 = 0,709 \cdot (64x + 71y + 240); 27,376x + 23,339y = 13,84;$$

$$\begin{cases} 2x + 3y = 1,4 \\ 27,376x + 23,339y = 13,84 \end{cases} \quad \begin{cases} y = 0,3 \\ x = 0,25. \end{cases}$$

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

$$m(\text{S}) = 0,25 \cdot 32 = 8 \text{ г};$$

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

$$\omega(\text{S}) = \frac{8}{17,3} = 0,4624;$$

$$\omega(\text{P}) = \frac{9,3}{17,3} = 0,5376.$$

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

Пример 28. Три объема газообразного оксида формулы  $\text{Э}^1\text{O}$  смешали с одним объемом газообразного оксида  $\text{Э}^2\text{O}_2$  и получили смесь с плотностью по водороду 18,5. Определите, какие это оксиды, если известно, что в смеси равных объемов этих газов массовая доля кислорода как элемента составляет 52,17%.

Решение:

1) Обозначим молярную массу элемента  $\text{Э}^1$  за  $x$  и молярную массу  $\text{Э}^2$  за  $y$ . Составим первое уравнение на среднюю молярную массу первой газовой смеси:

$$M_{\text{ср.}} = 18,5 \cdot 2 = 39 \text{ г/моль}; \varphi(\text{Э}^1\text{O}) = \frac{3}{4} = 0,75; \varphi(\text{Э}^2\text{O}_2) = \frac{1}{4} = 0,25;$$

$$M(\text{Э}^1\text{O}) = x + 16; M(\text{Э}^2\text{O}_2) = y + 32;$$

$$0,75 \cdot (x + 16) + 0,25 \cdot (y + 32) = 39; 0,75x + 0,25y + 12 + 8 = 37;$$

$$0,75x + 0,25y = 17.$$

2) Второе уравнение составляем, используя массовую долю кислорода во второй смеси.

Если равны объемы двух газов при одинаковых условиях, то равны и их количества. Пусть во второй смеси присутствует 1 моль  $\text{Э}^1\text{O}$  и 1 моль  $\text{Э}^2\text{O}_2$ . Тогда масса смеси равна сумме их молярных масс, а масса кислорода равна  $16 + 32 = 48 \text{ г}$ .

$$x + 16 + y + 32 = \frac{48}{0,5217} \quad x + y = 44.$$

3) Решаем систему уравнений и определяем формулы оксидов:

$$\begin{cases} x + y = 44 \\ 0,75x + 0,25y = 17 \end{cases} \quad \left| \begin{array}{l} x = 12, \\ y = 32. \end{array} \right.$$

$$\vartheta^1 = \text{C}, \vartheta^2 = \text{S}.$$

Ответ: CO и SO<sub>2</sub>.

Пример 29. Газовая смесь, образовавшаяся после прокаливания смеси нитратов серебра и меди, имела массу 23,2 г. Эту газовую смесь охладили и обработали 100 г воды, после чего осталось 1,12 л (н. у.) малорастворимого в воде газа. Определите массовые доли веществ в исходной смеси солей и массовую долю вещества в образовавшемся растворе.

Решение:

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



$$\text{Было: } x + 2y \qquad 0,5x + 0,5y$$



$$\text{Прореагировало: } x + 2y \qquad 0,25(x + 2y) \text{ стало: } \qquad x + 2y \qquad 0,25x$$

2) Составляем систему уравнений и находим неизвестные. Очевидно, оставшийся малорастворимый в воде газ – это кислород:

$$n(\text{O}_2) = \frac{1,12}{22,4} = 0,05 \text{ моль; } 0,25x = 0,05;$$

$$m(\text{газовой смеси}) = m(\text{NO}_2) + m(\text{O}_2) = (x + 2y) \cdot 46 + (0,5x + 0,5y) \cdot 32 = 23,2; 62x + 108y = 23,2;$$

$$\begin{cases} 62x + 108y = 23,2 \\ 0,25x = 0,05 \end{cases} \quad \left| \begin{array}{l} x = 0,2, \\ y = 0,1. \end{array} \right.$$

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

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

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

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

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

$$\omega(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2) = \frac{18,8}{52,8} = 0,3561;$$

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

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

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

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

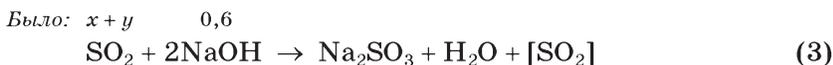
Пример 30. Газ, полученный при обжиге 32,6 г смеси сульфида цинка и сульфида железа(II), пропустили через 181,8 мл раствора гидроксида натрия с массовой долей щелочи 12% и плотностью 1,1 г/мл, в результате чего было получено 200 мл раствора с молярной концентрацией кислой соли 0,5 моль/л. Определите массовые доли сульфидов в исходной смеси.

Решение:

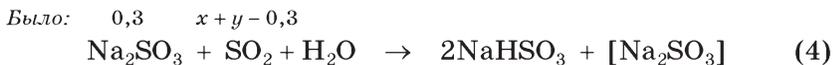
1) Обозначим количество вещества сульфида цинка за  $x$  моль и количество вещества сульфида железа за  $y$  моль, тогда  $97x + 88y = 32,6$ .

Рассчитаем количество вещества гидроксида натрия и запишем соответствующие уравнения химических реакций:

$$n(\text{NaOH}) = \frac{181,8 \cdot 1,1 \cdot 0,12}{40} = 0,6 \text{ моль};$$



Прореагировало: 0,3      0,6      стало: 0,3       $x+y-0,3$



Прореагировало:  $x+y-0,3$      $x+y-0,3$       стало:  $2x+2y-0,6$      $0,6-x-y$

2) Рассчитываем количество вещества гидросульфита натрия и составляем систему уравнений:

$$n(\text{NaHSO}_3) = 0,2 \cdot 0,5 = 0,1 \text{ моль}; \quad 2x + 2y - 0,6 = 0,1;$$

$$\begin{cases} 2x + 2y - 0,6 = 0,1 \\ 97x + 88y = 32,6 \end{cases} \quad \left| \begin{array}{l} x = 1,8, \\ y = 0,15. \end{array} \right.$$

3) Определяем массовые доли сульфидов в исходной смеси:

$$m(\text{ZnS}) = 97 \cdot 0,2 = 19,4 \text{ г};$$

$$\omega(\text{ZnS}) = \frac{19,4}{32,6} = 0,5951;$$

$$m(\text{FeS}) = 88 \cdot 0,15 = 13,2 \text{ г};$$

$$\omega(\text{FeS}) = \frac{13,2}{32,6} = 0,4049.$$

Ответ:  $\omega(\text{ZnS}) = 59,51\%$ ;  $\omega(\text{FeS}) = 40,49\%$ .

Пример 31. Смесь азота, водорода и аммиака, в которой объемная доля водорода составляет 70,6%, а массовая доля азота как элемента равна 82,4%, нагревали в присутствии железного катализатора до установления равновесия. Затем газовую смесь привели к н. у., причем ее объем оказался на 35,3% меньше объема исходной газовой смеси (н. у.). Определите объемные доли веществ в равновесной смеси.

Решение:

1) Определяем состав исходной газовой смеси, приняв ее общее количество за 1 моль, а количества азота и аммиака в ней за  $x$  и  $y$  моль соответственно:

$$n(\text{H}_2) = 0,706 \text{ моль}; \quad x + y = 1 - 0,706; \quad x + y = 0,294 \text{ моль};$$

$$m(\text{смеси}) = 0,706 \cdot 2 + 28x + 17y = 1,412 + 28x + 17y; \quad m(\text{N}) = 28x + 14y;$$

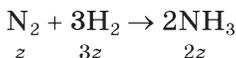
$$28x + 14y = 0,824 \cdot (1,412 + 28x + 17y); \quad 28x + 14y = 1,163 + 23,07x + 14y;$$

$$4,93x = 1,163;$$

$$\begin{cases} x + y = 0,294 \\ 4,93x = 1,163 \end{cases} \quad \begin{cases} x = 0,236 \\ y = 0,058 \end{cases}$$

$$n(\text{N}_2) = 0,236 \text{ моль}; \quad n(\text{NH}_3) = 0,058 \text{ моль}.$$

Поскольку в процессе установления равновесия объем газовой смеси уменьшается, происходит реакция синтеза аммиака. Запишем уравнение реакции и определим количества прореагировавших и образовавшихся веществ, приняв количество вещества прореагировавшего азота за  $z$  моль:



$$\Delta n = z + 3z - 2z = 0,353 \text{ моль};$$

$z = 0,177$  моль. Прореагировало 0,177 моль азота и  $0,177 \cdot 3 = 0,53$  моль водорода. Образовалось 0,353 моль аммиака.

2) Рассчитываем состав равновесной газовой смеси и определяем объемные доли газов в ней:

$$n(\text{H}_2) = 0,706 - 0,53 = 0,176 \text{ моль};$$

$$n(\text{N}_2) = 0,236 - 0,177 = 0,059 \text{ моль};$$

$$n(\text{NH}_3) = 0,058 + 0,353 = 0,411 \text{ моль};$$

$$n(\text{конечной газовой смеси}) = 1 - 0,353 = 0,647 \text{ моль};$$

$$\varphi(\text{H}_2) = \frac{0,176}{0,647} = 0,272;$$

$$\varphi(\text{N}_2) = \frac{0,059}{0,647} = 0,0912;$$

$$\varphi(\text{NH}_3) = \frac{0,411}{0,647} = 0,6352.$$

Ответ:  $\varphi(\text{H}_2) = 27,2\%$ ;  $\varphi(\text{N}_2) = 9,12\%$ ;  $\varphi(\text{NH}_3) = 63,52\%$ .

Пример 32. Некоторое количество смеси оксида цинка и оксида железа(III) смешали с избытком алюминия и нагрели. Полученную смесь массой 86,5 г разделили на две равные части. Одну из них растворили в избытке соляной кислоты, в результате чего выделилось 15,68 л газа (н. у.). Вторую часть обработали избытком раствора щелочи, при этом выделилось 13,44 л газа (н. у.). Определите массовые доли веществ в исходной смеси оксидов.

Решение:

1) Запишем уравнения соответствующих химических реакций:



2) Рассчитаем количества выделившегося водорода и определим количество образовавшегося железа:

$$n(\text{H}_2 \text{ в реакциях (3), (4) и (5)}) = \frac{15,68}{22,4} = 0,7 \text{ моль};$$

$$n(\text{H}_2 \text{ в реакциях (6) и (7)}) = \frac{13,44}{22,4} = 0,6 \text{ моль}.$$

Поскольку цинк и алюминий вытесняют одинаковые количества водорода и из раствора кислоты, и из раствора щелочи, количество водорода, вытесненного железом, равно  $0,7 - 0,6 = 0,1$  моль. Учитывая, что в реакцию с кислотой вводилась только половина полученной реакционной смеси, количество железа в ней равно

0,2 моль. Количество оксида железа в исходной смеси оксидов равно  $\frac{0,2}{2} = 0,1$  моль.

3) Обозначим за  $x$  моль количество цинка в реакции (6) и за  $y$  моль — количество алюминия в реакции (7). Составим систему уравнений и решим ее:

$$n(\text{H}_2 \text{ в реакции (6)}) = x; \quad n(\text{H}_2 \text{ в реакции (7)}) = 1,5y; \quad x + 1,5y = 0,6;$$

$$n(\text{Zn в реакционной смеси после алюминотермии}) = 2x;$$

$$n(\text{Al, оставшегося после алюминотермии}) = 2y;$$

$$n(\text{Al}_2\text{O}_3 \text{ в реакции (1)}) = \frac{2x}{3} = 0,667x;$$

$$n(\text{Al}_2\text{O}_3 \text{ в реакции (2)}) = \frac{0,2}{2} = 0,1 \text{ моль};$$

$$m(\text{реакционной смеси после алюминотермии}) = m(\text{Zn}) + m(\text{Fe}) + m(\text{Al}_2\text{O}_3) + m(\text{Al, оставшегося после алюминотермии}) = 2x \cdot 65 + 0,2 \cdot 56 + (0,667x + 0,1) \cdot 102 + 2y \cdot 27 = 86,5;$$

$$130x + 11,2 + 68,03x + 10,2 + 54y = 86,5; \quad 198,03x + 54y = 65,1;$$

$$\begin{cases} 198,03x + 54y = 65,1 \\ x + 1,5y = 0,6 \end{cases} \quad \left| \begin{array}{l} x = 0,2685, \\ y = 0,221. \end{array} \right.$$

4) Определяем массовые доли оксидов в исходной смеси:

$$n(\text{Zn}) = 0,2685 \cdot 2 = 0,537 \text{ моль};$$

$$n(\text{ZnO}) = 0,537 \text{ моль. } m(\text{ZnO}) = 0,537 \cdot 81 = 43,5 \text{ г};$$

$$m(\text{Fe}_2\text{O}_3) = 0,1 \cdot 160 = 16 \text{ г};$$

$$m(\text{смеси}) = 43,5 + 16 = 59,5 \text{ г};$$

$$\omega(\text{ZnO}) = \frac{43,5}{59,5} = 0,7311;$$

$$\omega(\text{Fe}_2\text{O}_3) = \frac{16}{59,5} = 0,2689.$$

Ответ:  $\omega(\text{ZnO}) = 73,11\%$ ;  $\omega(\text{Fe}_2\text{O}_3) = 26,89\%$ .

Пример 33. В результате нагревания смеси метана с аргоном с плотностью 0,9286 г/л (н. у.) часть метана разложилась и после приведения к н. у. масса газовой смеси уменьшилась на 3,6 г, а объем ее стал на 60% больше объема исходной смеси газов. Определите объемные доли веществ в исходной и конечной газовых смесях, если известно, что при пропускании конечной газовой смеси над никелевым катализатором ее объем уменьшился на 13,44 л, а образовавшаяся при этом смесь газов не обесцвечивает раствор перманганата калия.

Решение:

- 1) Уменьшение массы газовой смеси после разложения метана говорит о том, что часть его разложилась с образованием углерода, масса которого равна 3,6 г. Уменьшение объема газовой смеси при пропускании ее над никелевым катализатором означает, что другая часть метана разложилась с образованием ацетилена, который присоединяет водород и превращается при этом в этан. В отличие от ацетилена этан не обесцвечивает раствор перманганата, следовательно, прореагировал весь ацетилен. Обозначим количества веществ исходного метана за  $x$  моль и аргона за  $y$  моль, запишем уравнения происходящих химических реакций и определим количества реагирующих и образующихся веществ:

$$n(\text{C}) = \frac{3,6}{12} = 0,3 \text{ моль};$$



Изменение объема в реакции (3) соответствует объему прореагировавшего в этой реакции водорода, так как объемы ацетилена и образующегося этана равны:

$$n(\text{H}_2) = \frac{13,44}{22,4} = 0,6 \text{ моль.}$$

- 2) Составляем систему уравнений и решаем ее.

Первое уравнение выводим на среднюю молярную массу исходной смеси:

$$M_{\text{ср.}} = 0,9286 \cdot 22,4 = 20,8 \text{ г/моль};$$

$$16x + 40y = 20,8 \cdot (x + y); \quad x = 4y.$$

Второе уравнение выводим на изменение объема газовой смеси после разложения метана, учитывая, что для газов изменение объема соответствует изменению количества вещества. Суммарное количество веществ в газовой смеси после реакций (1) и (2) равно  $y + 0,6 + 0,3 + 0,9 + (x - 0,9) = x + y + 0,9$  моль;  $x + y + 0,9 = 1,6(x + y)$ ;

$$\begin{cases} x + y + 0,9 = 1,6(x + y) \\ x = 4y \end{cases} \quad \begin{array}{l} y = 0,3, \\ x = 1,2. \end{array}$$

- 3) Определяем объемные доли газов в исходной и конечной газовых смесях:

Исходная смесь:

$$\varphi(\text{CH}_4) = \frac{1,2}{1,2 + 0,3} = 0,8; \quad \varphi(\text{Ar}) = 1 - 0,8 = 0,2.$$

Конечная смесь:

$$n(\text{газов}) = 1,2 + 0,3 + 0,9 = 2,4 \text{ моль};$$

$$\varphi(\text{CH}_4) = \frac{1,2 - 0,9}{2,4} = 0,125; \quad \varphi(\text{Ar}) = \frac{0,3}{2,4} = 0,125;$$

$$\varphi(\text{H}_2) = \frac{1,5}{2,4} = 0,625; \quad \varphi(\text{C}_2\text{H}_2) = \frac{0,3}{2,4} = 0,125.$$

Ответ: Исходная смесь:  $\varphi(\text{CH}_4) = 80\%$ ;  $\varphi(\text{Ar}) = 20\%$ . Конечная смесь:  $\varphi(\text{CH}_4) = \varphi(\text{Ar}) = \varphi(\text{C}_2\text{H}_2) = 12,5\%$ ;  $\varphi(\text{H}_2) = 62,5\%$ .

Пример 34. В результате восстановления 8,1 г смеси двух альдегидов было получено 8,5 г смеси спиртов, а при обработке такого же количества исходной смеси избытком аммиачного раствора оксида серебра выпало 75,6 г осадка. Определите качественный и количественный (в массовых долях) состав смеси альдегидов. Выход во всех реакциях считать 100%.

Решение:

1) Запишем уравнения химических реакций и определим суммарное количество вещества альдегидов:

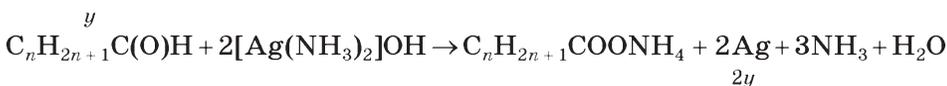
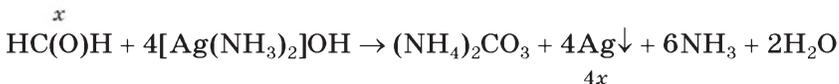


Разница между массой спиртов и массой альдегидов равна массе водорода, пошедшего на восстановление альдегидов.

$$n(\text{H}_2) = \frac{8,5 - 8,1}{2} = 0,2 \text{ моль}.$$

Следовательно,  $n(\text{альдегидов}) = 0,2 \text{ моль}$ .

2)  $n(\text{Ag}) = \frac{75,6}{108} = 0,7 \text{ моль}$ . Согласно уравнению (2) в результате окисления 0,2 моль альдегидов должно образоваться 0,4 моль серебра. Избыточное количество серебра могло образоваться только в том случае, когда один из альдегидов был муравьиным альдегидом. Запишем еще раз реакции окисления альдегидов, обозначив количество вещества муравьиного альдегида за  $x$  моль и количество вещества второго альдегида за  $y$  моль.  $x + y = 0,2$ .



Второе уравнение составляем на количество выделившегося серебра:  $4x + 2y = 0,7$ .

$$\begin{cases} x + y = 0,2 \\ 4x + 2y = 0,7 \end{cases} \quad \begin{cases} x = 0,15, \\ y = 0,05. \end{cases}$$

$$n(\text{НС(О)Н}) = 0,15 \text{ моль}; m(\text{НСОН}) = 0,15 \cdot 30 = 4,5 \text{ г};$$

$$m(\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{C(О)Н}) = 8,1 - 4,5 = 3,6 \text{ г}.$$

3) Находим молярную массу второго альдегида, определяем его формулу и массовые доли веществ в смеси альдегидов:

$$M(\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{C(О)Н}) = \frac{3,6}{0,05} = 72 \text{ г/моль}; 12n + 2n + 1 + 12 + 16 + 1 = 72;$$

$$14n = 42;$$

$$n = 3. \text{ Формула второго альдегида: } \text{C}_3\text{H}_7\text{C(О)Н}.$$

$$\omega(\text{НС(О)Н}) = \frac{4,5}{8,1} = 0,5556;$$

$$\omega(\text{C}_3\text{H}_7\text{C(О)Н}) = \frac{3,6}{8,1} = 0,4444.$$

Ответ:  $\omega(\text{НС(О)Н}) = 55,56\%$ ;  $\omega(\text{C}_3\text{H}_7\text{C(О)Н}) = 44,44\%$ .

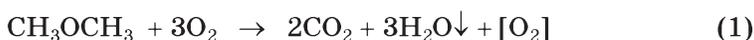
### Примеры задач с системами из трех неизвестных

Пример 35. 260 мл кислорода при н. у. смешали с 100 мл смеси диметилового эфира, метиламина и аммиака и взорвали. После приведения к н. у. и конденсации паров воды объемом газовой смеси составил 200 мл, а после пропускания ее через избыток раствора гидроксида бария объем газа уменьшился до 120 мл. Определите объемный состав исходной газовой смеси.

Решение:

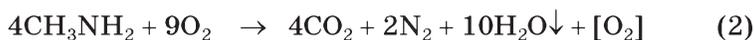
1) Обозначим через  $x$ ,  $y$  и  $z$  мл объемы диметилового эфира, этиламина и аммиака ( $x + y + z = 100$ ) и запишем уравнения происшедших химических реакций:

$$\text{Было:} \quad x \quad 260$$

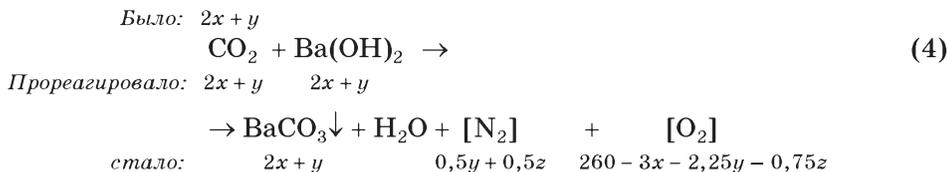
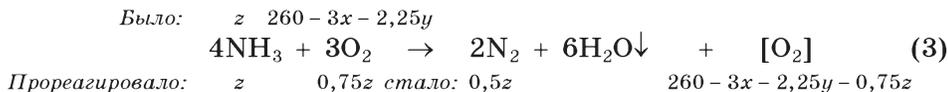


$$\text{Прореагировало:} \quad x \quad 3x \text{ стало: } 2x \quad 260 - 3x$$

$$\text{Было:} \quad y \quad 260 - 3x$$



$$\text{Прореагировало:} \quad y \quad 2,25y \text{ стало: } y \quad 0,5y \quad 260 - 3x - 2,25y$$



Второе уравнение составляем на объем поглощенного в реакции (4)  $\text{CO}_2$ :  $2x + y = 200 - 120$ ;  $2x + 2 = 80$ .

Третье уравнение составляем на объем оставшихся газов:  $0,5y + 0,5z + 260 - 3x - 2,25y - 0,75z = 120$ ;  $3x + 1,75y + 0,25z = 140$ .

2) Составляем систему уравнений и решаем ее:

$$\left\{ \begin{array}{l} x + y + z = 100 \\ 2x + y = 80. \\ 3x + 1,75y + 0,25z = 140 \end{array} \right. \quad \left| \quad \begin{array}{l} x = 20, \\ y = 40, \\ z = 40. \end{array} \right.$$

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

Пример 36. На сжигание смеси метана, ацетилен и пропена с плотностью по водороду 12 требуется 1,8 л (н. у.) кислорода, а на полное гидрирование такого же количества исходной смеси — равный ей объем водорода. Определите объемный состав смеси после гидрирования.

Решение:

1) Обозначим объемы метана, ацетилен и пропена за  $x$ ,  $y$  и  $z$  л соответственно. Запишем уравнения химических реакций:



2) Рассчитываем среднюю молярную массу исходной газовой смеси и составляем первое уравнение, учитывая, что она складывается из суммы произведений объемных долей каждого газа, умноженных на соответствующие молярные массы:

$$M_{\text{ср.}}(\text{газовой смеси}) = 12 \cdot 2 = 24 \text{ г/моль.}$$

$$\frac{16x}{x+y+z} + \frac{26y}{x+y+z} + \frac{42z}{x+y+z} = 24; \quad -8x + 2y + 18z = 0.$$

3) Второе уравнение составляем на объем израсходованного кислорода:

$$2x + 2,5y + 4,5z = 1,8.$$

4) Третье уравнение составляем, приравнявая объем исходной газовой смеси объему израсходованного водорода:  $x + y + z = 2y + z$ .

5) Составляем систему уравнений и решаем ее:

$$\begin{cases} -8x + 2y + 18z = 0 \\ 2x + 2,5y + 4,5z = 1,8 \\ x + y + z = 2y + z \end{cases} \quad \begin{cases} x = 0,3, \\ y = 0,3, \\ z = 0,1. \end{cases}$$

Ответ:  $V(\text{CH}_4) = 0,3 \text{ л}$ ,  $V(\text{C}_2\text{H}_6) = 0,3 \text{ л}$ ,  $V(\text{C}_3\text{H}_8) = 0,1 \text{ л}$ .

Пример 37. 7,6 г смеси этилена с парами сопряженного диенового углеводорода разветвленного строения обесцвечивает 148,1 мл раствора брома в тетрахлориде углерода с массовой долей брома 15% и плотностью 1,8 г/мл. Определите структурную формулу диенового углеводорода, если известно, что при сжигании такого же количества исходной смеси образуется 9 г воды.

Решение:

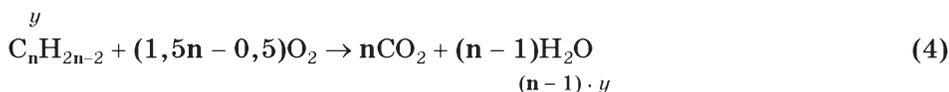
1) Рассчитываем количества вещества брома и воды:

$$n(\text{Br}_2) = \frac{148,1 \cdot 1,8 \cdot 0,15}{160} = 0,25 \text{ моль;}$$

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

2) Обозначим количества вещества этилена и диенового углеводорода за  $x$  и  $y$  моль соответственно. Составляем уравнение по массе смеси:  $28x + (14n - 2) \cdot y = 7,6$ . Запишем уравнения химических реакций с указанием количеств реагирующих и образующихся веществ:





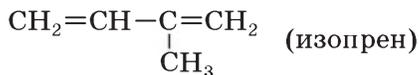
3) Второе уравнение составляем на количество вещества брома:  $x + 2y = 0,25$ . Третье уравнение — на количество образовавшейся воды:  $2x + (n - 1) \cdot y = 0,5$ .

4) Составим систему уравнений и найдем  $n$ :

$$\left\{ \begin{array}{l} x + y = 0,2 \\ x + 2y = 0,25 \\ 2x + (n - 1) \cdot y = 0,5 \end{array} \right. \quad \left| \quad \begin{array}{l} y = 0,05, \\ x = 0,15, \\ n = 5. \end{array} \right.$$

☛ Полезным упражнением будет составление структурных формул органических веществ, задействованных в задаче.

5) Составим структурную формулу углеводорода  $\text{C}_5\text{H}_8$ :



Ответ:  $\text{CH}_2\text{CHC}(\text{CH}_3)\text{CH}_2$  (изопрен).

Пример 38. В 400 г водного раствора содержится 41,8 г смеси фенола, уксусной кислоты и акриловой кислоты. Для полной нейтрализации 10 г этого раствора потребовалось 9,52 мл раствора гидроксида натрия с массовой долей щелочи 6% и плотностью 1,05 г/мл. При обработке 10 г того же раствора бромной водой с массовой долей брома 3% до прекращения ее обесцвечивания было затрачено 66,67 г бромной воды. Рассчитайте массовые доли веществ в исходном растворе.

Решение:

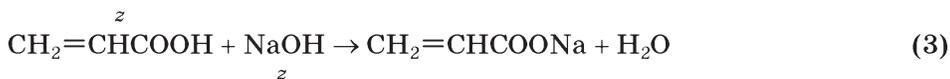
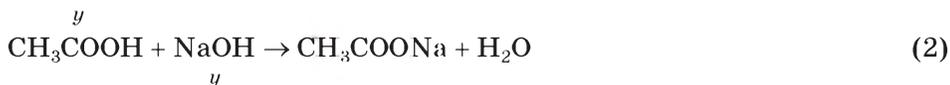
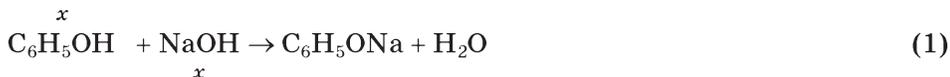
1) Рассчитываем массу смеси, содержащуюся в 10 г раствора, и количества вещества гидроксида натрия и брома:

$$m(\text{смеси веществ в 10 г раствора}) = \frac{41,8}{40} = 1,045 \text{ г};$$

$$n(\text{NaOH}) = \frac{9,52 \cdot 1,05 \cdot 0,06}{40} = 0,015 \text{ моль};$$

$$n(\text{Br}_2) = \frac{66,67 \cdot 0,03}{180} = 0,0125 \text{ моль};$$

2) Обозначим количества вещества фенола, уксусной кислоты и акриловой кислоты за  $x$ ,  $y$  и  $z$  моль соответственно, тогда  $94x + 60y + 72z = 1,045$ . Запишем уравнения химических реакций с указанием количеств реагирующих веществ:



Второе уравнение составляем на количество щелочи:  $x + y + z = 0,015$ .

Третье — на количество брома:  $3x + z = 0,0125$ .

3) Решаем систему уравнений и находим  $x$ ,  $y$  и  $z$ :

$$\begin{cases} 94x + 60y + 72z = 1,045 \\ x + y + z = 0,015 \\ 3x + z = 0,0125 \end{cases} \quad \begin{cases} x = 0,0025, \\ y = 0,0075, \\ z = 0,005. \end{cases}$$

4) Рассчитываем массы веществ в 10 г раствора и их массовые доли в исходном растворе:

$$m(\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}) = 94 \cdot 0,0025 = 0,235 \text{ г};$$

$$\omega(\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}) = \frac{0,235}{10} = 0,0235;$$

$$m(\text{CH}_3\text{COOH}) = 60 \cdot 0,0075 = 0,45 \text{ г};$$

$$\omega(\text{CH}_3\text{COOH}) = \frac{0,45}{10} = 0,045;$$

$$m(\text{CH}_2=\text{CHCOOH}) = 72 \cdot 0,005 = 0,36 \text{ г};$$

$$\omega(\text{CH}_2=\text{CHCOOH}) = \frac{0,36}{10} = 0,036.$$

Ответ:  $\omega(\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}) = 2,35\%$ ;  $\omega(\text{CH}_3\text{COOH}) = 4,5\%$ ;  $\omega(\text{CH}_2=\text{CHCOOH}) = 3,6\%$ .

Пример 39. На нейтрализацию 23,7 г смеси уксусной кислоты и насыщенной двухосновной карбоновой кислоты с неразветвленным углеродным скелетом потребовалось 66,1 мл раствора гидроксида натрия с массовой долей щелочи 20% и плотностью 1,21 г/мл. Определите структурную формулу двухосновной кислоты и ее массовую долю в исходной смеси, если известно, что при сжигании такого же количества исходной смеси образуется 17,92 л оксида углерода(IV) (н. у.).

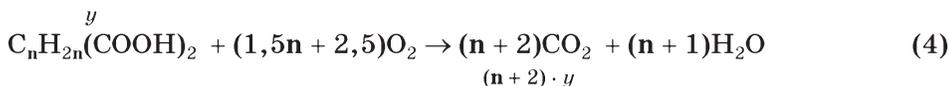
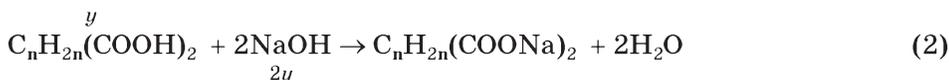
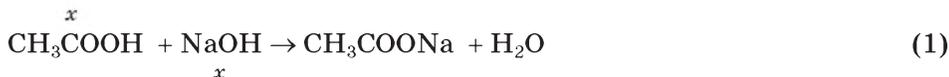
Решение:

1) Рассчитываем количества вещества гидроксида натрия и углекислого газа:

$$n(\text{NaOH}) = \frac{66,1 \cdot 1,21 \cdot 0,2}{40} = 0,4 \text{ моль};$$

$$n(\text{CO}_2) = \frac{17,92}{22,4} = 0,8 \text{ моль}.$$

2) Обозначим количества вещества уксусной и насыщенной двухосновной карбоновой кислоты за  $x$  и  $y$  моль соответственно, тогда  $60x + (14n + 90) \cdot y = 23,7$ . Запишем уравнения химических реакций с указанием количеств реагирующих и образующихся веществ:



Второе и третье уравнения составляем на количества вещества щелочи и углекислого газа:  $x + 2y = 0,4$  и  $2x + (n + 2) \cdot y = 0,8$ .

3) Решаем систему уравнений и находим  $x$ ,  $y$  и  $n$ :

$$\begin{cases} x + 2y = 0,4 \\ 2x + (n + 2) \cdot y = 0,8 \\ 60x + (14n + 90) \cdot y = 23,7 \end{cases} \quad \begin{cases} x = 0,1, \\ y = 0,15, \\ n = 2. \end{cases}$$

4) Составляем структурную формулу неизвестной кислоты и определяем ее массовую долю в смеси:



$$m(\text{янтарной кислоты}) = 118 \cdot 0,15 = 17,7 \text{ г};$$

$$\omega(\text{янтарной кислоты}) = \frac{17,7}{23,7} = 0,7468;$$

Ответ:  $\omega(\text{янтарной кислоты}) = 74,68\%$ .

### Примеры задач с квадратными уравнениями

Пример 40. Смесь двух газообразных водородных соединений различных элементов, один из которых имеет валентность (III), а другой — валентность (IV), с массовой долей соединения  $\text{ЭН}_4$  55,17% имеет плотность при н. у. 1,942 г/л. Определите формулы этих соединений, если известно, что в смеси равных объемов этих газов массовая доля водорода как элемента составляет 6,364%.

Решение:

1) Обозначим молярную массу  $\text{ЭН}_4^1$  за  $x$  г/моль и молярную массу  $\text{ЭН}_3^2$  за  $y$  г/моль. Пусть количество вещества первой газовой смеси равно 1 моль, тогда ее масса равна ее средней молярной массе. Выразим через  $x$  и  $y$  количества  $\text{ЭН}_3^2$  и  $\text{ЭН}_4^1$  и составим первое уравнение:

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

$$m(\text{ЭН}_4^1) = 43,5 \cdot 0,5517 = 24 \text{ г}; \quad n(\text{ЭН}_4^1) = \frac{24}{x};$$

$$m(\text{ЭН}_3^2) = 43,5 - 24 = 19,5 \text{ г}; \quad n(\text{ЭН}_3^2) = \frac{19,5}{y};$$

$$\frac{24}{x} + \frac{19,5}{y} = 1; \quad 19,5x + 24y = xy.$$

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

$$x + y = \frac{7}{0,06364} = 110.$$

3) Решаем систему уравнений и находим  $x$  и  $y$ :

$$\begin{cases} x + y = 110 \\ 19,5x + 24y = xy \end{cases} \quad \left| \begin{array}{l} x_1 = 82,5, \quad x_2 = 32, \\ y_1 = 27,5, \quad y_2 = 78. \end{array} \right.$$

4) Определяем формулы искоемых соединений.

Первый корень не подходит, так как элементов с молярными массами  $82,5 - 4 = 78,5$  и  $27,5 - 3 = 24,5$ , образующих газообразные соединения с водородом, в природе не существует.

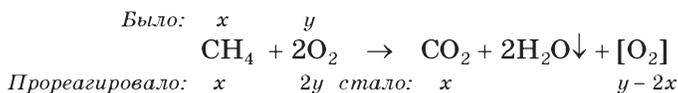
Второй корень дает молярную массу трехвалентного элемента, равную  $78 - 3 = 75$  — это мышьяк и соединение  $\text{AsH}_3$ . Молярная масса четырехвалентного элемента равна  $32 - 4 = 28$  — это кремний и соединение  $\text{SiH}_4$ .

Ответ:  $\text{AsH}_3$  и  $\text{SiH}_4$ .

Пример 41. Смесь метана с избытком кислорода подожгли, продукты сгорания привели к н. у. и получили газовую смесь, плотность которой оказалась на 25% больше плотности исходной смеси метана с кислородом, измеренной при тех же условиях. Полученную газовую смесь пропустили через раствор гидроксида натрия с плотностью 1,2 г/мл и массовой долей щелочи 20%, объем которого был в 537,2 раза меньше объема исходной газовой смеси, измеренного при н. у. Определите массовые доли веществ в полученном растворе. Коэффициенты растворимости гидрокарбоната и карбоната натрия в данных условиях составляют 9,5 г и 22 г в 100 г воды соответственно.

Решение:

1) Определяем количество образовавшегося  $\text{CO}_2$ . Пусть был 1 моль исходной газовой смеси, в которой содержалось  $x$  моль метана и  $y$  моль кислорода ( $x + y = 1$ ). Запишем уравнение реакции, указав количества реагирующих и образующихся веществ:



Плотность исходной газовой смеси равна  $\frac{16x + 32y}{22,4}$ ; плотность конечной газовой смеси равна  $\frac{44x + 32y - 64x}{22,4 \cdot (x + y - 2x)}$ . Учитывая, что плотность конечной смеси на 25% больше плотности исходной смеси, записываем второе уравнение:

$$\frac{16x + 32y}{22,4} \cdot 1,25 = \frac{44x + 32y - 64x}{22,4 \cdot (x + y - 2x)}, \text{ после преобразования получаем:}$$

$$40y^2 - 20x^2 - 20xy = 32y - 20x.$$

2) Решаем систему уравнений и находим  $x$  и  $y$ :

$$\begin{cases} x + y = 1 \\ 40y^2 - 20x^2 - 20xy = 32y - 20x \end{cases} \quad \left| \begin{array}{l} x = 0,2, \\ y = 0,8. \end{array} \right.$$

$$n(\text{CO}_2) = 0,2 \text{ моль.}$$

3) Определяем количество вещества гидроксида натрия и количества образовавшихся веществ:

$$V(\text{раствора NaOH}) = \frac{22,4}{537,2} = 0,0417 \text{ л} = 41,7 \text{ мл.}$$



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

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

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

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

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

**Пример 42.** Смесь ацетилен с водородом пропустили над никелевым катализатором, при этом объем газа уменьшился в два раза. Определите состав образовавшейся газовой смеси (в % по объему), если известно, что ацетилен прореагировал полностью, а смесь состоит из трех газов, и ее плотность при н. у. равна 0,8214 г/л.

**Решение:**

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

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

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

2) Запишем уравнения химических реакций, проставив объемы реагирующих и образующихся газов:

Было:  $x + y \quad x + 2y + z$



Прореагировало:  $x + y \quad x + y$  стало:  $x + y \quad y + z$

Было:  $x + y \quad y + z$



Прореагировало:  $y \quad y$  стало:  $y \quad x \quad z$

Третье уравнение составляем на объем исходной смеси:

$$2x + 3y + z = 2.$$

3) Решаем систему уравнений и находим неизвестные:

$$\begin{cases} x + y + z = 1 \\ 28x + 30y + 2z = 18,4 \\ 24x + 24y = 14,4 \end{cases} \quad \begin{cases} x = 0,2, \\ y = 0,4, \\ z = 0,4. \end{cases}$$

Ответ:  $\varphi(\text{C}_2\text{H}_6) = 40\%$ ;  $\varphi(\text{C}_2\text{H}_4) = 20\%$ ;  $\varphi(\text{H}_2) = 40\%$ .

Пример 43. Смесь оксида углерода(II) и водорода с плотностью по водороду 6,2 поместили в условия, в которых часть газов обратимо прореагировала между собой с образованием метанола. Определите состав равновесной смеси в объемных процентах, если известно, что ее объем на 40% меньше объема исходной смеси в тех же условиях. Метанол в этих условиях находится в газообразном состоянии.

Решение:

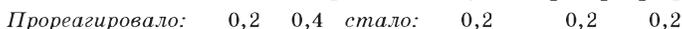
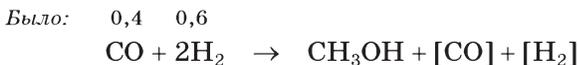
1) Обозначим объемы CO и H<sub>2</sub> в исходной газовой смеси за  $x$  и  $y$  л, а общий объем исходной газовой смеси примем равным 1 л ( $x + y = 1$ ). Используя значение плотности по водороду, составляем второе уравнение.  $M_{\text{ср.}}(\text{газовой смеси}) = 6,2 \cdot 2 = 12,4$  г/моль.

$$28x + 2y = 12,4.$$

Находим  $x$  и  $y$ :

$$\begin{cases} x + y = 1 \\ 28x + 2y = 12,4 \end{cases} \quad \begin{cases} x = 0,4, \\ y = 0,6. \end{cases}$$

2) Изменение объема в результате реакции составило 0,4 л, и объем конечной газовой смеси составил  $1 - 0,4 = 0,6$  л. Поскольку объем образующегося метанола равен объему прореагировавшего CO, изменение объема соответствует объему прореагировавшего водорода. Запишем уравнение химической реакции, проставив объемы реагирующих и образующихся веществ:



3) Определяем объемные доли газов в равновесной смеси:

$$\varphi(\text{CH}_3\text{OH}) = \varphi(\text{CO}) = \varphi(\text{H}_2) = \frac{0,2}{0,6} = 0,3333.$$

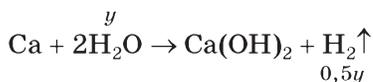
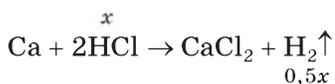
Ответ:  $\varphi(\text{CH}_3\text{OH}) = \varphi(\text{CO}) = \varphi(\text{H}_2) = 33,33\%$ .

Пример 44. Избыток кальция обработали некоторым количеством соляной кислоты с плотностью 1,05 г/мл. Определите массовую долю хлороводорода в исходной кислоте, если известно, что объем выделившегося водорода в 620 раз больше объема израсходованной кислоты.

Решение:

1) Пусть объем соляной кислоты равен 1 л, тогда ее масса равна 1050 г, а объем выделившегося в результате реакций водорода равен 620 л.  $n(\text{H}_2) = \frac{620}{22,4} = 27,68$  моль. Запишем уравнения происходящих химических реакций, обозначив количество вещества хлороводорода в соляной кислоте за  $x$  моль, а количество воды за  $y$  моль:

$$36,5x + 18y = 1050;$$



Второе уравнение составляем на количество выделившегося водорода:

$$0,5x + 0,5y = 27,68.$$

2) Решаем систему уравнений и находим  $x$ :

$$\begin{cases} 36,5x + 18y = 1050 \\ 0,5x + 0,5y = 27,68 \end{cases} \quad \begin{cases} x = 2,893, \\ y = 52,467. \end{cases}$$

3) Находим массовую долю хлороводорода в исходной кислоте:

$$m(\text{HCl}) = 2,893 \cdot 36,5 = 105,6 \text{ г};$$

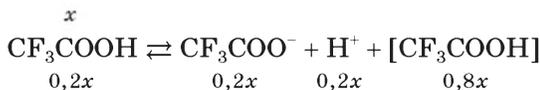
$$\omega(\text{HCl}) = \frac{105,6}{1050} = 0,1006.$$

Ответ:  $\omega(\text{HCl}) = 10,06\%$ .

Пример 45. Раствор трифторуксусной кислоты в метаноле с плотностью 1,104 г/мл, в котором суммарная молярная концентрация всех частиц (и растворенного вещества, и растворителя) составляет 15,6 моль/л, а степень диссоциации кислоты — 20%, нагревали до установления химического равновесия. Определите массовые доли веществ в исходной и равновесной смеси, если известно, что суммарная молярная концентрация всех частиц в последней составила 15 моль/л. Изменениями плотности раствора и степени диссоциации кислоты пренебречь.

Решение:

- 1) Пусть объем исходного раствора равен 1 л, тогда его масса равна 1104 г, а суммарное количество вещества частиц в нем равно 15,6 моль. Обозначим количество вещества трифторуксусной кислоты за  $x$  моль, количество вещества метанола за  $y$  моль ( $114x + 32y = 1104$ ) и рассчитаем состав исходного раствора. Запишем уравнение диссоциации трифторуксусной кислоты, учитывая, что продиссоциировало ее 20%, т. е.  $0,2x$ :



Суммарное количество вещества частиц в растворе =  $0,2x + 0,2x + 0,8x + y = 1,2x + y$ .

Второе уравнение:  $1,2x + y = 15,6$ .

$$\begin{cases} 114x + 32y = 1104 \\ 1,2x + y = 15,6 \end{cases} \quad \begin{array}{l} x = 8, \\ y = 6. \end{array}$$

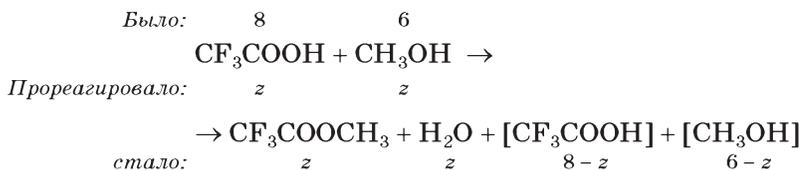
$n(\text{CF}_3\text{COOH}) = 8$  моль;

$$\omega(\text{CF}_3\text{COOH}) = \frac{114 \cdot 8}{1104} = 0,8261;$$

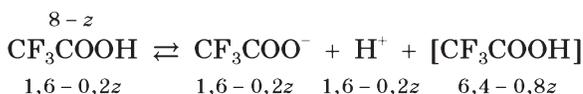
$n(\text{CH}_3\text{OH}) = 6$  моль;

$$\omega(\text{CH}_3\text{OH}) = \frac{6 \cdot 32}{1104} = 0,1739.$$

- 2) Запишем уравнение реакции этерификации, предположив, что к моменту достижения равновесия прореагировало  $z$  моль кислоты, и рассчитаем состав равновесной смеси:



Из оставшейся трифторуксусной кислоты продиссоциировало  $0,2 \cdot (8 - z) = 1,6 - 0,2z$  моль.



Суммарное количество вещества частиц в конечном растворе:  $z + z + (1,6 - 0,2z) + (1,6 - 0,2z) + (6,4 - 0,8z) + (6 - z) = 15,6 - 0,2z = 15$ .

$$0,2z = 0,6. \quad z = 3.$$

Состав равновесной смеси:  $n(\text{CF}_3\text{COOCH}_3) = n(\text{H}_2\text{O}) = 3$  моль;

$$n(\text{CF}_3\text{COOH}) = 8 - 3 = 5 \text{ моль};$$

$$n(\text{CH}_3\text{OH}) = 6 - 3 = 3 \text{ моль};$$

$$\omega(\text{CF}_3\text{COOCH}_3) = \frac{3 \cdot 128}{1104} = 0,3478;$$

$$\omega(\text{H}_2\text{O}) = \frac{3 \cdot 18}{1104} = 0,0489;$$

$$\omega(\text{CF}_3\text{COOH}) = \frac{5 \cdot 114}{1104} = 0,5163;$$

$$\omega(\text{CH}_3\text{OH}) = \frac{3 \cdot 32}{1104} = 0,0870.$$

Ответ: Исходная смесь:  $\omega(\text{CF}_3\text{COOH}) = 82,61\%$ ;  $\omega(\text{CH}_3\text{OH}) = 17,39\%$ .

Равновесная смесь:  $\omega(\text{CF}_3\text{COOCH}_3) = 34,78\%$ ;  $\omega(\text{H}_2\text{O}) = 4,89\%$ ;

$\omega(\text{CF}_3\text{COOH}) = 51,63\%$ ;  $\omega(\text{CH}_3\text{OH}) = 8,7\%$ .

Пример 46. Смесь этана, метиламина и азота при н. у. смешали с двойным объемом кислорода и подожгли. После приведения к н. у. была получена смесь трех газов с равными объемными долями. Определите массовые доли газов в исходной смеси.

Решение:

1) Равные объемные доли трех газов в конечной газовой смеси означают, что равны и их количества вещества. Допустим, что эта смесь содержала по 1 моль каждого газа. Обозначим количества веществ этана, метиламина и азота через  $x$ ,  $y$  и  $z$  моль соответственно ( $x + y + z = 1$ ). Исходное количество кислорода составляло  $(2x + 2y + 2z)$  моль. Запишем уравнения соответствующих химических реакций и проставим количества реагирующих и образующихся веществ:

$$\text{Было: } x \quad 2x + 2y + 2z$$



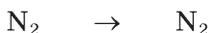
$$\text{Прореагировало: } x \quad 3,5x \text{ стало: } 2x \quad 2y + 2z - 1,5x$$

$$\text{Было: } y \quad -1,5x + 2y + 2z$$



$$\text{Прореагировало: } y \quad 2,25y \text{ стало: } y + 2x \quad 0,5y \quad 2z - 1,5x - 0,25y$$

$$\text{Было: } z$$



$$\text{Прореагировало: } 0 \quad \text{стало: } z + 0,5y$$

Конечная газовая смесь содержит  $2x + y$   $\text{CO}_2$ ,  $z + 0,5y$   $\text{N}_2$  и  $2z - 1,5x - 0,25y$   $\text{O}_2$ .

Равные объемные доли газов в конечной смеси означают их равные количества, отсюда можно составить второе и третье уравнения:  $2x + y = z + 0,5y$  и  $2x + y = 2z - 1,5x - 0,25y$ .

2) Составляем систему уравнений и решаем ее:

$$\begin{cases} x + y + z = 1 \\ 2x + y = z + 0,5y \\ 2x + y = 2z - 1,5x - 0,25y \end{cases} \quad \begin{cases} x = 0,25, \\ y = 0,5, \\ z = 0,75. \end{cases}$$

3) Определяем массовые доли газов в исходной смеси:

$$m(\text{C}_2\text{H}_6) = 0,25 \cdot 30 = 7,5 \text{ г};$$

$$m(\text{CH}_3\text{NH}_2) = 0,5 \cdot 31 = 15,5 \text{ г};$$

$$m(\text{N}_2) = 0,75 \cdot 28 = 21 \text{ г};$$

$$m(\text{смеси}) = 7,5 + 15,5 + 21 = 44 \text{ г};$$

$$\omega(\text{C}_2\text{H}_6) = \frac{7,5}{44} = 0,1705;$$

$$\omega(\text{CH}_3\text{NH}_2) = \frac{15,5}{44} = 0,3522;$$

$$\omega(\text{N}_2) = \frac{21}{44} = 0,4773.$$

Ответ:  $\omega(\text{C}_2\text{H}_6) = 17,05\%$ ;  $\omega(\text{CH}_3\text{NH}_2) = 35,22\%$ ;  $\omega(\text{N}_2) = 47,73\%$ .

Пример 47. После прокаливания смеси нитрата серебра, нитрата натрия и нитрата аммония образовалась газовая смесь (н. у.) с плотностью по водороду 20,22, а масса твердого остатка оказалась в 2,03 раза меньше массы исходной смеси солей. Определите массовые доли веществ в исходной смеси.

Решение:

1) Пусть суммарное количество солей равно 1 моль. Обозначим количество вещества нитрата серебра через  $x$  моль, количество вещества нитрата натрия через  $y$  моль и количество вещества нитрата аммония через  $z$  моль ( $x + y + z = 1$ ).

2) Запишем уравнения химических реакций, указав количества образующихся веществ:



3) Составляем второе уравнение с использованием средней молярной массы газовой смеси:

$$M_{\text{ср.}}(\text{газовой смеси}) = 20,22 \cdot 2 = 40,44 \text{ г/моль};$$

$$x \cdot 46 + (0,5x + 0,5y) \cdot 32 + z \cdot 44 = (1,5x + 0,5y + z) \cdot 40,44;$$

$$1,34x - 4,22y + 3,56z = 0.$$

Составляем третье уравнение на соотношение между массой исходной смеси солей и массой твердого остатка:

$$170x + 85y + 80z = 2,03 \cdot (108x + 69y); 49,24x + 55,07y - 80z = 0.$$

4) Составляем систему уравнений и находим неизвестные:

$$\begin{cases} x + y + z = 1 \\ 1,34x - 4,22y + 3,56z = 0 \\ 49,24x + 55,07y - 80z = 0 \end{cases} \quad \begin{cases} x = 0,2, \\ y = 0,4, \\ z = 0,4. \end{cases}$$

5) Находим массовые доли солей в исходной смеси:

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

$$m(\text{NaNO}_3) = 85 \cdot 0,4 = 34 \text{ г};$$

$$m(\text{NH}_4\text{NO}_3) = 0,4 \cdot 80 = 32 \text{ г};$$

$$m(\text{смеси}) = 34 + 34 + 32 = 100 \text{ г};$$

$$\omega(\text{AgNO}_3) = \omega(\text{NaNO}_3) = \frac{34}{100} = 0,34;$$

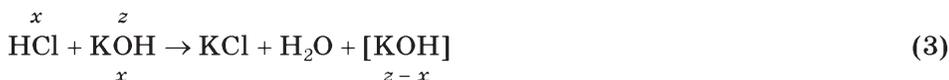
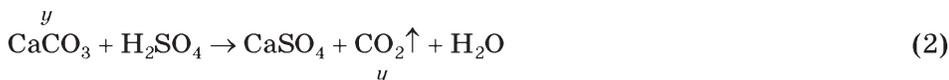
$$\omega(\text{NH}_4\text{NO}_3) = \frac{32}{100} = 0,32.$$

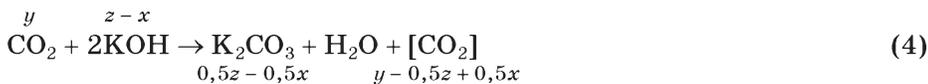
Ответ:  $\omega(\text{AgNO}_3) = \omega(\text{NaNO}_3) = 34\%$ ;  $\omega(\text{NH}_4\text{NO}_3) = 32\%$ .

**Пример 48.** Газы, полученные нагреванием смеси хлорида натрия и карбоната кальция с избытком концентрированной серной кислоты, растворили в некотором количестве раствора гидроксида калия, в результате чего был получен раствор, содержащий три соли с равными массовыми долями. Определите массовые доли веществ в исходной смеси солей.

Решение:

1) Пусть имелся 1 моль смеси солей. Обозначим за  $x$  моль количество вещества  $\text{NaCl}$ , за  $y$  моль количество вещества  $\text{CaCO}_3$  ( $x + y = 1$ ) и за  $z$  моль количество вещества  $\text{KOH}$ . Запишем уравнения химических реакций с учетом того, что в конечном растворе присутствуют три соли:





2) Если массовые доли трех солей в одном растворе равны между собой, то равны и их массы. Составляем систему уравнений и находим неизвестные:

$$m(\text{KCl}) = m(\text{K}_2\text{CO}_3): 74,5x = (z - y - x) \cdot 138; 138z - 138y - 63,5x = 0;$$

$$m(\text{KCl}) = m(\text{KHCO}_3): 74,5x = (2y - z + x) \cdot 100; 200y + 25,5x - 100z = 0;$$

$$\left\{ \begin{array}{l} x + y = 1 \\ 138z - 138y - 63,5x = 0 \\ 200y + 25,5x - 100z = 0 \end{array} \right. \quad \left| \begin{array}{l} x = 0,83, \\ y = 0,17, \\ z = 0,552. \end{array} \right.$$

3) Рассчитываем массовые доли солей в исходной смеси:

$$m(\text{NaCl}) = 0,83 \cdot 58,5 = 48,56 \text{ г};$$

$$m(\text{CaCO}_3) = 0,17 \cdot 100 = 17 \text{ г};$$

$$m(\text{смеси}) = 48,56 + 17 = 65,56 \text{ г};$$

$$\omega(\text{NaCl}) = \frac{48,56}{65,56} = 0,7407;$$

$$\omega(\text{CaCO}_3) = \frac{17}{65,56} = 0,2593.$$

Ответ:  $\omega(\text{NaCl}) = 74,07\%$ ;  $\omega(\text{CaCO}_3) = 25,93\%$ .

Пример 49. Определите массовую долю этилбензола в его смеси с ксилолом, если известно, что минимальный объем раствора гидроксида калия, необходимый для поглощения углекислого газа, полученного в результате ее сжигания, в пять раз больше объема такого же раствора щелочи, требующегося для нейтрализации органических продуктов окисления такого же количества исходной смеси избытком перманганата калия.

Решение:

1) Пусть суммарное количество вещества в исходной смеси органических веществ равно 1 моль. Количество вещества этилбензола примем за  $x$  моль, а общее количество вещества ксилола — за  $y$  моль ( $x + y = 1$ ).

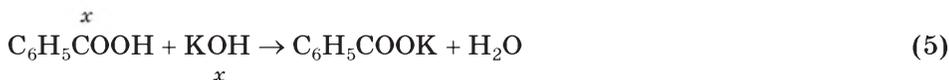
Поскольку молекулярная формула этилбензола и его изомеров одинакова, реакцию горения можно записать в одно уравнение:



При взаимодействии углекислого газа с минимальным количеством щелочи образуется кислая соль:



При окислении этилбензола перманганатом образуется одноосновная кислота, а при окислении его гомологов — двухосновная:



- 2) Если объем раствора щелочи в реакции (2) в пять раз больше, чем в реакциях (5) и (6), то и количество вещества щелочи в первом случае в 5 раз больше, чем во втором:

$$(x + 2y) \cdot 5 = 8. \quad 5x + 10y = 8.$$

$$\begin{cases} x + y = 1 \\ 5x + 10y = 8 \end{cases} \quad \begin{cases} x = 0,4, \\ y = 0,6. \end{cases}$$

- 3) Так как молярные массы всех исходных веществ одинаковы, массовые доли для них равны молярным долям:

$$\omega(\text{C}_6\text{H}_5\text{C}_2\text{H}_5) = 0,4; \quad \omega(\text{C}_6\text{H}_4(\text{CH}_3)_2) = 0,6.$$

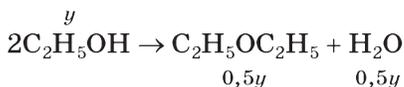
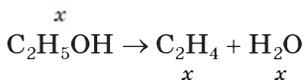
Ответ:  $\omega(\text{C}_6\text{H}_5\text{C}_2\text{H}_5) = 40\%$ ;  $\omega(\text{C}_6\text{H}_4(\text{CH}_3)_2) = 60\%$ .

Пример 50. Пары этилового спирта пропустили через нагретую до 130 °С концентрированную серную кислоту, при этом получили газопаровую смесь с плотностью по водороду 16,43. Определите выход каждого из двух полученных органических продуктов в расчете на взятый этанол, если известно, что он прореагировал на 90%. Растворимостью веществ в серной кислоте пренебечь.

Решение:

- 1) Пусть количество вещества этилового спирта было 1 моль. Обозначим за  $x$  моль количество вещества спирта, превратившего-

ся в этилен, и за  $y$  моль — количество вещества спирта, превратившегося в простой эфир. Запишем уравнения химических реакций:



2) В реакции вступило 0,9 моль спирта  $x + y = 0,9$ , и образовавшаяся газопаровая смесь содержала 0,1 моль оставшегося спирта,  $x$  моль этилена, 0,5 $y$  моль диэтилового эфира и  $x + 0,5y$  моль воды.

$$M_{\text{cp.}}(\text{газовой смеси}) = 16,43 \cdot 2 = 32,86 \text{ г/моль.}$$

Суммарное количество веществ в газопаровой смеси равно  $2x + y + 0,1$  моль. Поскольку масса газопаровой смеси равна массе исходного спирта,  $32,86 \cdot (2x + y + 0,1) = 46$ ,

$$2x + y = 1,3.$$

Решаем систему уравнений и находим неизвестные:

$$\begin{cases} x + y = 0,9 \\ 2x + y = 1,3 \end{cases} \quad \begin{cases} x = 0,4 \\ y = 0,5 \end{cases}$$

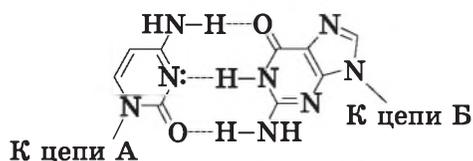
3) Определяем выходы этилена и простого эфира:

$$\eta(\text{C}_2\text{H}_4) = \frac{0,4}{1} = 0,4; \quad \eta(\text{C}_2\text{H}_5\text{OC}_2\text{H}_5) = \frac{0,5}{1} = 0,5.$$

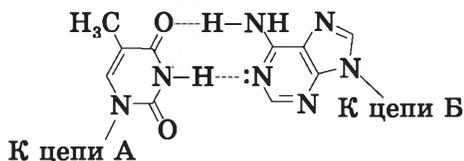
Ответ:  $\eta(\text{C}_2\text{H}_4) = 40\%$ ;  $\eta(\text{C}_2\text{H}_5\text{OC}_2\text{H}_5) = 50\%$ .

Пример 51. Образец двухцепочечной ДНК сожгли в избытке кислорода и получили газовую смесь, содержащую по объему 46,97% оксида углерода(IV) и 9,125% азота. Определите соотношение числа остатков аденина и гуанина, входящих в состав этой ДНК, если известно, что обе цепи имеют одинаковую длину и все азотистые основания строго комплементарны.

Решение:



цитозин–гуанин (С ≡ G)



тимин–аденин (Т = А)



Решение:

1) Определяем элемент Б.

Простейшая формула водородного соединения —  $\text{BH}_x$ .

$$M(\text{BH}_x) = \frac{x}{0,0588} = 17x;$$

$$M(\text{B}) = 17x - x = 16x.$$

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

Если  $x = 1$ , то  $M(\text{B}) = 16$  г/моль — это кислород. Газообразного соединения с простейшей формулой  $\text{OH}$  не существует ( $\text{H}_2\text{O}_2$  — жидкость).

Если  $x = 2$ , то  $M(\text{B}) = 32$  — это сера.  $\text{H}_2\text{S}$  — газ.

Если  $x = 3$ , то  $M(\text{B}) = 48$  — это титан. Соединения  $\text{TiH}_3$  не существует.

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

2) Определяем элемент А.

Простейшая формула сульфида —  $\text{A}_y\text{S}_z$ .

$$M(\text{A}_y\text{S}_z) = \frac{32z}{0,64} = 50z;$$

$$M(\text{A}) = \frac{50z - 32z}{y} = \frac{18z}{y}.$$

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

Соединение  $\text{A}_2\text{S}$ :  $M(\text{A}) = \frac{18}{2} = 9$  — это бериллий, но бериллий не проявляет степень окисления +1.

Соединение  $\text{AS}$ :  $M(\text{A}) = 18$  — такого соединения не существует.

Соединение  $\text{A}_2\text{S}_3$ :  $M(\text{A}) = \frac{18 \cdot 3}{2} = 27$  г/моль — это алюминий.

Соединение  $\text{Al}_2\text{S}_3$ .

Соединение  $\text{AS}_2$ :  $M(\text{A}) = 18 \cdot 2 = 36$  — такого соединения не существует.

Соединение  $\text{A}_2\text{S}_5$ :  $M(\text{A}) = \frac{18 \cdot 5}{2} = 45$  — элемент скандий. Это элемент третьей группы, высшая положительная степень окисления +3.

3) Записываем уравнение реакции гидролиза:



Ответ:  $\text{Al}_2\text{S}_3 + 6\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{Al}(\text{OH})_3\downarrow + 3\text{H}_2\text{S}\uparrow$

Пример 53. 43,9 г смеси нитрата некоторого металла с двойным молярным количеством его карбоната, в которой массовая доля металла как элемента составляет 44,42%, прокали-

ли. Образовавшуюся газовую смесь пропустили в раствор гидроксида натрия с массовой долей щелочи 20%. Определите металл и рассчитайте массовые доли солей в полученном растворе, учитывая, что масса этого раствора стала 119,6 г. Металл при проводимых операциях не изменяет степень окисления.

Решение:

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

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

- а) Степень окисления металла +1:  $2x$  моль  $\text{Me}_2\text{CO}_3$  и  $x$  моль  $\text{MeNO}_3$ .  
 $m(\text{кислотных остатков}) = 60 \cdot 2x + 62x = 182x = 24,4$ ;

$$x = \frac{24,4}{182} = 0,134 \text{ моль};$$

$$n(\text{Me}) = 5x = 0,134 \cdot 5 = 0,67 \text{ моль};$$

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

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

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

$$x = 0,1 \text{ моль};$$

$$n(\text{Me}) = 3x = 0,1 \cdot 3 = 0,3 \text{ моль};$$

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

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

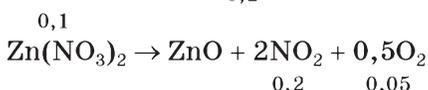
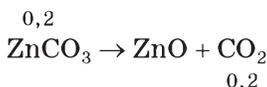
$$m(\text{кислотных остатков}) = 60 \cdot 6x + 62 \cdot 3x = 546x = 24,4$$
;

$$x = 0,04469 \text{ моль};$$

$$n(\text{Me}) = 5x = 0,04469 \cdot 5 = 0,223 \text{ моль};$$

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

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

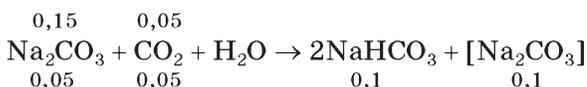
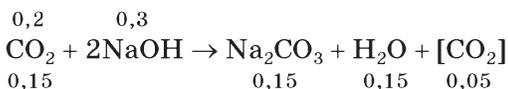
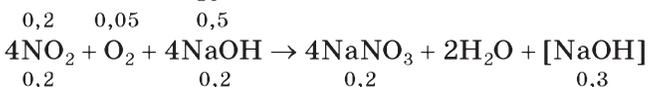


3) Газы, образующиеся при прокаливании этой смеси, —  $\text{CO}_2$ ,  $\text{O}_2$  и  $\text{NO}_2$ . Со щелочью реагируют  $\text{CO}_2$  и  $\text{NO}_2$  в присутствии кислорода. Рассчитаем количество вещества щелочи и запишем уравнения реакций газов со щелочью:

$$m(\text{газов}) = 0,2 \cdot 44 + 0,2 \cdot 46 + 0,05 \cdot 32 = 19,6 \text{ г};$$

$$m(\text{раствора NaOH}) = 119,6 - 19,6 = 100 \text{ г};$$

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



4) Рассчитываем массовые доли солей в конечном растворе:

$$\omega(\text{NaHCO}_3) = \frac{0,1 \cdot 84}{119,6} = 0,0702;$$

$$\omega(\text{Na}_2\text{CO}_3) = \frac{0,1 \cdot 106}{119,6} = 0,0886;$$

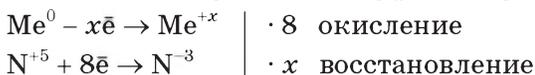
$$\omega(\text{NaNO}_3) = \frac{0,2 \cdot 85}{119,6} = 0,1421.$$

Ответ:  $\omega(\text{NaHCO}_3) = 7,02\%$ ;  $\omega(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 8,86\%$ ;  $\omega(\text{NaNO}_3) = 14,21\%$ .

Пример 54. В результате растворения неизвестного металла в разбавленной азотной кислоте образовалось 195 мл раствора с плотностью 1,026 г/мл, содержащего две соли с массовыми долями 2,84% и 0,4%. Определите массу растворенного металла, учитывая, что процесс идет на 100% по одному уравнению реакции.

Решение:

1) Единственная реакция азотной кислоты с металлом, в которой образуются сразу две соли, — это восстановление азотной кислоты до нитрата аммония. Поскольку степень окисления металла в образующемся нитрате неизвестна, обозначим ее за  $x$ , запишем уравнение реакции и уравнием его методом электронного баланса:



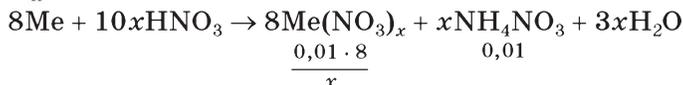
Принимая во внимание коэффициенты в уравнении реакции и учитывая, что  $x$  не может быть более 4, можно сделать вывод, что меньшая массовая доля относится к нитрату аммония.

- 2) Рассчитаем массу образовавшейся соли металла и количество вещества нитрата аммония, перепишем уравнение реакции, проставив количества реагирующих и образующихся веществ:

$$m(\text{Me}(\text{NO}_3)_x) = 195 \cdot 1,026 \cdot 0,0284 = 5,68 \text{ г};$$

$$n(\text{NH}_4\text{NO}_3) = \frac{195 \cdot 1,026 \cdot 0,004}{80} = 0,01 \text{ моль};$$

$$\frac{0,01 \cdot 8}{x}$$



- 3) Выразим через  $x$  молярную массу металла и определим  $x$ :

$$n(\text{Me}(\text{NO}_3)_x) = \frac{0,08}{x}. \quad M(\text{Me}(\text{NO}_3)_x) = \frac{5,68}{0,08/x} = 71x;$$

$$M(\text{Me}) = 71x - 62x = 9x.$$

Если  $x$  равен 1, то  $M(\text{Me}) = 9$  г/моль — бериллий, однако бериллий проявляет степень окисления +2.

Если  $x$  равен 2, то  $M(\text{Me}) = 18$  г/моль — такого металла нет.

Если  $x$  равен 3, то  $M(\text{Me}) = 27$  г/моль — алюминий. Этот вариант подходит.

Если  $x$  равен 4, то  $M(\text{Me}) = 36$  г/моль — такого металла нет.

- 4) Рассчитываем массу алюминия:

$$n(\text{Al}) = \frac{0,08}{3} = 0,0267 \text{ моль}; \quad m(\text{Al}) = 0,0267 \cdot 27 = 0,72 \text{ г}.$$

Ответ:  $m(\text{Al}) = 0,72$  г.

## 2.6. Многовариантные задачи

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

Пример 55. 71,5 г кристаллической соды растворили в 80 мл воды и полученный раствор медленно обработали раствором соляной кислоты с массовой долей хлороводорода 36,5%. Определите массовые доли веществ в полученном растворе, если известно, что массовая доля ионов натрия в нем составила 6,22%.

Решение:

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

$$n(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = \frac{71,5}{286} = 0,25 \text{ моль}; m(\text{Na}^+) = 0,25 \cdot 2 \cdot 23 = 11,5 \text{ г.}$$

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

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



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

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

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

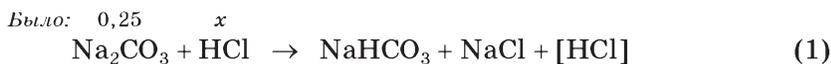
$$m(\text{раствора HCl}) = 184,9 - 71,5 - 80 = 33,4 \text{ г};$$

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

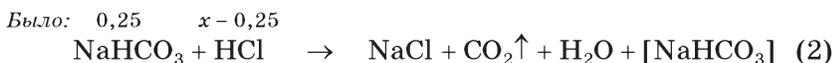
Рассчитанное количество вещества HCl больше, чем  $n(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O})$ , что противоречит первому предположению.

*Случай б*). Происходит выделение газа, поэтому масса конечного раствора равна сумме тех же масс за вычетом массы углекислого газа. Обозначим за  $x$  моль количество вещества исходного HCl, тогда масса раствора HCl будет равна  $\frac{x \cdot 36,5}{0,365} = 100x$ . Запишем

уравнения реакций с учетом прореагировавших и образовавшихся веществ, выразим массу раствора HCl, исходя из массы конечного раствора, и приравняем ее к  $100x$ :



$$\text{Прореагировало: } 0,25 \quad 0,25 \text{ стало: } 0,25 \quad 0,2 \quad x - 0,25$$



$$\text{Прореагировало: } x - 0,25 \quad x - 0,25 \text{ стало: } x - 0,25 \quad x - 0,25 \quad 0,5 - x$$

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

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

$$100x = 22,4 + 44x; x = \frac{22,4}{56} = 0,4.$$

Полученное значение количества HCl удовлетворяет второму предположению.

3) Определяем массовые доли веществ в конечном растворе:

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

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

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

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

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

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

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

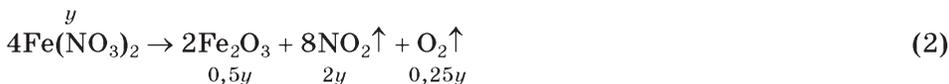
Такого количества хлороводорода не хватит на то, чтобы обе реакции прошли до конца, поэтому третье предположение неверно.

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

Пример 56. В сосуд емкостью 2,8 л, заполненный аргоном при н. у. поместили 70,8 г смеси карбоната железа(II) и нитрата железа(II). Сосуд закрыли и нагрели до высокой температуры. После охлаждения и приведения к н. у. масса твердого остатка составила 39,2 г. Определите массовые доли солей в исходной смеси и объемные доли газов в конечной газовой смеси.

Решение:

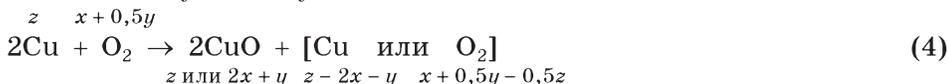
1) Обозначим количество вещества карбоната железа за  $x$  моль и количество вещества нитрата железа за  $y$  моль ( $116x + 180y = 70,8$ ) и запишем уравнения происходящих химических реакций:



Из условия задачи невозможно сразу определить, какой из двух реагентов в реакции (3) был в избытке, а какой — в недостатке, поэтому необходимо проверить оба варианта.

2) Предположим, что кислород в реакции (3) оказался в избытке, тогда твердый остаток полностью состоит из  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  и его количество равняется  $0,5x + 0,5y$  и  $(0,5x + 0,5y) \cdot 160 = 39,2$ . Составим систему уравнений и найдем  $x$  и  $y$ :





Условия задачи не позволяют сразу определить, какой из реагентов в реакции (3) находится в избытке, а какой — в недостатке, поэтому необходимо просчитать оба варианта.

- 2) Предположим, что медь была в избытке, тогда кислород был поглощен полностью и оставшийся газ — NO, а твердый остаток содержит серебро, нитрит калия, медь и оксид меди.

$$n(\text{NO}_2) = \frac{5,6}{22,4} = 0,25 \text{ моль } (x = 0,25);$$

$$m(\text{NO}) = 0,25 \cdot 30 = 7,5 \text{ г.}$$

В этом случае масса твердого остатка должна быть равна разнице между массой исходной смеси и массой NO:  $43,8 - 7,5 = 36,3 \text{ г}$ . Это противоречит условию задачи, поэтому необходимо перейти ко второму варианту.

- 3) Если в избытке в реакции (4) был кислород, то оставшийся газ был смесью NO и O<sub>2</sub>, а твердый остаток содержит серебро, нитрит калия и оксид меди:

$$\begin{cases} x + x + 0,5y - 0,5z = 0,25 & x = 0,1, \\ 170x + 101y + 64z = 43,6 & y = 0,2, \\ 108x + 85y + 80z = 35,8 & z = 0,1. \end{cases}$$

- 4) Определяем массовые доли веществ в исходной смеси:

$$m(\text{AgNO}_3) = 170 \cdot 0,1 = 17 \text{ г};$$

$$m(\text{KNO}_3) = 101 \cdot 0,2 = 20,2 \text{ г};$$

$$m(\text{Cu}) = 64 \cdot 0,1 = 6,4 \text{ г};$$

$$\omega(\text{AgNO}_3) = \frac{17}{43,6} = 0,3899;$$

$$\omega(\text{KNO}_3) = \frac{20,2}{43,6} = 0,4633;$$

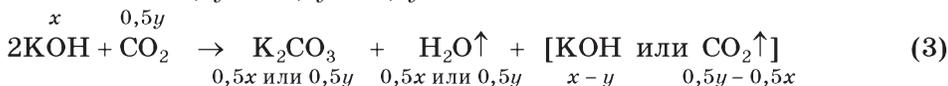
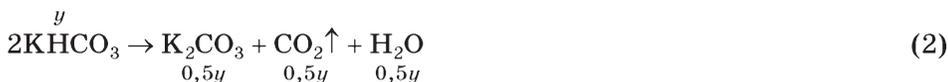
$$\omega(\text{Cu}) = \frac{6,4}{43,6} = 0,1468.$$

Ответ:  $\omega(\text{AgNO}_3) = 38,99\%$ ;  $\omega(\text{KNO}_3) = 46,33\%$ ;  $\omega(\text{Cu}) = 14,68\%$ .

Пример 58. 27,4 г свежеприготовленной смеси моногидрата гидроксида калия и гидрокарбоната калия нагревали в закрытом сосуде при 300 °С, затем его открыли. Масса сухого вещества после этих операций уменьшилась на 6,7 г. Определите состав (в массовых долях) раствора, образующегося при растворении тех же количеств исходных веществ в 72,6 мл воды.

Решение:

- 1) Обозначим количество вещества гидроксида калия за  $x$  моль и количество вещества гидрокарбоната калия за  $y$  моль. Запишем уравнения реакций, происходящих при нагревании:



Если в реакции (3) в избытке была щелочь, то изменение массы твердого вещества связано только с потерей воды, если же в избытке был  $\text{CO}_2$ , то 6,7 г включают в себя и воду, и оставшийся  $\text{CO}_2$ .

- 2) Допустим, что щелочь в избытке, составим систему уравнений и найдем  $x$  и  $y$ :

$$\begin{cases} 74x + 100y = 27,4 \\ x + y = \frac{6,7}{18} \end{cases} \quad \left| \begin{array}{l} x = 0,377, \\ y = -0,005. \end{array} \right.$$

$y$  получился отрицательный, поэтому такой вариант невозможен.

- 3) Найдем неизвестные в том варианте, когда в уравнении (3) в избытке  $\text{CO}_2$ :

$$n(\text{выделившейся воды}) = x + 0,5y + 0,5x = 1,5x + 0,5y;$$

$$m(\text{выделившейся воды}) = (1,5x + 0,5y) \cdot 18 = 27x + 9y;$$

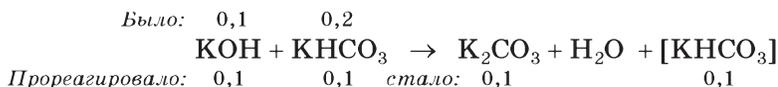
$$n(\text{выделившегося } \text{CO}_2) = 0,5y - 0,5x;$$

$$m(\text{выделившегося } \text{CO}_2) = 22y - 22x.$$

$$\text{Изменение массы} = 27x + 9y + 22y - 22x = 5x + 31y$$

$$\begin{cases} 74x + 100y = 27,4 \\ 5x + 31y = 6,7 \end{cases} \quad \left| \begin{array}{l} x = 0,1, \\ y = 0,2. \end{array} \right.$$

- 4) Запишем уравнение реакции, происходящей при растворении веществ в воде, обозначив количества реагирующих и образующихся веществ, и рассчитаем состав полученного раствора:



$$m(\text{конечного раствора}) = 27,4 + 72,6 = 100 \text{ г};$$

$$\omega(\text{K}_2\text{CO}_3) = \frac{0,1 \cdot 138}{100} = 0,138;$$

$$\omega(\text{KHCO}_3) = \frac{0,1 \cdot 100}{100} = 0,1.$$

Ответ:  $\omega(\text{K}_2\text{CO}_3) = 13,8\%$ ;  $\omega(\text{KHCO}_3) = 10\%$ .

Пример 59. В 250 мл воды растворили 40 г смеси трех солей и туда же добавили раствор кислоты с массовой долей последней 15%, при этом наблюдалось выделение газа с запахом тухлых яиц. Полученный раствор имел кислую реакцию среды, и плотность его составляла 1,05 г/мл. Определите молярные концентрации веществ в конечном растворе, если известно, что массовые доли ионов магния, кальция, калия и хлорид-ионов в нем были одинаковы, а концентрация бромид-ионов превышала концентрацию иодид-ионов.

Решение:

- 1) Если равны массовые доли веществ в одном растворе, то равны и их массы. Обозначим массы ионов магния, кальция, калия и хлорид-ионов через  $x$  г и выразим их количества вещества:

$$n(\text{Mg}^{2+}) = \frac{x}{24} = 0,0417x; \quad n(\text{Ca}^{2+}) = \frac{x}{40} = 0,025x;$$

$$n(\text{K}^+) = \frac{x}{39} = 0,0256x; \quad n(\text{Cl}^-) = \frac{x}{35,5} = 0,0282x.$$

Из сравнения количеств ионов хлора и ионов металлов ясно, что ни одна из исходных солей не могла быть хлоридом. Следовательно, кислотой была HCl, а солями были бромид, иодид и, судя по выделению сероводорода, сульфид или гидросульфид. Сравнивая количества вещества ионов металлов с количеством вещества ионов хлора, и учитывая кислотность полученного раствора (HCl должна быть в избытке по отношению к сульфиду или гидросульфиду), можно сделать вывод, что одной из солей был гидросульфид или сульфид калия. Ионов магния в растворе больше, чем ионов кальция, поэтому двумя другими солями были бромид магния и иодид кальция. Задача имеет два решения: если соль была гидросульфидом и если соль была сульфидом. Ниже приводится решение для гидросульфида.

- 2) Определяем  $x$ . Для этого выражаем через  $x$  массы солей и приравниваем их сумму к общей массе.

$$m(\text{KHS}) = 0,0256x \cdot 72 = 1,84x;$$

$$m(\text{MgBr}_2) = 0,0417x \cdot 184 = 7,67x;$$

$$m(\text{CaI}_2) = 0,025x \cdot 294 = 7,35x;$$

$$1,84x + 7,67x + 7,35x = 40; \quad 16,86x = 40; \quad x = 2,37 \text{ г.}$$

- 3) Находим количества вещества исходных соединений, записываем уравнение реакции и находим количества веществ в конечном растворе:

$$n(\text{KHS}) = 0,0256x = 0,0256 \cdot 2,37 = 0,0607 \text{ моль};$$

$$n(\text{MgBr}_2) = 0,0417x = 0,0417 \cdot 2,37 = 0,0988 \text{ моль};$$

$$m(\text{CaI}_2) = 0,025x = 0,025 \cdot 2,37 = 0,0593 \text{ моль};$$

$$n(\text{HCl}) = 0,0282x = 0,0282 \cdot 2,37 = 0,0668 \text{ моль.}$$

Было: 0,0607 0,0668



Прореагировало: 0,0607 0,0607 стало: 0,0607 0,0607 0,0061

- 4) Находим объем конечного раствора и рассчитываем молярные концентрации веществ в нем:

$$m(\text{раствора HCl}) = \frac{0,0668 \cdot 36,5}{0,15} = 16,3 \text{ г};$$

$$m(\text{конечного раствора}) = 250 + 40 + 16,3 - 0,0607 \cdot 34 = 304,2 \text{ г};$$

$$V(\text{конечного раствора}) = \frac{304,2}{1,05} = 290 \text{ мл} = 0,29 \text{ л};$$

$$c(\text{MgBr}_2) = \frac{0,0988}{0,29} = 0,341 \text{ моль/л};$$

$$c(\text{CaI}_2) = \frac{0,0593}{0,29} = 0,204 \text{ моль/л};$$

$$c(\text{HCl}) = \frac{0,0061}{0,29} = 0,021 \text{ моль/л};$$

$$c(\text{KCl}) = \frac{0,0607}{0,29} = 0,209 \text{ моль/л}.$$

Ответ:  $c(\text{MgBr}_2) = 0,341$  моль/л;  $c(\text{CaI}_2) = 0,204$  моль/л;  
 $c(\text{HCl}) = 0,021$  моль/л;  $c(\text{KCl}) = 0,209$  моль/л.

## 2.7. Составление материального баланса

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

Пример 60. Некоторое количество соли органической кислоты сожгли в 3,136 л (н. у.) кислорода. После приведения продуктов сгорания к н. у. выделилось 2,52 г воды и осталось 2,912 л газовой смеси, которую пропустили через избыток раствора гидроксида кальция, в результате чего выпало 8 г осадка. Предложите структурную формулу соли, если известно, что оставшаяся азотно-кислородная смесь имеет плотность по водороду 15,2.

Решение:

- 1) Судя по условиям задачи, исходная соль содержала углерод, водород, кислород и азот. Пересчитываем все массы и объемы на количества веществ и записываем уравнения химических реакций:

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

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

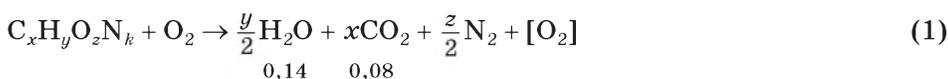
$$n(\text{H}) = 0,14 \cdot 2 = 0,28 \text{ моль};$$

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

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

$$n(\text{C}) = 0,08 \text{ моль}.$$

Представим формулу органического вещества как  $\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z\text{N}_k$ :



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

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

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

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

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

$$\begin{cases} a + b = 0,05 \\ 28a + 32b = 1,52 \end{cases} \quad \left| \begin{array}{l} a = 0,02, \\ b = 0,03 \end{array} \right.$$

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

$$n(\text{N}) = 0,04 \text{ моль};$$

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

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

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

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

- 4) Определяем формулу вещества:

$$x : y : z : k = 0,08 : 0,28 : 0,08 : 0,04 = 2 : 7 : 2 : 1.$$

Формула вещества —  $\text{C}_2\text{H}_7\text{O}_2\text{N}$ . Это ацетат аммония  $\text{CH}_3\text{COONH}_4$  или формиат метиламмония  $\text{HCOONH}_3\text{CH}_3$ .

Ответ:  $\text{CH}_3\text{COONH}_4$  или  $\text{HCOONH}_3\text{CH}_3$

Пример 61. 5,35 г соли органической кислоты сожгли в 6,44 л кислорода (н. у.). В результате этого образовались 4,05 г воды и газовая смесь с плотностью по воздуху 1,317. При пропускании этой газовой смеси через избыток раствора гидроксида бария ее объем уменьшился на 54,54%. После пропускания оставшейся газовой смеси над избытком раскаленной меди и приведения к н. у. объем последней уменьшился в 5 раз и остался газ с плотностью по водороду 14. Определите возможную структурную формулу сожженной соли.

Решение:

1) Проводим предварительные расчеты:

$$n(\text{исходного кислорода}) = \frac{6,44}{22,4} = 0,2875 \text{ моль};$$

$$m(\text{исходного кислорода}) = 0,2875 \cdot 32 = 9,2 \text{ г};$$

$$n(\text{H}_2\text{O}) = \frac{4,05}{18} = 0,225 \text{ моль}; \quad n(\text{H}) = 0,225 \cdot 2 = 0,45 \text{ моль};$$

$$M_{\text{ср.}}(\text{газовой смеси}) = 1,317 \cdot 29 = 38,19 \text{ г/моль}.$$

$$M(\text{оставшегося в конце газа}) = 14 \cdot 2 = 28 \text{ г/моль} \text{ — это } \text{N}_2.$$

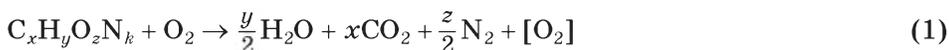
2) Составляем уравнение материального баланса на массы взятых и полученных веществ:

$$m(\text{сожженного вещества}) + m(\text{исходного кислорода}) = m(\text{H}_2\text{O}) + m(\text{газовой смеси});$$

$$m(\text{газовой смеси}) = 5,35 + 9,2 - 4,05 = 10,5 \text{ г};$$

$$n(\text{газовой смеси}) = \frac{10,5}{38,19} = 0,275 \text{ моль}.$$

3) Представим исходную соль как  $\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z\text{N}_k$ . Записываем уравнения реакций и рассчитываем количества вещества С и N:



$$n(\text{CO}_2) = 0,275 \cdot 0,5454 = 0,15 \text{ моль}; \quad n(\text{C}) = 0,15 \text{ моль};$$

$$n(\text{N}_2 + \text{O}_2) = 0,275 - 0,15 = 0,125 \text{ моль};$$

$$n(\text{N}_2) = \frac{0,125}{5} = 0,025 \text{ моль}; \quad n(\text{N}) = 0,025 \cdot 2 = 0,05 \text{ моль};$$

$$n(\text{оставшегося O}_2) = 0,125 - 0,025 = 0,1 \text{ моль};$$

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

$$n(\text{O в исходном веществе}) = 0,225 + 0,15 \cdot 2 + 0,1 \cdot 2 - 0,2875 \cdot 2 = 0,15 \text{ моль}.$$

4) Определяем формулу вещества:

$$x : y : z : k = 0,15 : 0,45 : 0,15 : 0,05 = 3 : 9 : 3 : 1. \text{C}_3\text{H}_9\text{O}_3\text{N}.$$

Возможная формула:  $\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{COONH}_4$  (аммонийная соль молочной кислоты, лактат аммония).

Ответ:  $\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{COONH}_4$  (аммонийная соль молочной кислоты).

Пример 62. 78,46 г кристаллогидрата неизвестной соли, состоящей из трех элементов, смешали с серной кислотой и прокалили. При этом выделились пары воды и осталось 81,9 г сухого остатка, содержащего по массе 31,5% исходной безводной соли, 26% сульфата натрия и оксид элемента(VI) с массовой долей кислорода 20,7%. Определите формулу исходного кристаллогидрата.

Решение:

1) Определяем неизвестный элемент:

$$M(\text{ЭO}_3) = \frac{48}{0,207} = 232 \text{ г/моль};$$

$$M(\text{Э}) = 232 - 48 = 184 \text{ г/моль. Элемент — вольфрам.}$$

2) Судя по образовавшимся продуктам, исходное соединение содержало натрий, вольфрам и кислород. Запишем схему происходящих химических превращений:



3) Рассчитаем состав сухого остатка:

$$m(\text{Na}_x\text{W}_y\text{O}_z) = 81,9 \cdot 0,315 = 25,8 \text{ г};$$

$$m(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 81,9 \cdot 0,26 = 21,3 \text{ г};$$

$$m(\text{WO}_3) = 81,9 - 25,8 - 21,3 = 34,8 \text{ г};$$

$$n(\text{Na}_2\text{SO}_4) = \frac{21,3}{142} = 0,15 \text{ моль.}$$

$$n(\text{Na}) = 0,15 \cdot 2 = 0,3 \text{ моль}; \quad n(\text{WO}_3) = \frac{34,8}{232} = 0,15 \text{ моль.}$$

$$n(\text{W}) = 0,15 \text{ моль.}$$

4) Рассчитаем массу серной кислоты, составим уравнение материального баланса на массы взятых и образовавшихся веществ и определим массу и количество вещества кристаллизационной воды:

$$n(\text{H}_2\text{SO}_4) = n(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 0,15 \text{ моль};$$

$$m(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,15 \cdot 98 = 14,7 \text{ г};$$

$$m(\text{кристаллогидрата}) + m(\text{H}_2\text{SO}_4) = m(\text{H}_2\text{O}) + m(\text{сухого остатка});$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 78,46 + 14,7 - 81,9 = 11,26 \text{ г};$$

$$n(\text{H}_2\text{O}) = \frac{11,26}{18} = 0,6256 \text{ моль.}$$

Найденное значение включает в себя кристаллизационную воду и воду, образовавшуюся в результате реакции безводной соли с серной кислотой. Поскольку серной кислоты было 0,15 моль, воды из нее образовалось тоже 0,15 моль.

$$n(\text{кристаллизационной воды}) = 0,6256 - 0,15 = 0,4756 \text{ моль};$$

$$m(\text{кристаллизационной воды}) = 0,4756 \cdot 18 = 8,56 \text{ г.}$$

- 5) Находим массу безводной соли, вступившей в реакцию с серной кислотой, количество вещества кислорода в ней и определяем формулу безводной соли:

$$m(\text{исходной безводной соли}) = 78,46 - 8,56 = 69,9 \text{ г};$$

$$m(\text{безводной соли, вступившей в реакцию с серной кислотой}) = 69,9 - 25,8 = 44,1 \text{ г};$$

$$m(\text{O в безводной соли, вступившей в реакцию с серной кислотой}) = 44,1 - 0,3 \cdot 23 - 0,15 \cdot 184 = 9,6 \text{ г};$$

$$n(\text{O в безводной соли, вступившей в реакцию с серной кислотой}) = \frac{9,6}{16} = 0,6 \text{ моль};$$

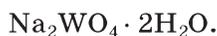
$$x : y : z = 0,3 : 0,15 : 0,6 = 2 : 1 : 4. \text{ Na}_2\text{WO}_4.$$

- 6) Находим формулу кристаллогидрата:

$$M(\text{Na}_2\text{WO}_4) = 294 \text{ г/моль};$$

$$n(\text{Na}_2\text{WO}_4 \text{ в исходном кристаллогидрате}) = \frac{69,9}{294} = 0,2378 \text{ моль};$$

$$n = \frac{n(\text{кристаллизационной воды})}{n(\text{Na}_2\text{WO}_4)} = \frac{0,4756}{0,2378} = 2.$$



Ответ:  $\text{Na}_2\text{WO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ .

Пример 63. 11,6 г кристаллогидрата двойной неорганической соли растворили в 40 мл концентрированного раствора гидроксида натрия с плотностью 1,4 г/мл и нагрели. При этом выделилось 1,12 л газа (н. у.), образовалось 2,25 г осадка гидроксида металла(II), в котором массовая доля металла составляет 62,22%, и остался раствор, содержащий оставшийся гидроксид натрия и 11,01% (по массе) сульфата натрия. Определите формулу кристаллогидрата.

Решение:

- 1) Определяем металл:

$$M(\text{OH})_2. \omega(\text{OH}^-) = 1 - 0,6222 = 0,3778;$$

$$M(\text{Me}(\text{OH})_2) = \frac{17 \cdot 2}{0,3778} = 90 \text{ г/моль};$$

$$M(\text{Me}) = 90 - 34 = 56 \text{ г/моль. Металл — железо.}$$

2) Единственный газ, который может выделяться при нагревании неорганической соли со щелочью, — аммиак. Судя по продуктам реакции, исходная двойная соль содержала катионы аммония и железа(II) и сульфат-анионы. Запишем схему химической реакции и рассчитаем массу оставшегося раствора:



$$n(\text{NH}_3) = \frac{1,12}{22,4} = 0,05 \text{ моль}; \quad m(\text{NH}_3) = 0,05 \cdot 17 = 0,85 \text{ г};$$

$$m(\text{кристаллогидрата}) + m(\text{раствора щелочи}) = m(\text{NH}_3) + m(\text{оставшегося раствора}) + m(\text{Fe}(\text{OH})_2);$$

$$m(\text{оставшегося раствора}) = 11,6 + 40 \cdot 1,4 - 0,85 - 2,25 = 64,5 \text{ г}.$$

3) Определяем формулу безводной двойной соли:

$$n(\text{Fe}(\text{OH})_2) = \frac{2,25}{90} = 0,025 \text{ моль}; \quad n(\text{Fe}) = 0,025 \text{ моль};$$

$$m(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 64,5 \cdot 0,1101 = 7,1 \text{ г};$$

$$n(\text{Na}_2\text{SO}_4) = \frac{7,1}{142} = 0,05 \text{ моль}; \quad n(\text{SO}_4^{2-}) = 0,05 \text{ моль};$$

$$x : y : z = 0,05 : 0,025 : 0,05 = 2 : 1 : 2. \quad (\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2.$$

4) Находим формулу кристаллогидрата:

$$M((\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2) = 284 \text{ г/моль};$$

$$n((\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2) = n(\text{Fe}) = 0,025 \text{ моль};$$

$$m((\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2) = 284 \cdot 0,025 = 7,1 \text{ г};$$

$$m(\text{кристаллизационной воды}) = 11,6 - 7,1 = 4,5 \text{ г};$$

$$n(\text{кристаллизационной воды}) = \frac{4,5}{18} = 0,25 \text{ моль};$$

$$n = \frac{0,25}{0,025} = 10. \quad (\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 10\text{H}_2\text{O}.$$

Ответ:  $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ .

Уравнения материального баланса могут составляться также и на количество вещества электронов, переносимых от восстановителя к окислителю в окислительно-восстановительном процессе. При этом задача может быть решена и без написания уравнений химических реакций. Покажем это на приведенном ниже примере.

Пример 64. Определите объемные отношения газов: газа, выделившегося при растворении образца сплава бериллия с алюминием в водном растворе КОН, и кислорода, пошедшего на полное окисление такого же образца сплава вдвое большей массы.

Решение:

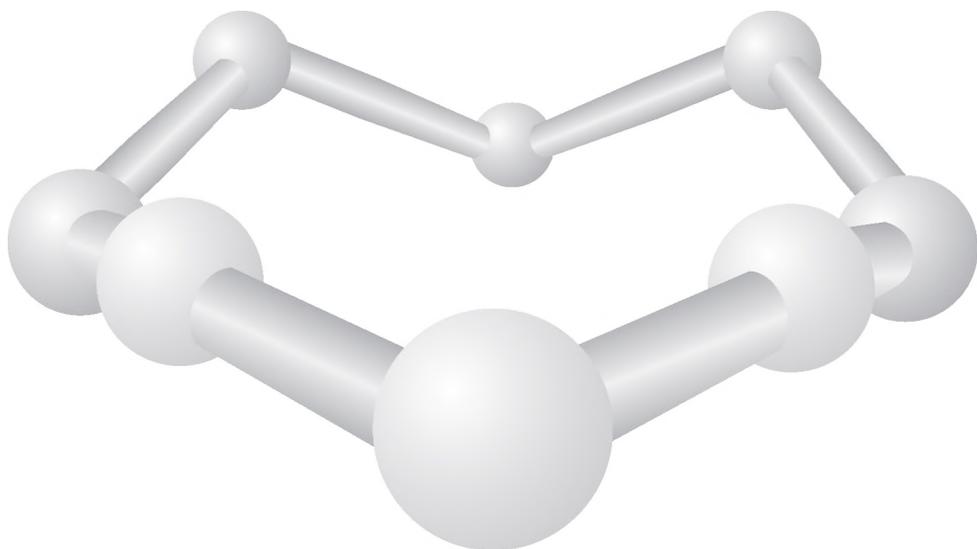
- 1) Примем количество вещества бериллия за 1 моль, а количество вещества алюминия за  $x$  моль. В этом случае количество вещества электронов, которое потеряет эта смесь с учетом степеней окисления металлов, будет равно  $2 + 3x$  моль.
- 2) При растворении в щелочи эти металлы выделяют  $H_2$ , следовательно,  $n(H_2) = \frac{2+3x}{2}$  моль, так как на восстановление одного моль водорода требуется 2 моль электронов.
- 3) Сплав вдвое большей массы потеряет в два раза больше электронов, т. е.  $2(2 + 3x)$  моль.  $n(O_2) = \frac{2(2+3x)}{4} = \frac{2+3x}{2}$  моль, так как на восстановление одного моль кислорода требуется 4 моль электронов.
- 4) Соотношение объемов для газов равно соотношению их количеств, следовательно

$$V(H_2) : V(O_2) = \frac{2+3x}{2} : \frac{2+3x}{2} = 1 : 1.$$

Ответ:  $V(H_2) : V(O_2) = 1 : 1$ .

**ЧАСТЬ II**  
**КОНКУРСНЫЕ ЗАДАЧИ**

---



## ЗАДАЧИ ВСТУПИТЕЛЬНЫХ ЭКЗАМЕНОВ И ОЛИМПИАД ПО ХИМИИ, ПРОВОДИМЫХ В РНИМУ

---

---

В предыдущей главе вы познакомились с различными приемами, использующимися в решении сложных задач. Пришла пора приступить к самостоятельной работе. Ниже приведены задачи, которые составлялись для вступительных экзаменов по химии в РНИМУ (с 2000 г. до их отмены) и химических олимпиад, проводимых университетом совместно с РХТУ им. Д. И. Менделеева (2009–2011 гг.). Обратите внимание на выделенные звездочкой задачи. Их разбор вы найдете в части III. Тем, кто не чувствует уверенности, будет полезно вначале разобрать приведенное решение, а затем попробовать решить аналогичные задачи. Остальным читателям будет полезно сравнить собственное решение с решением, предложенным в сборнике. Возможно, они будут различаться. Успешной работы!

### 3.1. Газы

1. Воздух пропустили над раскаленным углем. Определите плотность полученной газовой смеси (н. у.), если при этом ее объем увеличился на 5%, а при пропускании смеси через избыток раствора щелочи ее объем уменьшился на 10%. Считать, что воздух состоит из 20% кислорода и 80% азота по объему.
2. 100 л метана (н. у.) смешали с избытком водяного пара и пропустили над никелевым катализатором. Определите выход паровой конверсии метана и объем образовавшейся газовой смеси (после приведения ее к н. у.), если известно, что этой газовой смесью можно восстановить 768 г меди из ее оксида(II). Восстановительными свойствами метана пренебречь.
3. При пропускании метана через раскаленную трубку с фильтром произошло частичное его разложение, и масса трубки увеличилась на 2,4 г. Определите объем взятого метана (н. у.), если полученная газовая смесь имеет плотность по водороду 4,2, а ее объем больше объема исходного метана на 66,67%, и она способна обесцвечивать бромную воду.
4. Сосуд емкостью 5,6 л при н. у. заполнили метаном, затем нагрели до высокой температуры, в результате чего произошло частичное разложение метана. Определите массу образовавшейся сажи, если известно, что после приведения к н. у. объем полученной газовой смеси оказался в 1,6 раза больше объема ис-

ходного метана, эта газовая смесь обесцвечивает бромную воду и имеет плотность по воздуху 0,2931.

5. Смесь метана с кислородом, имеющую плотность 0,9286 г/л (н. у.), пропустили через реактор для получения ацетилена. Определите выход ацетилена в расчете на исходный метан, если образовавшаяся газовая смесь после конденсации паров воды и приведения к н. у. содержала только  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{CH}_4$  и  $\text{C}_2\text{H}_2$ , а ее объем по сравнению с исходной смесью увеличился на 10%. Реакцией образования сажи пренебречь.
6. Смесь некоторого количества триметиламина с избытком кислорода подожгли. После приведения к н. у. объем газовой смеси уменьшился на 36,67%, а ее масса — на 3,24 г. Определите объемный состав (в литрах) исходной и конечной газовых смесей.
7. Избыток кислорода смешали с триметиламином, подожгли и продукты сгорания привели к н. у. Определите объемные составы исходной и конечной газовых смесей (в литрах), если известно, что масса конечной газовой смеси уменьшилась на 12,96 г, а объем стал меньше на 32,35% массы и объема исходной газовой смеси.
8. Избыток кислорода смешали с триметиламином, подожгли и продукты сгорания привели к н. у. Определите объемные составы исходной и конечной газовых смесей (в литрах), если известно, что масса исходной газовой смеси оказалась на 8,1 г, а объем на 63,7% больше массы и объема конечной газовой смеси соответственно.
9. Смесь диметиламина с избытком кислорода подожгли и продукты сгорания привели к н. у. Определите объемный состав исходной и конечной газовых смесей (в литрах), если известно, что масса исходной газовой смеси была на 6,3 г, а ее объем — на 60% больше массы и объема конечной газовой смеси соответственно.
10. Некоторый объем кислорода смешали с 5,6 л азота (н. у.) и пропустили через озонатор, при этом объем газовой смеси уменьшился на 9,1%, а ее плотность стала равна 1,482 г/л (н. у.). Определите объем взятого кислорода.
11. Некоторое количество метиламина сожгли в 33,6 л (н. у.) кислорода и после приведения к н. у. полученную газовую смесь пропустили через озонатор, в результате чего ее объем уменьшился на 4%, а плотность по водороду стала равной 18,4. Определите массу взятого метиламина и объемную долю озона в конечной газовой смеси.
12. 11,2 л аммиака (н. у.) сожгли в избытке кислорода, образовавшуюся смесь газов привели к н. у. и пропустили через озона-

тор, после чего плотность полученной газовой смеси по аргону стала равна 0,9. Определите объем взятого кислорода (н. у.) и объемную долю озона в конечной газовой смеси, если известно, что объем газовой смеси до озонирования был на 16,667% больше конечного объема.

13. 8,96 л (н. у.) метиламина сожгли в избытке кислорода. Полученную газovou смесь привели к н. у. и пропустили через озонатор, причем оказалось, что ее плотность при этом увеличилась на 4,17% и стала равной 1,643 г/л (н. у.). Определите исходный объем кислорода и объемные доли веществ в конечной газовой смеси.
14. Аммиачно-кислородную смесь с плотностью 1,194 г/л (н. у.) пропустили над платино-родиевым катализатором. Полученную смесь веществ при небольшом нагревании выдерживали в закрытом сосуде до прекращения химических реакций, затем охладили. Определите массовые доли веществ в сосуде после охлаждения, если считать, что каталитическое окисление аммиака прошло с выходом 100%.
15. Смесь кислорода с аммиаком, в которой массовая доля кислорода составляла 73,85%, пропустили над платино-родиевым катализатором. Полученную смесь веществ выдерживали в закрытом сосуде до прекращения всех химических реакций. Определите массовые доли веществ в образовавшемся растворе, если в первом процессе в реакцию вступает только 75% аммиака и не образуется никаких побочных продуктов.
16. Смесь этена и пропена с плотностью по водороду 17 при обычной температуре в темноте обработали избытком брома. Органические продукты реакции при нагревании растворили в 169,5 г раствора гидроксида калия с плотностью 1,13 г/мл и концентрацией щелочи 3 моль/л. После окончания всех реакций массовая доля щелочи уменьшилась до 4,841%. Рассчитайте объем исходной газовой смеси (н. у.) и массовые доли веществ в полученном растворе.
- 17.<sup>а</sup> 8,96 л смеси этена и пропена (н. у.) с плотностью по кислороду 1,039 смешали с избытком хлороводорода. После окончания всех реакций полученную смесь обработали при нагревании 168 г водного раствора гидроксида натрия с плотностью 1,2 г/мл и молярной концентрацией щелочи 5 моль/л. В результате получили раствор, в котором массовая доля щелочи оказалась в 4,157 раз меньше, чем в исходном растворе. Определите массовые доли веществ в конечном растворе.
18. 250 мл смеси азота, водорода и метана смешали с 500 мл (н. у.) кислорода и взорвали. После приведения к н. у. объем газовой

смеси составил 387,5 мл, а после пропускания ее через избыток раствора щелочи он уменьшился до 262,5 мл. Определите состав исходной газовой смеси в % по объему. Все объемы измерены при н. у.

- 19.** К 100 мл смеси метана, метиламина и азота добавили 250 мл кислорода и полученную смесь газов взорвали. После охлаждения и конденсации воды объем смеси составил 240 мл, а после пропускания ее через избыток раствора гидроксида натрия он уменьшился до 180 мл. Определите объемный состав (в мл) исходной газовой смеси. Все объемы измерены при н. у.
- 20.** 10 объемов смеси азота, метиламина и этана смешали с 21 объемом кислорода и подожгли. После приведения к н. у. была получена смесь трех газов с равными молярными концентрациями. Определите массовые и объемные доли газов в исходной смеси.
- 21.** Смесь метиламина, аммиака и метана при н. у. смешали с двойным объемом кислорода и подожгли. После приведения к н. у. объем полученной газовой смеси по сравнению с исходной смесью четырех газов уменьшился на 54,17%. Полученную смесь газов пропустили через избыток раствора щелочи, в результате чего ее объем уменьшился на 36,36% и осталось 175 мл (н. у.) смеси двух газов с плотностью по водороду 15,143. Определите массовые доли и молярные концентрации веществ в исходной газовой смеси.
- 22.** 2,016 л (н. у.) смеси метиламина, диметилового эфира и метана сожгли в избытке кислорода. Образовавшуюся смесь веществ обработали 60 г раствора гидроксида натрия с плотностью 1,2 г/мл и концентрацией щелочи 6 моль/л, после чего массовая доля щелочи уменьшилась до 3,466%. Не поглощенная щелочью смесь газов имела объем 896 мл (н. у.) и плотность по водороду 15,5. Определите состав исходной газовой смеси в объемных процентах.
- 23.** Смесь азота, метиламина и этана смешали с двойным объемом кислорода и подожгли. После приведения к н. у. была получена смесь трех газов с равными молярными концентрациями. Определите массовые и объемные доли газов в исходной смеси.
- 24.** После пропускания смеси этилена и водорода над никелевым катализатором плотность газа возросла на 25%. Полученный газ не обесцвечивает бромную воду. Определите объемные доли веществ в исходной и конечной смеси газов.
- 25.** Через водный раствор брома пропустили 43,6 г газовой смеси, состоящей из бутана, пропена и 2-метилпропена. В реакцию всту-

пило 56 г брома. Определить состав исходной газовой смеси в объемных процентах, если ее плотность составляла 2,433 г/л (н. у.).

- 26.** Продукты полного сгорания смеси пропана и метиламина в избытке кислорода пропустили через избыток раствора гидроксида бария, в результате чего образовалось 13,79 г осадка. Не поглощенные при этом газы пропустили над раскаленной медью. После этого приведенный к н. у. объем газа стал в 2,5 раза меньше объема исходной смеси пропана и метиламина (н. у.). Определите массовые доли веществ в исходной смеси газов.
- 27.** Смесь метана, ацетилена и водорода пропустили над никелевым катализатором, при этом объем газовой смеси уменьшился на 40%, причем полученная газовая смесь не обесцвечивает раствор перманганата калия. На полное сжигание полученной смеси потребовался объем кислорода, вдвое больший ее объема. Определите состав исходной смеси газов (в массовых долях). Все объемы измерены при одинаковых условиях.
- 28.** Смесь ацетилена, этилена и водорода с плотностью по водороду 4,4 имеет массовую долю водорода как элемента 25%. Определите состав смеси (в процентах по объему) после пропускания ее над никелевым катализатором. Выход в реакциях гидрирования считать 100%.
- 29.** Газовая смесь, состоящая из водорода, оксида углерода(II) и этена, имеет плотность по водороду 7,5. Определите состав этой смеси в процентах по объему, если известно, что на сжигание одного объема этой смеси требуется 1,125 объема кислорода (н. у.).
- 30.** Смесь этана, пропена и формальдегида подвергли полному гидрированию, при этом объем этой смеси оказался на 30% больше объема израсходованного водорода. Определите массовые доли газов в исходной смеси, если известно, что при растворении продуктов сгорания смеси, полученной в результате гидрирования, в 38,4 мл раствора гидроксида натрия с концентрацией щелочи 7,8125 моль/л и плотностью 1,25 г/мл образовался раствор, содержащий 12,72 г карбоната натрия и гидроксид натрия с массовой долей 4,2395%.
- 31.** На полное гидрирование смеси этана, пропена и формальдегида потребовался объем водорода, на 23,08% меньший объема этой смеси. При растворении продуктов сгорания образовавшейся в результате гидрирования смеси веществ в 38,4 мл раствора гидроксида натрия с массовой долей щелочи 25% и плотностью 1,25 г/мл образовался раствор, содержащий гидроксид натрия с массовой долей 4,2395% и карбонат натрия массой 12,72 г. Определите молярные концентрации газов в исходной смеси (н. у.)

- 32.** Смесь метана, ацетилен и формальдегида с избытком водорода нагревали в присутствии катализатора до полного гидрирования исходных веществ, в результате чего объем газовой смеси уменьшился на 35% (объемы измерены при 200 °С и атмосферном давлении). На сжигание полученной смеси потребовалось 24,08 л кислорода (н. у.). Образовавшиеся продукты сгорания растворили в 215 мл раствора гидроксида калия с массовой долей щелочи 25% и плотностью 1,25 г/мл. Определите объемные доли газов в исходной смеси, если известно, что в образовавшемся растворе содержатся гидроксид калия с массовой долей 1,78% и карбонат калия массой 75,9 г.
- 33.<sup>34</sup>** Один и тот же сосуд при н. у. поочередно заполняли тремя различными неорганическими газами, при этом сосуд каждый раз взвешивали, и его масса составляла 466; 482 и 467 г соответственно. Плотность второго газа по третьему равна 1,8824, а плотность третьего газа по кислороду равна 1,0625. Взвешенные газы смешали между собой и нагрели. Определите массы веществ в полученной смеси, если известно, что исходные газы включали в себя три элемента.
- 34.** Один и тот же сосуд при н. у. поочередно заполняли тремя различными неорганическими газами, при этом сосуд каждый раз взвешивали и его масса составляла 571,2; 545,6 и 547,2 г соответственно. Плотность второго газа по третьему равна 0,9412, а плотность третьего газа по аммиаку равна 2. Взвешенные газы смешали между собой и нагрели. Определите массы веществ в полученной смеси, если известно, что исходные газы включали в себя три элемента.
- 35.** Два из трех газов (сероводород, водород и кислород) смешали и получили газовую смесь, плотность которой оказалась равной плотности оставшегося газа. Полученную газовую смесь вместе с равным ей объемом третьего газа под давлением поместили в замкнутый сосуд емкостью 4 л, содержащий азот при н. у., и нагревали при 600 °С до окончания химических реакций, затем постепенно охладили. Определите массы веществ, содержащихся в сосуде после охлаждения, если известно, что плотность газовой смеси в сосуде перед нагреванием равнялась 9,25 г/л.
- 36.** Этиловый спирт, полученный с выходом 90% брожением 250 г глюкозы, нагрели с концентрированной серной кислотой. При этом остался водный раствор, содержащий только серную кислоту, и получилась смесь газа и паров двух органических веществ, имеющая плотность по азоту 1,62. Определите состав этой смеси в массовых долях, если известно, что при охлаждении вышеуказанной газопаровой смеси до 20 °С получили 78,65 мл жидкости с плотностью 0,74 г/мл.

- 37.** 24 г пропанола-2 смешали с 50 г концентрированной серной кислоты. Полученную смесь нагрели до высокой температуры, при этом выделилась газопаровая смесь, имеющая плотность по воздуху 1,3793, и осталось 50 г жидкости, не содержащей органических веществ. Рассчитайте массы каждого из трех образовавшихся органических веществ, учитывая, что 5% исходного вещества подверглось изомеризации, а 15% не прореагировало.
- 38.** 55 г концентрированной серной кислоты смешали с 36 г пропанола-2. Полученную смесь нагрели до высокой температуры, при этом выделилась газопаровая смесь, имеющая плотность по азоту 1,4286, и осталось 30 мл жидкости с плотностью 1,833 г/мл, не содержащей органических веществ. Рассчитайте массы каждого из трех образовавшихся органических веществ, учитывая, что 15% исходного вещества не вступило в реакцию, а 5% его подверглось изомеризации.
- 39.** В герметичный сосуд объемом 560 мл при 0 °С поместили некоторое количество тимина, сосуд вакуумировали и заполнили под давлением избытком кислорода. Органическое вещество подожгли. После полного сгорания вещества сосуд охладили до 0 °С. Давление в сосуде оказалось на 5% больше исходного, а после открытия сосуда при н. у. из него вышло 4,144 л газа. Определите массу сожженного тимина и объемные доли газов в образовавшейся смеси.
- 40.** В герметичный сосуд при 0 °С поместили 7,2 г насыщенной одноосновной карбоновой кислоты, сосуд вакуумировали и заполнили под давлением избытком кислорода. Органическое вещество подожгли. После полного сгорания вещества сосуд охладили до 0 °С. Давление в сосуде оказалось на 18,75% меньше исходного, а плотность газа в сосуде не изменилась. Определите объем взятого кислорода (н. у.) и объемные доли газов в образовавшейся смеси.
- 41.** В герметичный сосуд при 0 °С поместили некоторое количество насыщенного сложного эфира одноосновной карбоновой кислоты, сосуд вакуумировали и заполнили под давлением избытком кислорода. Органическое вещество подожгли. После полного сгорания вещества сосуд охладили до 0 °С. В сосуде сконденсировалось 7,2 г воды, абсолютная плотность газа в сосуде не изменилась, а относительная плотность, измеренная по воздуху, составила 1,358. Определите объем взятого кислорода (н. у.) и объёмные доли газов в образовавшейся смеси.
- 42.** В герметичный сосуд емкостью 1 л при 0 °С поместили некоторое количество цитозина, сосуд вакуумировали и заполнили под давлением избытком кислорода. Органическое вещество

подожгли. После полного сгорания вещества сосуд охладили до 0 °С. Давление в сосуде оказалось на 8% больше исходного и составило 2,419 атм. Определите массу сожженного цитозина и объемные доли газов в образовавшейся смеси.

43. В герметичный сосуд емкостью 0,56 л при 0 °С поместили некоторое количество серина, сосуд вакуумировали и заполнили под давлением избытком кислорода. Органическое вещество подожгли. После полного сгорания вещества сосуд охладили до 0 °С. Давление в сосуде составило 14,4 атм, а относительная плотность газа в сосуде увеличилась на 23,63%. Определите массу сожженного серина и объемные доли газов в образовавшейся смеси.
44. В герметичный сосуд емкостью 1,12 л при 0 °С поместили некоторое количество валина, сосуд вакуумировали, заполнили под давлением избытком кислорода и взвесили. Масса сосуда оказалась равна 920,3 г. Органическое вещество подожгли. После полного сгорания вещества сосуд охладили до 0 °С, давление газа в сосуде оказалось на 15% меньше исходного. Сосуд открыли и опять взвесили. Масса его оказалась равной 905,23 г. Определите массу сожженного валина и объемные доли газов в образовавшейся смеси.
45. В герметичный сосуд при 0 °С поместили некоторое количество насыщенного альдегида, сосуд вакуумировали и заполнили под давлением избытком кислорода. Органическое вещество подожгли. После полного сгорания вещества сосуд охладили до 0 °С. В сосуде сконденсировалось 21,6 г воды, абсолютная плотность газа в сосуде не изменилась, а относительная плотность, измеренная по азоту, составила 1,394. Определите объем взятого кислорода (н. у.) и объемные доли газов в образовавшейся смеси.
46. В герметичный сосуд при 0 °С поместили 21,6 г ненасыщенного одноатомного спирта, содержащего одну двойную связь, сосуд вакуумировали и заполнили под давлением избытком кислорода. Органическое вещество подожгли. После полного сгорания вещества сосуд охладили до 0 °С. Давление в сосуде оказалось на 18% меньше исходного, а плотность газа в сосуде не изменилась. Определите объем взятого кислорода (н. у.) и объемные доли газов в образовавшейся смеси.

## 3.2. Растворы и смеси

### 3.2.1. Растворение простых веществ

47. При растворении 25,6 г меди в 134,65 мл раствора азотной кислоты с плотностью 1,31 г/мл выделилось 8,96 л (н. у.) смеси газов. При выпаривании полученного раствора и конденсации

выделяющихся паров было получено 78 мл раствора азотной кислоты с плотностью 1,084 г/мл и массовой долей кислоты 14,9%. Определите массовую долю азотной кислоты в исходном растворе и массовые доли веществ в остатке после выпаривания, если известно, что он состоял из смеси тригидрата и гексагидрата нитрата меди.

48. 11,2 г железа растворили в 129 мл раствора серной кислоты с массовой долей кислоты 20% и плотностью 1,14 г/мл. Раствор охладили до 10 °С, при этом из него выпало 13,9 г семиводного кристаллогидрата сульфата железа и остался раствор с плотностью 1,21 г/мл. Определите массовые доли и молярные концентрации веществ в конечном растворе.
49. Некоторое количество меди растворили при нагревании в 70 мл раствора серной кислоты с массовой долей кислоты 80% и плотностью 1,4 г/мл, в результате чего выделилось 3,36 л газа (н. у.). Полученный раствор охладили, при этом из него выпало некоторое количество медного купороса и остался раствор с плотностью 1,35 г/мл, в котором концентрация сульфат-ионов составила 9,976 моль/л. Определите массу осадка и массовые доли веществ в конечном растворе.
50. При растворении 19,2 г меди в 100 мл раствора азотной кислоты с массовой долей кислоты 50% и плотностью 1,44 г/мл выделилось 8,96 л смеси двух газов (н. у.). Определите массовые доли веществ в образовавшемся растворе.
51. При растворении некоторого количества меди в 120 мл 50%-ной (по массе) азотной кислоты с плотностью 1,44 г/мл выделилось 8,96 л смеси двух газов (н. у.) с плотностью по воздуху 1,448. Определите массу растворенной меди и массовые доли веществ в конечном растворе.
52. При растворении 32 г меди в 219,1 мл раствора азотной кислоты с плотностью 1,278 г/мл выделилась смесь газов с плотностью 1,8155 г/л (н. у.). При выпаривании полученного раствора и конденсации выделяющихся паров было получено 133,06 мл раствора азотной кислоты с плотностью 1,11 г/мл и массовой долей кислоты 17,06%. Определите массовую долю азотной кислоты в исходном растворе и массовые доли веществ в остатке после выпаривания, если известно, что он состоял из смеси тригидрата и гексагидрата нитрата меди.
53. Некоторое количество серебра растворили в 122,5 мл раствора азотной кислоты с массовой долей кислоты 50% и плотностью 1,44 г/мл, при этом выделилось 8,96 л смеси двух газов с плотностью 1,875 г/л (н. у.). Определите массу растворившегося серебра и массовые доли веществ в конечном растворе.

- 54.** В 140 мл азотной кислоты с массовой долей кислоты 50% и плотностью 1,44 г/мл растворили некоторое количество серебра. При этом выделилось 6,72 л (н. у.) газовой смеси с плотностью по воздуху 1,402. Определите массовые доли веществ в полученном растворе.
- 55.** Некоторое количество серебра растворили в 96,2 мл раствора азотной кислоты с массовой долей кислоты 50% и плотностью 1,31 г/мл, при этом выделилось 4,48 л смеси газов (н. у.) и остался раствор, в котором массовая доля азотной кислоты составила 18,2%. Определите массу растворенного серебра и состав выделившейся смеси газов (в литрах).
- 56.** Какой объем раствора гидроксида калия с массовой долей щелочи 34% и плотностью 1,37 г/мл потребуется для растворения кремния, получившегося в результате длительного прокаливания смеси 19,8 г магния с 18,9 г оксида кремния(IV)?
- 57.** Раствор очень разбавленной азотной кислоты с плотностью 1,02 г/мл разделили на три равные части, к каждой из которых добавили образцы Mg, Ca и Zn равной массы. Определите молярные концентрации веществ в полученных растворах, если известно, что в результате растворения магния было получено 922 мл раствора с плотностью 1,025 г/мл, а суммарная молярная концентрация ионов в этом растворе была на 20% меньше соответствующей концентрации ионов в исходном растворе азотной кислоты. Изменениями объема растворов в результате реакций пренебречь.
- 58.** Раствор очень разбавленной азотной кислоты с плотностью 1,0267 г/мл разделили на три равные части, к каждой из которых добавили образцы Mg, Ca и Zn равной массы. Определите молярные концентрации веществ в полученных растворах, если известно, что в каждом из них массы соли с наименьшей молярной массой оказались различными. При растворении кальция было получено 605,8 мл раствора с плотностью 1,04 г/мл, а суммарная молярная концентрация ионов в этом растворе была на 25% меньше соответствующей концентрации ионов в исходном растворе азотной кислоты. Изменениями объема растворов в результате реакций пренебречь.

### 3.2.2. Растворение сложных веществ

- 59.** Какую массу оксида серы(VI) надо растворить в растворе серной кислоты с массовой долей кислоты 98%, чтобы получить 100 г олеума, в котором содержание серы как элемента составляет 34,96%? Какова массовая доля оксида серы(VI) в этом олеуме?

- 60.** При обжиге 4,465 т руды, содержащей сульфид железа(II), пирит и 14% неокисляющихся примесей, образовалось 3,825 т твердого остатка. Какой объем раствора серной кислоты с массовой долей кислоты 95% и плотностью 1,8 г/мл можно получить из выделившихся при обжиге газов?
- 61.** Фосфор, полученный восстановлением 221,4 кг фосфорита, содержащего 30% примесей, сожгли в избытке кислорода, и продукт сгорания растворили в 138,6 л аммиачной воды с массовой долей аммиака 20% и плотностью 0,92 г/мл. Определите массовые доли веществ в полученном растворе.
- 62.** Рассчитайте массовые доли веществ в растворе, образующемся при добавлении к 200 мл раствора фосфата калия с массовой долей соли 20% и плотностью 1,06 г/мл такого количества оксида фосфора(V), при растворении которого в 50 г раствора фосфорной кислоты ее массовая доля увеличивается с 20% до 69%.
- 63.** Газ, образовавшийся в результате прокаливания 29,2 г смеси гидрокарбоната натрия и карбоната меди, количественно прореагировал с 200 мл водного раствора с массовой долей фенолята натрия 10% и плотностью 1,16 г/мл. Определите массу остатка после прокаливания.
- 64.** 64,85 г смеси карбонатов меди и свинца прокалили. Выделившийся газ пропустили через 212,1 мл раствора гидроксида калия с массовой долей щелочи 12% и плотностью 1,1 г/мл. Определите массы веществ в исходной смеси солей, если известно, что массовая доля кислой соли в полученном растворе равна 8,04%.
- 65.** Смесь хлороводорода с углекислым газом пропускали в 69,76 г раствора гидроксида калия с концентрацией щелочи 2,5 моль/л и плотностью 1,09 г/мл, в результате чего был получен раствор с равными молярными концентрациями трех солей. Определите объем пропущенного газа (н. у.) и массовые доли веществ в полученном растворе.
- 66.** Газ, полученный в результате обжига пирита, растворили в 136,4 мл раствора гидроксида натрия с массовой долей щелочи 8% и плотностью 1,1 г/мл, после чего образовался раствор с равными молярными концентрациями кислой и средней соли. Определите массу взятого пирита, если известно, что выход в процессе обжига составил 80%.
- 67.** Газ, образовавшийся в результате нагревания железа в избытке концентрированной серной кислоты, пропустили через 14,79 мл раствора сульфата калия с плотностью 1,08 г/мл и массовой долей соли 17,8%. При этом образовался раствор с

равными молярными концентрациями двух солей. Определите массу прореагировавшего железа и массовые доли веществ в конечном растворе.

- 68.<sup>2\*</sup>** В 50 мл метанола (плотность 0,79 г/мл) растворили такое количество лития, что массовая доля алкоголята в полученном растворе составила 36,28%. К полученному раствору добавили 20 мл воды и пропустили в него 6,72 л оксида углерода(IV) (н. у.). Определите массовые доли веществ в конечной смеси.
- 69.** Газ, выделившийся в результате спиртового брожения 100 г глюкозы, пропустили через 704,8 мл известковой воды с массовой долей гидроксида кальция 8% и плотностью 1,05 г/мл. Осадок отделили от раствора и прокалили. Определите массовую долю вещества в полученном растворе и массу остатка после прокаливания. Выход в реакции брожения глюкозы составляет 90%.
- 70.** Массовая доля водорода как элемента в смеси метана и метиламина составляет 22,1%. Какой объем этой смеси (н. у.) нужно пропустить через 43,75 мл 20%-ной (по массе) серной кислоты с плотностью 1,4 г/мл, чтобы всю кислоту перевести в кислую соль?
- 71.<sup>\*</sup>** Некоторое количество фенилового эфира уксусной кислоты нагревали с 177,6 г раствора гидроксида натрия с плотностью 1,11 г/мл и молярной концентрацией щелочи 2,5 моль/л. После окончания всех химических реакций массовая доля щелочи уменьшилась до 2,02%. В полученный раствор пропускали углекислый газ до насыщения. Определите объем поглотившегося углекислого газа и массовые доли веществ в конечном растворе. Растворимостью углекислого газа пренебречь.
- 72.** 10,5 г фенилового эфира пропионовой кислоты нагревали с раствором гидроксида калия с плотностью 1,11 г/мл и молярной концентрацией щелочи 2,5 моль/л. После окончания всех химических реакций массовая доля щелочи уменьшилась до 3,384%. В полученный раствор пропускали углекислый газ до насыщения. Определите объем поглотившегося углекислого газа и массовые доли веществ в конечном растворе. Растворимостью углекислого газа пренебречь.
- 73.** 67,86 г бензола обработали нитрующей смесью. После обработки получилось два слоя: органический, содержащий нитробензол и не прореагировавший бензол, и водный, массой 123 г, содержащий 18% азотной кислоты, 61% серной кислоты и 21% воды (по массе). Вычислите массовые доли веществ в исходной нитрующей смеси, если выход в реакции нитрования составил 70%.

- 74.\*** 31,2 г бензола перемешивали с 127,66 мл раствора с плотностью 1,41 г/мл, содержащего азотную (массовая доля 40,25%) и серную (массовая доля 45%) кислоты. Через некоторое время раствор кислот отделили, причем массовая доля серной кислоты в нем достигла 48%. В этот раствор пропустили 67,2 л аммиака (н. у.), в результате чего плотность раствора уменьшилась до 1,17 г/мл. Определите выход нитробензола в расчете на исходный бензол и молярные концентрации веществ в конечном неорганическом растворе. Концентрацию аммиака рассчитывать на  $\text{NH}_3$ .
- 75.** 100 г бензола обработали 150 мл смеси азотной и серной кислот с плотностью 1,6 г/мл и массовой долей серной кислоты 50%. После окончания реакции массовая доля серной кислоты в неорганическом слое увеличилась до 61,54%. Органический слой подвергли восстановлению в присутствии железных стружек и соляной кислоты, причем выход в этой реакции составил 80%. Определите массу полученного продукта и выход его в расчете на исходный бензол, учитывая, что на первой стадии образуется только мононитропроизводное.
- 76.** После обработки 64,4 г толуола смесью растворов азотной и серной кислот образовалась смесь моно- и динитротолуола. Определите выход каждого из двух продуктов нитрования в расчете на исходный толуол, если известно, что масса раствора смеси кислот после проведения нитрования уменьшилась на 45 г.
- 77.** Некоторое количество толуола обработали 200 мл смеси растворов азотной и серной кислот с плотностью 1,5 г/мл и массовой долей серной кислоты 60%. В результате было получено 77,5 г смеси нитротолуола и динитротолуола, причем массовая доля серной кислоты в неорганическом слое увеличилась до 67,04%. Определите массу взятого толуола.
- 78.\*** 97,2 г целлюлозы обработали раствором, содержащим азотную (массовая доля 40%) и серную (массовая доля 50%) кислоты. Определите массы образовавшихся динитрата и тринитрата целлюлозы, если известно, что массовая доля серной кислоты в растворе при этом увеличилась до 58,33%, а масса азотной кислоты в нем уменьшилась до 100,8 г.
- 79.** 48,6 г целлюлозы обработали 252 г раствора, содержащего азотную (массовая доля 40%) и серную (массовая доля 50%) кислоты. Определите массы образовавшихся динитрата и тринитрата целлюлозы, если известно, что массовая доля серной кислоты в растворе при этом увеличилась до 58,33%.
- 80.** 121,5 г целлюлозы обработали раствором, содержащим азотную (массовая доля 50%) и серную (массовая доля 40%) кислоты.

Определите массы образовавшихся динитрата и тринитрата целлюлозы, если известно, что массовая доля серной кислоты в растворе при этом увеличилась до 49,805%, а масса азотной кислоты в нем уменьшилась до 89,75 г.

- 81.** Ароматический углеводород массой 26,5 г обработали 198 г водного раствора серной (молярная концентрация 8,4 моль/л) и азотной (молярная концентрация 10,6 моль/л) кислот с плотностью 1,65 г/мл, в результате чего была получена смесь двух органических продуктов (изомеры считать за один продукт), в которой молярное соотношение атомов углерода, водорода и азота составляло 4 : 4,3 : 0,7. Определите выход каждого из полученных продуктов и массовые доли кислот в оставшемся растворе, учитывая, что органические вещества в растворе кислот не растворяются.
- 82.** Газообразный алкан смешали с хлором и полученную смесь облучали ультрафиолетовым светом. Через некоторое время свет выключили. К этому моменту объем газовой смеси уменьшился на одну треть и выделилось 34,85 г смеси двух жидких продуктов (изомеры считать за один продукт), в которой молярное соотношение атомов углерода, водорода и хлора составляло 12 : 27 : 5. Оставшаяся газовая смесь имела плотность по водороду 23,03. Определите выход каждого из двух жидких продуктов в расчете на исходный углеводород.
- 83.** В ароматическом углеводороде растворили некоторое количество брома и раствор облучали ультрафиолетовым светом до тех пор, пока оба исходных вещества не прореагировали полностью. В полученной смеси двух органических продуктов молярное соотношение атомов углерода, водорода и брома составляло 21 : 15,5 : 8,5. Определите массы исходных веществ и выход каждого из двух полученных продуктов, если известно, что при пропускании образующегося в результате реакций газа через 397,9 мл раствора карбоната натрия с массовой долей соли 12% и плотностью 1,11 г/мл из последнего выделилось 7,84 л оксида углерода(IV) (н. у.).
- 84.** Через суспензию хлорида алюминия в ароматическом углеводороде пропускали смесь азота с хлором. Выходящую из реакционного сосуда смесь трех газов продували через охлажденный раствор гидроксида калия с массовой долей щелочи 15% и плотностью 1,14 г/мл объемом 327,5 мл. После прекращения пропускания газов в реакционном сосуде содержалась смесь двух органических продуктов (изомеры считать за один продукт) массой 26,99 г, в которой молярное отношение атомов углерода, водорода и хлора составляло 3,2 : 2,1 : 1,9, а в промывном сосуде с гидроксидом калия массовая доля хлорида

калия достигла 11,19%. Определите массу хлора в исходной газовой смеси и выходы образовавшихся органических продуктов в расчете на исходное органическое соединение.

- 85.** В 200 мл раствора натриевой соли глицина с массовой долей соли 9,7% и плотностью 1 г/мл пропустили 6,72 л хлороводорода (н. у.). Рассчитайте массовые доли веществ в полученном растворе.
- 86.** 18,9 г хлоруксусной кислоты обработали 22,67 мл водного раствора с массовой долей аммиака 25% и плотностью 0,9 г/мл. К полученной смеси добавили 46,98 мл раствора гидроксида натрия с массовой долей щелочи 20% и плотностью 1,22 г/мл и нагрели. Определите объем выделившегося газа и массовые доли веществ в растворе, оставшемся после нагревания. Потери воды при нагревании пренебречь.
- 87.** 27,12 г  $\alpha$ -хлорпропионовой кислоты растворили в 100 мл водного раствора аммиака с массовой долей 10% и плотностью 0,952 г/мл. После окончания реакции полученный раствор обработали 145,4 мл раствора гидроксида натрия с массовой долей щелочи 10% и плотностью 1,1 г/мл и нагрели. Определите объем выделившегося при этом газа и состав оставшегося раствора в массовых долях. Потери воды при нагревании пренебречь.
- 88.** В 100 мл раствора аммиака с плотностью 0,95 г/мл растворили 14,175 г хлоруксусной кислоты. После окончания химических реакций к полученному раствору добавили 90,91 мл раствора гидроксида натрия с массовой долей щелочи 10% и плотностью 1,1 г/мл и нагревали до окончания выделения газа. Определите массовую долю аммиака в исходном растворе и массовые доли веществ в оставшемся растворе, если известно, что при нагревании выделилось 4,48 л газа (н. у.).
- 89.** 28,35 г хлоруксусной кислоты растворили в 50 мл раствора аммиака с плотностью 0,9 г/мл. После окончания химических реакций к полученному раствору добавили 50 мл раствора гидроксида натрия с массовой долей щелочи 40% и плотностью 1,4 г/мл и нагревали до окончания выделения газа. Определите массовую долю аммиака в исходном растворе и массовые доли веществ в оставшемся растворе, если известно, что при нагревании выделилось 8,96 л газа (н. у.).
- 90.** В 100 мл раствора аммиака с массовой долей растворенного вещества 26,4% и с плотностью 0,9 г/мл растворили некоторое количество хлоруксусной кислоты. После окончания химических реакций к полученному раствору добавили 100 мл раствора гидроксида калия с массовой долей щелочи 40% и

плотностью 1,4 г/мл и нагревали до окончания выделения газа. Определите массу взятой хлоруксусной кислоты и массовые доли веществ в оставшемся растворе, если известно, что при нагревании выделилось 17,92 л газа (н. у.).

### 3.2.3. Растворение сплавов и смесей

- 91.** 8,85 г сплава магния с алюминием растворили в 84,75 мл раствора соляной кислоты с массовой долей хлороводорода 36,5% и плотностью 1,18 г/мл, в результате чего выделилось 9,52 л газа (н. у.). К полученному раствору добавили 486 мл раствора гидроксида калия с массовой долей щелочи 11% и плотностью 1,1 г/мл. Выпавший осадок удалили. Определите массовые доли веществ в конечном растворе. Растворимость гидроксида магния в воде пренебречь.
- 92.** 47 г смеси оксида фосфора(V) и фосфата натрия, в которой массовая доля фосфора как элемента 26,38%, растворили в 500 мл воды. Определите массовые доли веществ в полученном растворе.
- 93.** 81,4 г смеси оксида фосфора(V) и фосфата калия, в которой массовая доля кислорода как элемента 39,346%, растворили в 1 л воды. Определите массовые доли веществ в полученном растворе.
- 94.** Смесь карбоната калия и сульфита натрия при нагревании обработали избытком серной кислоты. Выделившуюся смесь привели к н. у. и газы пропустили через 135 г раствора гидроксида калия с концентрацией 0,2 моль/л и плотностью 1,08 г/мл, в результате чего образовался раствор с равными массовыми долями трех солей. Определите массу исходной смеси солей и объем выделившихся газов (н. у.).
- 95.<sup>а</sup>** Смесь двух из трех веществ (медь, карбонат натрия, сульфит лития) массой 63 г обработали избытком концентрированной серной кислоты. Определите состав выделившегося при этом газа (в процентах по объему), если известно, что при обработке образца третьего вещества такой же массы выделился такой же объем газа. Все объемы измерены при одинаковых условиях.
- 96.** Два из трех веществ (магний, карбид кальция, карбонат кальция) смешали и эту смесь обработали таким объемом соляной кислоты с массовой долей хлороводорода 10%, который содержит количество хлороводорода в 2,5 раза больше общего количества веществ в смеси. Определите массовые доли веществ в образовавшемся растворе, если известно, что при действии такого же количества соляной кислоты на образец третьего вещества, масса которого равна 9,6 г и равна массе смеси, выделился такой же объем газа.

- 97.** Смесь двух из трех веществ (сера, карбонат натрия, хлорид натрия) массой 17,55 г при нагревании обработали избытком концентрированной серной кислоты. Определите состав выделившегося при этом газа (в процентах по объему), если известно, что при обработке образца третьего вещества той же массы выделился такой же объем газа. Все объемы измерены при одинаковых условиях.
- 98.** 29,4 г смеси бензола с толуолом обработали 120 мл раствора смеси азотной и серной кислот с плотностью 1,5 г/мл и массовой долей серной кислоты 40%. После завершения реакций массовая доля серной кислоты в неорганическом слое увеличилась до 42,78%. Определите массовые доли веществ в исходной смеси углеводородов, если известно, что реакции протекают только до мононитропроизводных, а выходы в реакциях нитрования бензола и толуола составляют 70% и 80% соответственно.
- 99.** 24,8 г смеси бензола с толуолом, в которой массовая доля водорода как элемента 8,065%, обработали 60 мл раствора смеси азотной и серной кислот с плотностью 1,55 г/мл, в которой массовая доля серной кислоты составляла 60%. В результате чего массовая доля серной кислоты увеличилась до 67,54%, а содержание нитробензола в органическом слое составило 53,33% (по массе). Определите выходы в реакциях нитрования бензола и толуола, учитывая, что реакции в данных условиях идут только до мононитропроизводных.
- 100.** Продукты сгорания некоторого количества смеси этилбензола с его изомерами растворили в избытке раствора гидроксида бария. Масса раствора при этом уменьшилась на 34,02 г. Определите массовую долю этилбензола в исходной смеси, если известно, что на нейтрализацию органических продуктов окисления такого же количества этой смеси потребовалось 8 мл раствора гидроксида натрия с массовой долей щелочи 20% и плотностью 1,25 г/мл.
- 101.** Продукты сгорания некоторого количества смеси этилбензола с ксилолом растворили в избытке раствора гидроксида бария. Масса раствора при этом уменьшилась на 17,01 г. Определите массовую долю этилбензола в этой смеси, если известно, что на нейтрализацию органических продуктов окисления такого же количества этой смеси перманганатом калия потребовалось 7,21 мл раствора гидроксида натрия с массовой долей щелочи 12,5% и плотностью 1,11 г/мл.
- 102.** Смесь метиловых эфиров уксусной и пропионовой кислот массой 47,2 г обработали 83,4 мл раствора гидроксида натрия с плотностью 1,2 г/мл и массовой долей щелочи 40%. Определит-

те массовые доли эфиров в исходной смеси, если известно, что гидроксид натрия, оставшийся после гидролиза эфиров, может поглотить максимально 8,96 л оксида углерода(IV) (н. у.).

- 103.** В результате этерификации 29,8 г смеси уксусной и пропионовой кислот избытком метанола образовалось 5,4 г воды и 23,6 г смеси сложных эфиров. На нейтрализацию полученной в результате реакции смеси потребовалось 55 мл раствора гидроксида натрия с массовой долей щелочи 10% и плотностью 1,09 г/мл. Определите выход каждого из образовавшихся сложных эфиров.
- 104.** 15,2 г смеси муравьиной и уксусной кислот этерифицировали избытком этанола, в результате чего образовалось 15,92 г смеси сложных эфиров и 3,6 г воды. Определите выход каждого из сложных эфиров в расчете на соответствующую кислоту, если известно, что на нейтрализацию полученной реакционной смеси потребовалось 17,92 мл раствора гидроксида калия с массовой долей щелочи 25% и плотностью 1,25 г/мл.
- 105.** На гидрирование 514,8 г жира, содержащего остатки только пальмитиновой и олеиновой кислот, потребовалось 26,88 л водорода (н. у.). Полученный жир при нагревании обработали 1,434 л раствора гидроксида натрия с массовой долей щелочи 5% и с плотностью 1,06 г/мл. Определите массовые доли веществ в полученной смеси.
- 106.** В результате полного гидрирования смеси жиров, содержащих только остатки пальмитиновой и линолевой кислот, было получено 788,4 г твердого вещества, при этом было затрачено 100,82 л водорода (н. у.). Полученное вещество при нагревании обработали 1,82 л раствора гидроксида натрия с массовой долей щелочи 10% и плотностью 1,1 г/мл. Определите массовые доли веществ в полученной смеси.
- 107.** Смесь фенола, метилакрилата и этилметакрилата массой 4,37 г обесцветила 198,1 мл бромной воды с массовой долей брома 5% и плотностью 1,05 г/мл. Полученные органические вещества нагревали с 54 мл водного раствора гидроксида натрия с массовой долей щелочи 10% и плотностью 1,111 г/мл до окончания всех химических реакций. Определите массовые доли веществ в конечном растворе, если известно, что массовая доля щелочи в нем составляла 1,9345%.
- 108.** 4,37 г смеси фенола, метилакрилата и этилметакрилата количественно прореагировали с 10,4 г брома. Полученные органические вещества нагревали с 54 мл водного раствора гидроксида натрия с массовой долей щелочи 10% и плотностью 1,111 г/мл до окончания всех химических реакций. Определите массовые

доли веществ в конечном растворе, если известно, что массовая доля щелочи в нем составляла 1,9345%.

- 109.** Смесь фенола и анилина полностью прореагировала с 480 г бромной воды с массовой долей брома 3%. На нейтрализацию продуктов реакции потребовалось 36,4 мл раствора гидроксида натрия с массовой долей щелочи 10% и плотностью 1,1 г/мл. Определите массовые доли веществ в исходной смеси.
- 110.** 4,42 г смеси фенола, анилина и стирола количественно прореагировали с 507 г бромной воды с массовой долей брома 3%. На нейтрализацию продуктов реакций потребовалось 27 мл раствора гидроксида натрия с массовой долей щелочи 12% и плотностью 1,11 г/мл. Определите массовые доли веществ в исходной смеси.
- 111.** Смесь метиламина и этиламина массой 19,7 г растворили в 157,33 г раствора хлорида магния с плотностью 1,18 г/мл и концентрацией соли 3 моль/л, в результате чего из раствора выпало 14,5 г осадка. Определите молярные доли веществ в исходной смеси и массовые доли веществ в полученном растворе.
- 112.** В результате нейтрализации всех продуктов маслянокислого брожения глюкозы раствором гидроксида натрия с массовой долей щелочи 40% был получен раствор, содержащий 10 г гидроксида натрия и имеющий массовую долю воды 53,35%. Определите выход масляной кислоты, если известно, что брожению подвергалось 750 мл раствора глюкозы с концентрацией 0,75 моль/л.
- 113.** Все продукты, образовавшиеся в результате маслянокислого брожения глюкозы, обработали 38 мл раствора гидроксида натрия с массовой долей щелочи 10% и плотностью 1,105 г/мл и получили раствор с массовой долей ионов натрия 4,817%. Определите массу глюкозы, подвергнувшейся брожению, и массовые доли веществ в конечном растворе.
- 114.** Некоторое количество глюкозы разделили на две равные части. Одну из них подвергли спиртовому, а другую — маслянокислому брожению. Продукты брожения объединили и обработали раствором гидроксида натрия с массовой долей щелочи 40%. После чего получили раствор с массовой долей воды 52,12%, содержащий 8,8 г гидроксида натрия. Определите массу взятой глюкозы и массовые доли веществ в конечном растворе, если известно, что реакция спиртового брожения прошла с выходом 80%, а реакция маслянокислого брожения — с выходом 40%.
- 115.** Продукты сгорания гуанина нагревали длительное время в замкнутом сосуде с избытком кальция до полного поглощения газообразных веществ и окончания всех химических реакций. Полученную твердую смесь растворили в 171,36 мл раствора

соляной кислоты с плотностью 1,08 г/мл и массовой долей хлороводорода 17,75%, в результате чего выделилось 2,8 л (н. у.) газовой смеси с плотностью по водороду, равной 3,4, и полученный раствор имел сильноокислую реакцию среды. Определите массу сгоревшего гуанина и массовые доли веществ в полученном растворе.

- 116.** Продукты сгорания цитозина нагревали длительное время в замкнутом сосуде с избытком кальция до полного поглощения газообразных веществ и окончания всех химических реакций. Полученную твердую смесь обработали 470 мл раствора серной кислоты с плотностью 1,112 г/мл и массовой долей 18,75%, в результате чего выделилось 9,52 л (н. у.) газовой смеси с плотностью по воздуху, равной 0,1858, и полученный раствор имел сильноокислую реакцию среды. Определите массу сгоревшего цитозина и массовые доли веществ в полученном растворе. Растворимость сульфата кальция пренебечь.
- 117.** Продукты сгорания лизина нагревали длительное время в замкнутом сосуде с избытком кальция до полного поглощения газообразных веществ и окончания всех химических реакций. Полученную твердую смесь растворили в 419,4 мл раствора уксусной кислоты с плотностью 1,03 г/мл и массовой долей 25%, в результате чего выделилось 10,528 л (н. у.) газовой смеси с плотностью по водороду, равной 2,685, и полученный раствор имел кислую реакцию среды. Определите массу сгоревшего лизина и массовые доли веществ в полученном растворе.
- 118.** Продукты сгорания глицина нагревали длительное время в замкнутом сосуде с избытком кальция до полного поглощения газообразных веществ и окончания всех химических реакций. Полученную твердую смесь растворили в 250 мл раствора муравьиной кислоты с плотностью 1,044 г/мл и массовой долей 40%, в результате чего выделилось 6,765 л (н. у.) газовой смеси с плотностью по азоту, равной 0,1736, и полученный раствор имел кислую реакцию среды. Определите массу сгоревшего глицина и массовые доли веществ в полученном растворе.
- 119.** Продукты сгорания аденина нагревали длительное время в замкнутом сосуде с избытком кальция до полного поглощения газообразных веществ и окончания всех химических реакций. Полученную твердую смесь растворили в 376,2 г раствора соляной кислоты с плотностью 1,045 г/мл и концентрацией хлороводорода 3,5 моль/л, в результате чего выделилось 4,144 л (н. у.) газовой смеси с плотностью по хлору, равной 0,1104, и полученный раствор имел сильноокислую реакцию среды. Определите массу сгоревшего аденина и массовые доли веществ в полученном растворе.

- 120.** Продукты сгорания капролактама нагревали длительное время в замкнутом сосуде с избытком кальция до полного поглощения газообразных веществ и окончания всех химических реакций. Полученную твердую смесь обработали небольшим избытком воды при нагревании, в результате чего выделилось 10,08 л (н. у.) газовой смеси с плотностью по воздуху, равной 0,2023. Определите массу сгоревшего капролактама и исходное количество кальция в сосуде.
- 121.** Продукты сгорания серина нагревали длительное время в замкнутом сосуде с избытком кальция до полного поглощения газообразных веществ и окончания всех химических реакций. Полученную твердую смесь обработали небольшим избытком воды при нагревании, в результате чего выделилось 2,016 л (н. у.) газовой смеси с объемной долей водорода 77,78%. Определите массу сгоревшего серина и исходное количество кальция в сосуде.
- 122.** Продукты сгорания ацетата аммония нагревали длительное время в замкнутом сосуде с избытком кальция до полного поглощения газообразных веществ и окончания всех химических реакций. Полученную твердую смесь обработали небольшим избытком воды при нагревании, в результате чего выделилось 5,152 л газовой смеси с объемной долей водорода 86,09%. Определите массу сгоревшего ацетата аммония и исходное количество кальция в сосуде.

### 3.2.4. Смешивание растворов

- 123.** Продукты сгорания смеси фосфина с сероводородом в избытке кислорода растворили в 100 мл воды. На полную нейтрализацию полученного раствора потребовалось 140 мл раствора гидроксида натрия с массовой долей щелочи 40% и плотностью 1,429 г/мл. Рассчитайте молярные концентрации веществ в исходной газовой смеси при н. у., если известно, что массовая доля воды в конечном растворе равна 68,358%.
- 124.** Рассчитайте массовые доли веществ в растворе, образующемся в результате сливания 64,55 мл раствора гидрофосфата натрия с массовой долей соли 20% и плотностью 1,1 г/мл с 62,67 мл раствора нитрата меди(II) с массовой долей соли 40% и плотностью 1,5 г/мл.
- 125.** Продукты сгорания 4,48 л фосфина (н. у.) растворили в 109 мл раствора гидроксида натрия с массовой долей щелочи 10% и плотностью 1,101 г/мл. К полученному раствору добавили 316 мл раствора нитрата меди(II) с массовой долей соли 20% и плотностью 1,19 г/мл. Рассчитайте массовые доли веществ в полученном растворе.

- 126.** В 100 г этанола растворили такое количество натрия, что массовая доля этилата натрия в полученном растворе стала 19,14%. К этому раствору добавили 90 мл 19,6%-ной (по массе) фосфорной кислоты с плотностью 1,111 г/мл. Определите массовые доли веществ в конечном растворе.
- 127.** В некотором количестве метанола растворили металлический натрий, при этом выделилось 2,8 л газа (н. у.). Полученный раствор, массовая доля метилата натрия в котором составила 20%, смешали с 68,18 мл раствора фосфорной кислоты с массовой долей кислоты 13,07% и плотностью 1,1 г/мл. Определите массовые доли веществ в конечном растворе.
- 128.** Некоторое количество лития растворили в 100 г метанола и получили раствор с массовой долей алкоголята 35,85%. К этому раствору добавили 100 мл воды и 41,3 г смеси оксида фосфора(V) и оксида серы(VI), в которой массовая доля кислорода как элемента составляла 58,11%. Определите массу растворенного лития и массовые доли веществ в конечном растворе, учитывая, что фосфат лития нерастворим, дигидрофосфат хорошо растворим, а гидрофосфат лития в растворе не существует.
- 129.** Некоторое количество лития растворили в 50 г метанола и получили раствор с массовой долей спирта 67,55%. К этому раствору добавили 80 мл воды и 15,2 г смеси высших оксидов фосфора и серы, в которой массовая доля кислорода как элемента составляет 58,278%. Определите массовые доли веществ в конечном растворе, учитывая, что фосфат лития нерастворим, дигидрофосфат хорошо растворим, а гидрофосфат лития в растворе не существует.
- 130.** Имелось два раствора: один — соляной кислоты, а другой — нитрата серебра. Один из этих растворов тремя равными порциями был добавлен ко второму. После добавления каждой из первых двух порций масса полученного раствора была равна массе второго раствора, а после добавления третьей увеличилась на 5,74%. Определите массовые доли веществ в исходных растворах, если известно, что в конечном растворе молярные концентрации ионов водорода и нитрат-ионов соотносились как 1,2 : 1.
- 131.** Имелось два раствора: один — нитрата ртути, а другой — сульфида калия. Один из этих растворов тремя равными порциями был добавлен ко второму. После добавления каждой из первых двух порции масса полученного раствора была равна массе второго раствора, а после добавления третьей увеличилась на 4,18%. Определите массовые доли веществ в исходных растворах, если известно, что в конечном растворе молярные концентрации ионов калия и нитрат-ионов соотносились как 1,14 : 1.

- 132.** 273,68 мл раствора нитрата ртути с плотностью 1,25 г/мл и массовой долей соли 19% разделили на две равные порции. После постепенного добавления при нагревании первой порции этого раствора к раствору гидросульфида лития масса полученного раствора оказалась равной массе одного из смешиваемых растворов. Затем полученный раствор таким же образом был добавлен во вторую порцию раствора нитрата ртути, после чего масса раствора увеличилась на 93,19%. Определите молярные концентрации веществ в растворах после добавления каждой из двух порций, если их плотности составляли 1,1 и 1,15 г/мл соответственно.
- 133.\*** В два стакана, каждый из которых содержал по 100 г раствора соляной кислоты с массовой долей кислоты 14,6%, добавили различные объемы раствора гидроксида натрия с молярной концентрацией щелочи 2 моль/л и плотностью 1,111 г/мл. При этом получили два раствора, в каждом из которых массовая доля соли составила 6%, после чего оба раствора смешали. Определите массовые доли веществ в конечном растворе.
- 134.** Раствор гидроксида калия с молярной концентрацией щелочи 1,5 моль/л и плотностью 1,07 г/мл разделили на две части, к каждой из которых добавили по 72,25 мл раствора азотной кислоты с массовой долей кислоты 0,16 и плотностью 1,09 г/мл. Молярная концентрация соли в каждом из полученных растворов оказалась равной 0,5 моль/л. Оба раствора смешали. Определите массовые доли веществ в конечном растворе. Изменениями объема растворов в результате протекания химических реакций пренебречь.
- 135.** Раствор серной кислоты с концентрацией кислоты 1,095 моль/л и плотностью 1,073 г/мл разделили на три равные части. К первой части добавили 56,6 мл раствора гидроксида натрия с массовой долей щелочи 12,5% и плотностью 1,131 г/мл и получили раствор с массовой долей соли 6,73%. Ко второй части добавили 200 мл такого же раствора щелочи и получили раствор с массовой долей соли 5,71%. Какой объем такого же раствора щелочи надо добавить к третьей части, чтобы получить раствор с массовой долей соли 8,77%? Какие еще вещества содержались в трех полученных растворах и каковы их массовые доли?
- 136.** Раствор гидроксида калия с концентрацией щелочи 1,5 моль/л и плотностью 1,07 г/мл разделили на три равные части. К первой части добавили 60 мл раствора бромоводорода с массовой долей 12% и плотностью 1,125 г/мл и получили раствор с массовой долей соли 6,819%. Ко второй части добавили 150 мл такого же раствора бромоводорода и получили раствор с мас-

совой долей соли 6,473%. Какой объем такого же раствора бромоводорода надо добавить к третьей части, чтобы получить раствор с массовой долей соли 8.57%? Какие еще вещества содержались в трех полученных растворах и каковы их массовые доли?

- 137.** К 100 мл раствора серной кислоты с плотностью 1,17 г/мл и молярной концентрацией кислоты 2,5 моль/л двумя равными порциями добавили раствор хлорида бария с массовой долей соли 20%. После добавления второй порции хлорида бария массовая доля хлороводорода в образовавшемся растворе составила 3,846%. Определите массовые доли веществ в растворе, полученном после добавления первой порции хлорида бария, если известно, что массовая доля хлороводорода в нем больше, чем после добавления второй порции.
- 138.** Раствор нитрата бария с молярной концентрацией соли 0,325 моль/л и плотностью 1,062 г/мл двумя равными порциями добавили к 161,4 мл раствора сульфата натрия с плотностью 1,2 г/мл и массовой долей соли 22%. После добавления второй порции массовая доля нитрата натрия в образовавшемся растворе составила 2,9%. Определите массовые доли веществ в растворе, полученном после добавления первой порции нитрата бария, если известно, что массовая доля нитрата натрия в нем больше, чем после добавления второй порции.
- 139.** Раствор сульфата меди с массовой долей соли 12% разделили на две неравные части. К каждой из них добавили по 88,6 мл раствора сульфида натрия с массовой долей соли 12% и плотностью 1,1 г/мл, после чего массовые доли сульфата натрия в образовавшихся растворах оказались равны и составили 5%. Определите молярные концентрации веществ, присутствующих в конечных растворах, если известно, что их плотности составляли 1,1 г/мл.
- 140.** Два раствора с массовой долей сульфата меди 16% были получены растворением в воде двух образцов медного купороса различной массы. К каждому из растворов добавили по 88,2 мл раствора сульфида калия с плотностью 1,1 г/мл и концентрацией соли 1,7 моль/л, после чего массовые доли сульфата калия в образовавшихся растворах оказались одинаковыми и составили 7,5%. Определите массы исходных образцов медного купороса.
- 141.** Раствор азотной кислоты с массовой долей кислоты 16% и плотностью 1,09 г/мл объемом 144,5 мл разделили на две равные части. В каждой из них медленно при перемешивании растворили различное количество кристаллической соды, после чего массовые доли нитрата натрия в полученных раство-

рах оказались одинаковыми и равными 13,6%. Определите молярные концентрации веществ в конечных растворах, если их плотность составляла 1,1 г/мл.

**142.** Раствор сульфида натрия смешали с раствором нитрата свинца, после чего масса образовавшегося раствора оказалась равной массе одного из исходных растворов. Определите массовые доли веществ в исходных и конечном растворах, если известно, что плотность конечного раствора равнялась 1,1 г/мл, а концентрации ионов натрия и нитрат-ионов в нем составляли 1,8 и 2,4 моль/л соответственно.

**143.** К некоторому количеству раствора нитрата ртути(II) добавили раствор гидрофосфата натрия и получили раствор, масса которого равна массе одного из исходных растворов. Определите массовые доли веществ, содержащихся в полученном и исходном растворах, если известно, что молярные концентрации ионов натрия и нитрат-ионов в конечном растворе относятся как 1 : 2, а массовая доля воды составляет 80,19%.

**144.** Некоторое количество раствора сульфата алюминия смешали с избытком насыщенного раствора гидрокарбоната бария и получили раствор, масса которого равна массе одного из исходных растворов. Полученный раствор отделили от осадка и кипятили до окончания химической реакции, конденсируя пары испаряющейся воды и возвращая ее в раствор. После охлаждения получили 1 л жидкости и 1,635 г твердого вещества. Определите массы исходных растворов и массовые доли веществ в них. Растворимость гидрокарбоната бария в этих условиях составляет 1,0 г на 100 г воды.

**145.** В результате растворения четырех различных солей в воде был получен раствор, в котором массовые доли ионов аммония, натрия и калия, а также сульфат-ионов оказались равны. Концентрация иодид-ионов составляла 0,2 моль/л, а концентрация нитрат-ионов более чем в 3,8 раза превышала концентрацию иодид-ионов. Определите массы солей, необходимые для приготовления 1 л такого раствора, если известно, что кроме перечисленных в растворе присутствовали ионы лития.

**146.** При растворении четырех различных солей в воде получили раствор, в котором массовые доли ионов кальция, калия, стронция и формиата оказались равны между собой. Концентрация трифторацетат-ионов составляла 0,1 моль/л и более чем в 2,1 раза превышала концентрацию бромид-ионов. Определите массы солей, необходимые для приготовления 0,5 л такого раствора, если известно, что кроме перечисленных в растворе присутствовали ионы лития и иодида.

- 147.** После растворения смеси трех различных солей в 250 г воды получили раствор с плотностью 1,05 г/мл и с равными массовыми долями ионов галогенида, лития и натрия. В полученном растворе молярная концентрация нитрат-ионов больше, чем ионов калия, а молярная концентрация ацетат-ионов равна 0,5 моль/л и меньше, чем молярная концентрация ионов калия. Определите массы исходных солей.
- 148.** В 100 г раствора кислоты с массовой долей кислоты 10% растворили некоторое количество газообразного амина, затем туда же добавили две соли и получили раствор, в котором массовые доли ионов хлорида, сульфата, иодида и алкиламмония равны между собой. Молярная концентрация ионов калия в нем была меньше молярной концентрации ионов натрия, а молярная концентрация ионов алкиламмония больше, чем молярная концентрация ионов натрия. Определите молярные концентрации веществ в полученном растворе, если известно, что плотность его равна 1,1 г/мл.
- 149.** В 15%-ном (по массе) растворе кислоты растворили некоторое количество амина, затем туда же добавили две соли и получили раствор с сильноокислой реакцией среды, в котором массовые доли ионов хлората, нитрата, иодида и алкиламмония равны между собой. Молярная концентрация ионов цезия в нем была меньше молярной концентрации ионов рубидия, а молярная концентрация ионов алкиламмония больше, чем молярная концентрация ионов рубидия. Определите молярные концентрации веществ в полученном растворе, если известно, что плотность его равна 1,1 г/мл.
- 150.** В 300 мл воды растворили 50 г смеси трех солей и туда же добавили раствор кислоты с массовой долей последней 20%, при этом наблюдалось выпадение осадка кремниевой кислоты. Полученный раствор имел кислую реакцию среды, и плотность его составляла 1,12 г/мл. Определите молярные концентрации веществ в конечном растворе, если известно, что массовые доли ионов калия, цезия, натрия и нитрата в нем были одинаковы, а концентрация бромид-ионов превышала концентрацию иодид-ионов.
- 151.** В раствор, содержащий только кислоту с массовой долей 8,1%, поочередно добавили две соли, 100 мл воды и щелочь, в результате чего образовался раствор с плотностью 1,19 г/мл, в котором молярная концентрация гидроксид-ионов составила 0,106 моль/л. Определите массу исходного раствора и массы добавленных в него веществ, если известно, что в конечном растворе массовые доли ионов бария, цезия, рубидия и нитрата равны между собой, а концентрация иодид-ионов больше концентрации хлорид-ионов.

- 152.** К раствору соли бария с массовой долей соли 15% добавили растворы нитрата и сульфата металлов с массовыми долями солей по 12%. Определите массовые доли веществ в образовавшемся растворе, если известно, что в нем содержатся ионы бария, а массовые доли ионов калия, натрия и хлорид-ионов одинаковы.
- 153.** Три соли, одна из которых была ацетатом металла, а вторая — солью серебра, смешали и полученную смесь растворили в десятикратном по массе количестве воды. В результате образовался раствор, в котором массовые доли ионов кальция, цезия и нитрат-ионов оказались одинаковы. Определите массовые доли веществ в исходной смеси солей и молярные концентрации веществ в полученном растворе, если известно, что полученный раствор содержал также бромид-ионы и имел плотность 1,05 г/мл.
- 154.**<sup>3</sup> Смешали равные массы растворов нитрата серебра и хлорида натрия. В полученном растворе суммарная массовая доля катионов оказалась равной суммарной массовой доле анионов. Определите массовые доли веществ в исходных растворах и молярные концентрации ионов в конечном растворе, если известно, что его масса была на 85,65% больше массы каждого из исходных растворов, а плотность равнялась 1,092 г/мл. Процессами гидролиза пренебречь.
- 155.** 92,2 г раствора иодида натрия смешали с 400 г раствора нитрата свинца. В полученном растворе суммарная массовая доля катионов оказалась равной суммарной массовой доле анионов. Определите массовые доли веществ в исходных растворах и молярные концентрации ионов в конечном растворе, если известно, что его масса равнялась массе одного из исходных растворов, а плотность равнялась 1,08 г/мл. Процессами гидролиза пренебречь.
- 156.** В результате смешивания растворов галогенида рубидия и нитрата серебра выпал осадок, масса которого на 25% меньше одного из исходных растворов. В полученном растворе суммарная массовая доля катионов оказалась равной суммарной массовой доле анионов. Определите массовые доли веществ в исходных растворах и молярные концентрации ионов в конечном растворе, если известно, что масса одного из исходных растворов была в три раза больше массы другого, а плотность конечного раствора составляла 1,15 г/мл. Процессами гидролиза пренебречь.
- 157.** Смешали два раствора с массовыми долями солей по 10%: один — формиата бария, другой — сульфата алкиламмония, в составе иона которого более одного атома углерода. В полученном растворе суммарная массовая доля катионов оказалась равной суммарной массовой доле анионов. Определите массы

исходных растворов и молярные концентрации ионов в конечном растворе, если известно, что масса выпавшего осадка равнялась 23,3 г, а плотность конечного раствора равнялась 1,05 г/мл. Процессами гидролиза пренебречь.

**158.** 163,2 мл раствора нитрата серебра с массовой долей соли 25% и плотностью 1,25 г/мл смешали с раствором соли аминокислоты с бромоводородной кислотой, в котором массовая доля ионов брома составляла 8%. В полученном растворе суммарная массовая доля катионов оказалась равной суммарной массовой доле анионов. Рассчитайте молярные концентрации ионов в полученном растворе, если известно, что плотность его равнялась 1,05 г/мл. Процессами гидролиза пренебречь.

**159.** Растворы галогенида меди(II) и сульфита калия с плотностями по 1,1 г/мл и с молярными концентрациями солей по 1 моль/л смешали в двух различных объемных соотношениях. В каждом из двух полученных растворов суммарная массовая доля катионов оказалась равной суммарной массовой доле анионов, а массы выпавших осадков в обоих случаях оказались равными 14,4 г. Определите объемы исходных растворов и массовые доли веществ в конечных растворах. Процессами гидролиза пренебречь.

**160.** К раствору с плотностью 1,3 г/мл, содержащему хлориды натрия и стронция, в котором суммарная массовая доля катионов равна суммарной массовой доле анионов, добавили 480 г раствора нитрата серебра с плотностью 1,2 г/мл. В результате из раствора выпало 57,4 г осадка, а в полученном растворе суммарная массовая доля катионов также оказалась равной суммарной массовой доле анионов. Рассчитайте молярные концентрации веществ в исходных растворах и массовые доли веществ в конечном растворе при условии, что его масса равнялась массе одного из исходных растворов.

**161.** К 174 мл раствора с плотностью 1,25 г/мл, содержащего сульфат калия с массовой долей 10% и сульфат рубидия, в котором суммарная массовая доля катионов равна суммарной массовой доле анионов, добавили 1250 г раствора нитрата бария с плотностью 1,05 г/мл. В полученном растворе суммарная массовая доля катионов также оказалась равной суммарной массовой доле анионов. Рассчитайте молярные концентрации веществ в исходных растворах и массовые доли веществ в конечном растворе.

**162.** К 46 мл раствора соляной кислоты с плотностью 1,087 г/мл постепенно при перемешивании и при нагревании добавили некоторое количество раствора сульфида натрия с молярной концентрацией соли 3 моль/л и плотностью 1,21 г/мл. В результате получили 171,3 мл раствора с плотностью 1,15 г/мл и

с равными молярными концентрациями двух анионов. Рассчитайте массовые доли веществ в растворе, который получится при обратном порядке смешивания таких же количеств исходных растворов.

**163.** 60 мл насыщенного раствора гидрокарбоната калия с плотностью 1,3 г/мл разбавили равным объемом воды. К полученному раствору медленно при перемешивании добавили 180 мл раствора гидроксида бария определенной концентрации с плотностью 1,04 г/мл, в результате чего был получен раствор с молярной концентрацией гидроксид-ионов 0,2 моль/л. Определите массовые доли веществ в растворе, который получится при обратном порядке смешивания таких же объемов исходных растворов. Растворимость гидрокарбоната калия — 30 г на 100 г воды. Изменениями объема раствора за счет химических реакций пренебречь.

**164.** К 145 мл насыщенного раствора гидрокарбоната натрия с плотностью 1,0524 г/мл медленно при перемешивании добавили 255 мл раствора гидроксида бария определенной концентрации с плотностью 1,04 г/мл. В результате был получен раствор с молярной концентрацией гидроксид-ионов 0,125 моль/л. Определите массовые доли веществ в растворе, который получится при медленном добавлении такого же объема насыщенного раствора гидрокарбоната натрия к 306 мл такого же раствора гидроксида бария. Растворимость гидрокарбоната натрия 9 г на 100 г воды. Изменениями объема раствора за счет химических реакций пренебречь.

**165.** К раствору 94,38 г кристаллической соды в 80 мл воды постепенно при перемешивании добавляли раствор хлорида железа(III) с молярной концентрацией соли 1,5 моль/л и плотностью 1,12 г/мл до того момента, когда началось выделение газа. Рассчитайте массовые доли веществ в растворе, который получится при постепенном добавлении такого же количества раствора кристаллической соды в воде к раствору хлорида железа(III) той же концентрации и того же объема, который был затрачен в первом опыте.

**166.** К раствору ацетата свинца с молярной концентрацией соли 1,2 моль/л и плотностью 1,1 г/мл медленно при перемешивании и нагревании добавили раствор гидросульфида лития с массовой долей соли 8%. В результате этого был получен раствор, в котором суммарная масса катионов на 10% превышала массу анионов. Определите массовые доли веществ в растворе, который получится при обратном порядке смешивания таких же количеств исходных растворов в тех же условиях. Диссоциацией уксусной кислоты пренебречь.

- 167.** В три сосуда, один из которых содержал 100 г раствора гидрокарбоната калия, второй — 100 г раствора гидрокарбоната рубидия, а третий — 100 г раствора гидрокарбоната натрия с одинаковыми массовыми долями солей, добавили по одинаковому объему раствора соляной кислоты с массовой долей хлороводорода 20%. Из двух сосудов выделилось по 3,36 л газа (н. у.), а из одного из сосудов — меньше. Определите массовые доли веществ в каждом из сосудов после окончания реакций, если известно, что гидрокарбонат калия прореагировал полностью.
- 168.** Некоторое количество раствора соляной кислоты с молярной концентрацией хлороводорода 1,5 моль/л и плотностью 1,03 г/мл поровну разлили в три сосуда и в каждый из них бросили по кусочку одного из трех металлов (бериллия, магния и цинка) равной массы. При н. у. из двух сосудов выделилось по 5,6 л газа, а из одного — меньше. Определите массовые доли веществ в полученных растворах, если известно, что магний растворился полностью.
- 169.**<sup>3</sup> К трем растворам равной массы, один из которых содержал 5% (по массе) гидрокарбоната лития, второй — 5% гидрокарбоната натрия, а третий — 5% гидрокарбоната рубидия, добавили по одинаковому объему соляной кислоты с концентрацией кислоты 5 моль/л и плотностью 1,1 г/мл. В результате этого из двух растворов при н. у. выделилось по 1,68 л газа, а из одного объем выделившегося газа оказался меньше. Определите массовые доли веществ в каждом из полученных растворов после окончания реакций, если известно, что гидрокарбонат натрия прореагировал полностью.
- 170.** Одинаковые объемы соляной кислоты с концентрацией хлороводорода 4,5 моль/л и плотностью 1,1 г/мл добавили к трем растворам равной массы, один из которых содержал 5% (по массе) гидрокарбоната цезия, второй — 5% гидрокарбоната натрия, а третий — 5% гидрокарбоната рубидия. В результате из двух растворов при н. у. выделилось по 2,24 л газа, а из одного объем выделившегося газа оказался меньше. Определите массовые доли веществ в каждом из полученных растворов после окончания реакций, если известно, что два гидрокарбоната прореагировали полностью.
- 171.** К трем образцам муравьиной, уксусной и масляной кислот равной массы прибавили по равному объему раствора гидрокарбоната калия с концентрацией соли 2,5 моль/л и плотностью 1,04 г/мл, в результате чего в двух случаях при н. у. выделилось по 896 мл газа, а в одном объем выделившегося газа был меньше. Определите массовые доли веществ в полученных растворах, если известно, что уксусная кислота прореагировала полностью.

- 172.** К трем растворам равной массы, один из которых содержал 10% по массе хлорида лития, другой 10% хлорида магния и третий 10% хлорида алюминия, добавили по одинаковому объему раствора нитрата серебра с массовой долей соли 20%. Из двух растворов выпало по 26,68 г осадка, а из одного — меньше. Определите массовые доли веществ в каждом из трех оставшихся растворов, если известно, что хлорид алюминия прореагировал полностью.
- 173.** В три сосуда поместили по 50 г растворов, в каждом из которых содержалась одна из трех следующих солей: сульфат лития, сульфат магния и сульфат алюминия, причем массовые доли их были одинаковы. В каждый из сосудов прибавили по одинаковому объему раствора хлорида бария с массовой долей соли 10%, в результате чего из двух растворов выпало по 4,66 г осадка, а из одного из трех масса осадка была меньше. Определите массовые доли веществ в оставшихся растворах, если известно, что сульфат алюминия прореагировал полностью.

### 3.2.5. Растворимость

- 174.** Определите растворимость сульфата меди в г/100 г воды и молярную концентрацию ионов меди в насыщенном растворе, если известно, что при данной температуре при растворении 40 г медного купороса в 80 г раствора сульфата меди с массовой долей соли 5% образуется раствор с плотностью 1,2 г/мл и остается 20 г нерастворившегося осадка.
- 175.** Раствор, полученный сливанием 88,5 мл раствора гидроксида натрия с массовой долей щелочи 12% и плотностью 1,13 г/мл и 132,4 мл раствора ортофосфорной кислоты с массовой долей кислоты 20% и плотностью 1,11 г/мл, охладили до 20 °С. При этом часть образовавшейся соли выпала в виде двенадцативодного кристаллогидрата. Определите массу выпавшего осадка и массовую долю соли в оставшемся растворе, если известно, что растворимость кристаллогидрата при 20 °С равна 22,7 г в 100 г воды.
- 176.** Продукты сжигания 6,72 л (н. у.) фосфина растворили при нагревании в 188,7 мл раствора гидроксида натрия с массовой долей щелочи 6% и плотностью 1,06 г/мл. После охлаждения раствора до 15 °С часть образовавшейся соли выпала из раствора в виде двенадцативодного кристаллогидрата. Определите массу осадка и массовую долю соли в оставшемся растворе, если растворимость кристаллогидрата при 15 °С равна 20 г в 100 г воды.
- 177.** 28 л оксида углерода(IV) (н. у.) растворили в 100 мл раствора гидроксида натрия с массовой долей щелочи 40% и плотно-

стью 1,4 г/мл. Определите массу выпавшего гидрокарбоната натрия и массовые доли веществ в оставшемся растворе, если растворимость гидрокарбоната натрия в этих условиях составляет 10 г на 100 г воды.

- 178.** Какой объем оксида углерода(IV) (н. у.) необходимо растворить в 100 мл раствора гидроксида натрия с массовой долей щелочи 40% и с плотностью 1,4 г/мл, чтобы из него выпало 84 г гидрокарбоната натрия, если известно, что его растворимость в этих условиях составляет 10 г на 100 г воды.
- 179.** В 100 мл раствора гидроксида натрия с массовой долей щелочи 20% и плотностью 1,2 г/мл пропустили 11,2 л (н. у.) оксида углерода(IV). Определите массу выпавшего из раствора гидрокарбоната натрия и массовые доли веществ в оставшемся растворе, если известно, что растворимость гидрокарбоната натрия в этих условиях составляет 9 г на 100 г воды.
- 180.** Продукты сгорания 6,16 л бутана (н. у.) в избытке кислорода растворили в 100 мл раствора гидроксида натрия с массовой долей щелочи 40% и плотностью 1,4 г/мл. Определите массу выпавшего осадка и массовые доли веществ в оставшемся растворе, если известно, что в данных условиях растворимость карбоната натрия и гидрокарбоната натрия составляют 22 г и 9,5 г на 100 г воды соответственно, а карбонат натрия выпадает в виде десятиводного кристаллогидрата.
- 181.** Продукты сгорания 9,44 г триметиламина в избытке кислорода растворили в 51,43 мл раствора гидроксида натрия с массовой долей щелочи 40% и плотностью 1,4 г/мл. Определите массу осадка и состав полученного раствора, если известно, что растворимости гидрокарбоната натрия и карбоната натрия в этих условиях составляют 9 г и 20 г безводной соли на 100 г воды соответственно, а карбонат натрия кристаллизуется из раствора в виде десятиводного кристаллогидрата.
- 182.** Продукты сгорания смеси метана с избытком кислорода привели к н. у. и получили газовую смесь, плотность которой оказалась на 25% больше плотности исходной смеси, измеренной при тех же условиях. Полученную газовую смесь пропустили через раствор с плотностью 1,2 г/мл, содержащий гидроксид натрия с массовой долей 20% и хлорид натрия с массовой долей 15%, объем которого был в 672 раза меньше объема исходной газовой смеси, измеренного при н. у. Определите массовые доли веществ в полученном растворе. Растворимости гидрокарбоната и карбоната натрия в данных условиях составляют 9,5 и 22 г на 100 г воды соответственно.
- 183.** В 500 мл насыщенного раствора карбоната натрия с плотностью 1,15 г/мл пропустили 20,16 л оксида углерода(IV) (н. у.).

Определите массу выпавшего из раствора гидрокарбоната натрия и массовые доли веществ в оставшемся растворе, если в данных условиях растворимости карбоната и гидрокарбоната натрия равны 25 и 9,9 г на 100 г воды соответственно.

**184.** 19,2 г меди растворили в 282,5 мл 20%-ной азотной кислоты с плотностью 1,115 г/мл, полученный раствор выпарили так, что его масса уменьшилась в три раза, и охладили. При этом из раствора выпало некоторое количество шестиводного кристаллогидрата нитрата меди. Определите массу осадка и массовые доли веществ в оставшемся растворе, если известно, что растворимость безводной соли в данных условиях составляет 50 г на 100 г воды. Потерями азотной кислоты при выпаривании пренебречь.

**185.** Некоторое количество цинка растворили в 95,08 мл раствора серной кислоты с массовой долей кислоты 39,64% и плотностью 1,3 г/мл, в результате чего выделилась смесь двух газов с плотностью по воздуху 0,3276. После охлаждения из полученного раствора выпало 28,7 г семиводного кристаллогидрата сульфата цинка. Определите массу растворенного цинка, если известно, что растворимость сульфата цинка составляет 52,1 г безводной соли на 100 г воды.

**186.** Через 30 мл раствора гидроксида калия с массовой долей щелочи 40% и плотностью 1,4 г/мл пропустили при нагревании 2,688 л хлора (н. у.). Полученный раствор охладили до 20 °С, после чего выпало некоторое количество осадка. Определите массы веществ, выпавших в осадок, и молярные концентрации веществ в оставшемся растворе, если известно, что его плотность равна 1,2 г/мл, а растворимости образовавшихся солей в данных условиях составляют 34,2, и 7,3 г на 100 г воды в порядке возрастания молярной массы соответственно.

**187.** В 200 мл насыщенного раствора хлорида натрия с плотностью 1,2 г/мл пропустили 15,68 л смеси аммиака и оксида углерода(IV) (н. у.) с плотностью по водороду 15,25. Определите массу выпавшего при этом гидрокарбоната натрия и массовые доли веществ в оставшемся растворе, если известно, что в данных условиях растворимости хлорида натрия и гидрокарбоната натрия равны 35,8, и 9,9 г на 100 г воды соответственно. Процессами гидролиза, диссоциацией гидрокарбонат-иона и растворимостью углекислого газа пренебречь.

**188.** В 78 мл раствора хлорида натрия с массовой долей соли 25% и плотностью 1,2 г/мл пропустили 13,44 л смеси аммиака и оксида углерода(IV) с плотностью 1,362 г/л (н. у.), при этом из раствора выпало некоторое количество гидрокарбоната натрия и остался раствор с плотностью 1,15 г/мл. Определите моляр-

ные концентрации ионов, присутствующих в конечном растворе, если известно, что растворимость гидрокарбоната натрия в этих условиях составляет 9,9 г на 100 г воды. Процессами гидролиза и процессом диссоциации гидрокарбонат-иона пренебречь.

**189.** Через 141 мл раствора хлорида натрия с массовой долей соли 26% и плотностью 1,197 г/мл пропустили 40,32 л смеси аммиака и оксида углерода(IV) (н. у.) с плотностью, равной плотности кислорода, в результате чего из раствора выпало некоторое количество осадка, и остался раствор с плотностью 1,15 г/мл. Определите массу осадка и молярные концентрации ионов, присутствующих в конечном растворе, если известно, что растворимости карбоната аммония, гидрокарбоната аммония, хлорида аммония и гидрокарбоната натрия в этих условиях составляют 100; 21,6; 27 и 9,9 г на 100 г воды соответственно. Процессами гидролиза, диссоциацией гидрокарбонат-иона и растворимостью углекислого газа пренебречь.

**190.** 352 мл раствора хлорида кальция с массовой долей соли 6% и плотностью 1,051 г/мл смешали с 251 мл раствора сульфата натрия с массовой долей соли 8% и плотностью 1,06 г/мл, в результате чего из раствора выпало некоторое количество гипса. Определите массу осадка, если растворимость сульфата кальция в данных условиях равна 0,25 г на 100 г воды.

**191.** 589,3 мл раствора хлорида бария с массовой долей соли 25% и плотностью 1,2 г/мл смешали с 354 мл раствора нитрата аммония с массовой долей 30% и плотностью 1,13 г/мл, в результате чего из раствора выпало некоторое количество нитрата бария. Определите молярную концентрацию ионов бария в конечном растворе, если его плотность равна 1,1 г/мл, а растворимость нитрата бария в этих условиях равна 9,05 г на 100 г воды.

**192.** Определите массу осадка, выпавшего после сливания 80 мл насыщенного раствора хлорида бария (плотность 1,25 г/мл) и 100 г раствора нитрата натрия с массовой долей соли 40%. Известно, что растворимости в данных условиях двуводного кристаллогидрата хлорида бария, нитрата бария и хлорида натрия равны 28,8; 9,05 и 33 г на 100 г воды соответственно.

**193.** Определите молярные концентрации ионов, присутствующих в растворе, полученном после смешения равных объемов насыщенных растворов нитрата меди (плотность 1,5 г/мл) и сульфата лития (плотность 1,3 г/мл) и удаления выпавшего осадка медного купороса. Известно, что растворимости в данных условиях нитрата меди, сульфата лития и медного купороса равны 125,2; 34,4 и 20,7 г на 100 г воды соответственно, а плотность конечного раствора равна 1,4 г/мл.

- 194.** 18,45 г нитробензола перемешивали с 124,7 мл соляной кислоты с массовой долей хлороводорода 36,5% и плотностью 1,17 г/мл и с 33,6 г железных опилок до окончания всех химических реакций. В полученный раствор пропустили 44,8 л аммиака (н. у.). Выпавший осадок отфильтровали, а выделившийся из раствора анилин отделили. Определите массы и массовые доли веществ в оставшемся водном растворе, если известно, что растворимость анилина и хлорида аммония в данных условиях составляет 3 и 60 г на 100 г воды соответственно. Выход во всех реакциях считать 100%.
- 195.\*** Нитробензол, полученный из 7,8 г бензола, перемешивали с 102,6 мл соляной кислоты с массовой долей кислоты 36,5% и плотностью 1,17 г/мл и с 22,4 г железных опилок до окончания всех реакций. В полученный раствор пропустили 26,88 л аммиака (н. у.), осадок отфильтровали, а выделившийся из раствора анилин отделили. Определите массы веществ, выделившихся из раствора, если известно, что растворимость анилина и хлорида аммония в данных условиях составляют 3 и 60 г на 100 г воды соответственно.
- 196.** 20,4 г фенолового эфира уксусной кислоты обработали при нагревании 120 мл раствора гидроксида натрия с массовой долей щелочи 20% и плотностью 1,23 г/мл. Полученный раствор охладили и в него пропускали углекислый газ до насыщения. Определите состав конечного водного раствора в массовых долях, если известно, что в данных условиях растворимость фенола, ацетата натрия, карбоната натрия и гидрокарбоната натрия в 100 г воды составляют 7,9; 148; 25 и 9,5 г соответственно.
- 197.** Некоторое количество фенолового эфира уксусной кислоты обработали при нагревании 120 мл раствора гидроксида натрия с массовой долей щелочи 20% и плотностью 1,23 г/мл. Полученный раствор охладили и в него пропускали углекислый газ до насыщения. Определите состав конечного водного раствора в массовых долях и массу исходного фенола, если известно, что в данных условиях растворимость фенола, ацетата натрия, карбоната натрия и гидрокарбоната натрия в 100 г воды составляют 7,9; 19,4; 25 и 9,5 г соответственно, а из конечного раствора выпало 38,18 г гидрокарбоната натрия.

### 3.2.6. Последовательно соединенные промывные сосуды

- 198.\*** Через два последовательно соединенных промывных сосуда, в первом из которых содержалось 250 г раствора карбоната натрия, а во втором — 100 г раствора гидроксида натрия, пропустили 33,6 л (н. у.) смеси хлороводорода с азотом с плотностью по водороду 14,85. Определите массовые доли веществ в исход-

ных растворах, если известно, что в первом сосуде образовался раствор с равными массовыми долями двух солей, а во втором — раствор с равными молярными концентрациями двух солей.

- 199.** Через два последовательно соединенных промывных сосуда, в первом из которых содержалось 120 г раствора карбоната калия, а во втором — 60 г раствора гидроксида калия, пропустили 16,8 л смеси хлороводорода с азотом с плотностью 1,326 г/л (н. у.). Определите массовые доли веществ в исходных растворах, если известно, что в первом сосуде образовался раствор, в котором молярная концентрация соли с меньшей молярной массой в 3 раза больше концентрации второй соли, а во втором — раствор с равными массовыми долями двух солей.
- 200.** Смесь аргона с бромоводородом с плотностью по воздуху 1,615 пропускали через два последовательно соединенных промывных сосуда, каждый из которых содержал по 150 мл раствора карбоната калия с плотностью 1,1 г/мл и молярной концентрацией соли 1 моль/л. Газ перестали пропускать, как только молярные концентрации кислых солей в двух сосудах сравнялись. Определите объем пропущенной газовой смеси (н. у.) и массовые доли веществ в полученных растворах. Изменениями объема растворов пренебречь.
- 201.** Через два последовательно соединенных промывных сосуда, в первом из которых содержалось 133,9 мл раствора сульфида калия с массовой долей соли 22% и плотностью 1,12 г/мл, а во втором — 144 мл раствора сульфата меди с концентрацией соли 1,736 моль/л и плотностью 1,2 г/мл, пропускали смесь хлороводорода с азотом с плотностью 1,3 г/л (н. у.). Газ перестали пропускать, как только массы растворов в обоих сосудах сравнялись. Определите объем пропущенного газа (н. у.) и массовые доли веществ в полученных растворах.
- 202.** Через два последовательно соединенных промывных сосуда, каждый из которых содержал по 150 мл раствора сульфида калия с плотностью 1,1 г/мл и молярной концентрацией соли 1 моль/л, пропускали смесь азота с хлороводородом с плотностью по водороду 14,5. Газ перестали пропускать, как только молярные концентрации кислых солей в двух сосудах сравнялись. Определите объем пропущенной газовой смеси (н. у.) и массовые доли веществ в полученных растворах. Изменениями объема растворов пренебречь.
- 203.** Через два последовательно соединенных промывных сосуда, в первом из которых содержалось 265,9 мл раствора сульфида натрия с массовой долей соли 8% и плотностью 1,1 г/мл, а во втором — 250 мл раствора сульфата меди с концентрацией соли 1 моль/л и плотностью 1,15 г/мл, пропускали смесь хло-

водорода с азотом с плотностью 1,317 г/л (н. у.). Газ перестали пропускать, как только масса второго раствора уменьшилась на столько же, на сколько увеличилась масса первого. Определите объем пропущенного газа (н. у.) и массовые доли веществ в полученных растворах.

**204.** Смесь иодоводорода с аргоном, имеющую плотность по водороду 31,73, пропускали через два последовательно соединенных промывных сосуда, первый из которых содержал 200 мл раствора серной кислоты с массовой долей кислоты 68% и плотностью 1,5 г/мл, а второй — 200 мл раствора сульфата меди с концентрацией соли 1,25 моль/л и плотностью 1,2 г/мл. К моменту окончания пропускания газа масса раствора во втором сосуде уменьшилась на 12,4 г. Определите объем пропущенного газа (н. у.) и массовые доли веществ в полученных растворах.

**205.** Через два последовательно соединенных промывных сосуда, первый из которых содержал 100 мл раствора серной кислоты с массовой долей кислоты 68% и плотностью 1,5 г/мл, а второй — 100 мл раствора сульфата меди с концентрацией соли 1,25 моль/л и плотностью 1,2 г/мл, пропускали смесь иодоводорода с аргоном, имеющую плотность по воздуху 1,72. К моменту окончания пропускания газа масса раствора во втором сосуде уменьшилась на 6,2 г. Определите объем пропущенного газа (н. у.) и массовые доли веществ в полученных растворах.

### 3.2.7. Термическое разложение солей

**206.** В результате прокаливания смеси нитрата меди и нитрата аммония образовалась газовая смесь, которая после отделения воды и приведения к н. у. имела плотность по воздуху 1,5. Определите массы взятых для прокаливания солей, если известно, что после прокаливания масса твердого вещества уменьшилась на 22,8 г.

**207.** В результате прокаливания на воздухе 62,4 г смеси карбоната железа(II) и нитрата железа(II) было получено 32 г твердого остатка. Определите объем газа (н. у.), который выделится при действии избытка соляной кислоты на такое же количество исходной смеси солей.

**208.** После длительного прокаливания в закрытом вакуумированном сосуде 51,8 г смеси меди, нитрата калия и нитрата меди и приведения к н. у. образовалось 5,6 л (н. у.) газовой смеси с плотностью по водороду 21,6. Определите массовые доли веществ в исходной смеси.

**209.** Два из трех растворов, один из которых содержал нитрат серебра, второй — нитрат меди и третий — нитрат натрия, с моляр-

ными концентрациями солей 0,5 моль/л, смешали, выпарили и прокалили. Смесь газов, выделившихся при этом и приведенная к н. у., имела такой же объем и такую же плотность, что и газ, образовавшийся в результате аналогичной обработки 200 мл оставшегося раствора. Определите объемы первых двух растворов и массовые доли веществ в остатке после выпаривания и прокаливании их смеси.

**210.** Два из трех образцов солей (нитрата серебра, нитрата свинца и карбоната кальция) смешали и полученную смесь прокалили. Третий образец, масса которого была равна массе смеси первых двух, также прокалили. Все остатки после прокаливании растворили в растворе азотной кислоты с концентрацией 1,5 моль/л и плотностью 1,05 г/мл, объем которой был в 10 раз меньше объема газа (н. у.), выделившегося при прокаливании третьего образца. Определите массовые доли веществ в полученном растворе, если известно, что относительные плотности газов, выделившихся при прокаливании смеси и отдельного вещества, были равны между собой.

**211.** 666,7 мл раствора нитрата меди с молярной концентрацией соли 0,6 моль/л смешали с 146 мл раствора гидроксида калия с массовой долей щелочи 10% и плотностью 1,15 г/мл. Полученную смесь упарили и остаток прокалили. Определите массовые доли веществ в остатке после прокаливании и объемный состав (в литрах) выделившихся при прокаливании газов после приведения к н. у.

**212.** 61,2 мл раствора гидроксида калия с массовой долей щелочи 20% и плотностью 1,19 г/мл смешали с 250 мл раствора нитрата цинка, в котором концентрация нитрат-ионов составила 0,8 моль/л. Полученную смесь упарили и прокалили. Определите массовую долю кислорода как элемента в остатке после прокаливании.

**213.** 430 мл раствора гидрокарбоната натрия с массовой долей соли 8% и с плотностью 1,099 г/мл смешали с 77,4 мл раствора хлорида алюминия с массовой долей соли 15% и плотностью 1,15 г/мл. Реакционную смесь упарили и прокалили. Определите массовые доли веществ в остатке после прокаливании.

**214.** К раствору нитрата свинца с концентрацией соли 0,5 моль/л и плотностью 1,15 г/мл добавили некоторое количество раствора фосфата натрия с массовой долей соли 10%. Раствор отделили от осадка, воду выпарили, а оставшийся сухой остаток прокалили, в результате чего выделилось 2,688 л газа (н. у.) с плотностью по водороду 19,5. Определите массу осадка, образовавшегося при сливании растворов, и массовые доли веществ в растворе перед выпариванием.

- 215.** К раствору фосфата калия с массовой долей соли 15% добавили 300 г раствора нитрата марганца(II) с концентрацией соли 1,5 моль/л и плотностью 1,2 г/мл. Раствор отделили от осадка, воду выпарили и оставшийся сухой остаток прокалили, в результате чего выделилась газовая смесь с плотностью по гелию 9,75. Определите массу осадка, образовавшегося при сливании растворов, и массовые доли веществ в растворе перед выпариванием.
- 216.** К раствору нитрата хрома(III) с концентрацией соли 1,2 моль/л и плотностью 1,175 г/мл добавили некоторое количество раствора силиката натрия с массовой долей соли 15%. Раствор отделили от осадка, воду выпарили и оставшийся сухой остаток прокалили, в результате чего выделилось 4,032 л газа (н. у.) с плотностью по азоту 1,476. Определите массу осадка, образовавшегося при сливании растворов, и массовые доли веществ в растворе перед выпариванием.
- 217.** 216,7 г раствора нитрата серебра с концентрацией соли 1,8 моль/л и плотностью 1,3 г/мл добавили некоторое количество раствора фосфата аммония с массовой долей соли 17%. Раствор отделили от осадка, воду выпарили и оставшийся сухой остаток прокалили, в результате чего выделилась газовая смесь с плотностью по водороду 21,2. Определите массу осадка, образовавшегося при сливании растворов, и массовые доли веществ в растворе перед выпариванием.
- 218.** 660 г раствора гидрокарбоната натрия с молярной концентрацией соли 0,5 моль/л и плотностью 1,1 г/мл смешали с 525 г раствора силиката натрия с молярной концентрацией соли 0,2 моль/л и плотностью 1,05 г/мл. Полученную смесь упарили, твердый остаток прокалили и сплавляли. Определите массовые доли веществ в смеси, полученной после сплавления.
- 219.** К раствору фосфата калия с массовой долей соли 5% добавили некоторое количество раствора нитрата ртути с концентрацией соли 0,25 моль/л и плотностью 1,1 г/мл. Раствор отделили от осадка, воду выпарили и оставшийся сухой остаток прокалили, в результате чего выделилось 0,896 л газовой смеси (н. у.) с плотностью по воздуху 1,3454. Определите массу осадка, образовавшегося при сливании растворов, и массовые доли веществ в растворе перед выпариванием.
- 220.** К 250,9 мл раствора карбоната калия с массовой долей соли 10% и плотностью 1,1 г/мл добавили 70,67 г раствора нитрата алюминия с концентрацией соли 0,75 моль/л и плотностью 1,06 г/мл. Полученную смесь упарили, оставшийся сухой остаток прокалили и сплавляли. Определите массовую долю кислорода как элемента в остатке после сплавления и плотность выделившейся при прокаливании и сплавлении газовой смеси (н. у.).

- 221.** 148 г раствора нитрата железа(III) с концентрацией соли 0,6 моль/л и плотностью 1,11 г/мл постепенно при нагревании добавили к 49,07 мл раствора карбоната натрия с массовой долей соли 12% и плотностью 1,08 г/мл. Раствор отделили от осадка, воду выпарили и оставшийся сухой остаток прокалили. Определите массовые доли веществ в растворе перед выпариванием и плотность по воздуху газовой смеси, выделившейся при прокаливании.
- 222.** К 1 л насыщенного раствора гидрокарбоната бария с плотностью 1,0138 г/мл прибавили 800 мл раствора гидросульфата натрия с молярной концентрацией соли 0,2 моль/л. Смесь упарили и остаток прокалили. Определите массовые доли веществ в остатке после прокаливании, если известно, что растворимость гидрокарбоната бария в этих условиях 8,3 г в 100 г воды.
- 223.** В 100 мл метанола (плотность 0,8 г/мл) растворили такое количество натрия, что массовая доля метоксида натрия в растворе составила 29,67%. К полученному раствору добавили 12 г уксусной кислоты и 20 мл воды. Летучие вещества испарили и остаток прокалили. Определите массовые доли веществ в остатке после прокаливании.
- 224.** В 222,2 мл раствора уксусной кислоты в этиловом спирте с массовой долей кислоты 6% и плотностью 0,9 г/мл растворили некоторое количество натрия. При этом выделилось 11,2 л газа (н. у.). В полученный раствор добавили 16,2 мл воды и раствор выпарили. Остаток прокалили. Определите массовые доли веществ в остатке после прокаливании.
- 225.** В 123,3 мл раствора метилацетата в метаноле с массовой долей сложного эфира 15% и плотностью 0,8 г/мл растворили 10,35 г натрия, затем добавили 20 мл воды и нагревали до окончания химических реакций. Полученный раствор выпарили и остаток прокалили. Определите массовые доли веществ в остатке после прокаливании.
- 226.** 31,5 г смеси этилацетата и ацетата цинка растворили в 85,71 мл раствора гидроксида натрия с массовой долей щелочи 40% и плотностью 1,4 г/мл, и полученный раствор нагревали до окончания всех химических реакций. Затем раствор выпарили и остаток прокалили, в результате чего осталось некоторое количество сухого вещества, содержащего гидроксид натрия с массовой долей 18,93%. Определите массы веществ в остатке после прокаливании.
- 227.** 33,1 г смеси метилацетата и ацетата цинка при нагревании обработали 83,9 мл раствора гидроксида натрия с массовой долей щелочи 40% и плотностью 1,43 г/мл. Полученный раствор упа-

рили и сухой остаток прокалили. Определите массовые доли веществ в остатке после прокаливания, если известно, что его масса равнялась 64,7 г и что он содержит щелочь.

**228.** К 352,9 мл раствора гидроксида калия с массовой долей щелочи 20% и плотностью 1,19 г/мл добавили 34,9 г смеси метилацетата и ацетата бериллия. Полученный раствор нагревали до окончания всех химических реакций. Затем раствор выпарили и остаток прокалили, в результате чего осталось некоторое количество сухого вещества, содержащего гидроксид калия с массовой долей 17,2%. Определите массы веществ в остатке после прокаливания.

**229.** Некоторое количество восемнадцативодного кристаллогидрата сульфата алюминия растворили в 28,07 мл раствора гидроксида натрия с плотностью 1,14 г/мл и массовой долей щелочи 12,5%. К полученному раствору добавили 74,2 г раствора азотной кислоты с плотностью 1,06 г/мл и концентрацией 2 моль/л, затем пропускали аммиак до насыщения. Образовавшуюся смесь веществ выпарили и прокалили, получив 8,04 г сухого остатка. Рассчитайте массу исходного кристаллогидрата и массовые доли веществ в растворе перед пропуском в него аммиака.

**230.** Некоторое количество восемнадцативодного кристаллогидрата сульфата хрома(III) растворили в 80 мл раствора гидроксида калия с плотностью 1,4 г/мл и массовой долей щелочи 40%. К полученному раствору добавили 401,4 г раствора азотной кислоты с плотностью 1,115 г/мл и концентрацией 2,5 моль/л, затем пропускали аммиак до насыщения. Образовавшуюся смесь веществ выпарили и прокалили, получив 77,84 г сухого остатка. Рассчитайте массу исходного кристаллогидрата и массовые доли веществ в растворе перед пропуском в него аммиака.

**231.** Некоторое количество семиводного кристаллогидрата сульфата цинка растворили в 29,5 мл раствора гидроксида натрия с плотностью 1,13 г/мл и массовой долей щелочи 12%. К полученному раствору добавили 44,8 г раствора азотной кислоты с плотностью 1,12 г/мл и концентрацией 3 моль/л, затем пропускали аммиак до насыщения. Образовавшуюся смесь веществ выпарили и прокалили, получив 8,175 г сухого остатка. Рассчитайте массу исходного кристаллогидрата и массовые доли веществ в растворе перед пропуском в него аммиака.

**232.** Некоторое количество девятиводного кристаллогидрата нитрата хрома(III) растворили в 70,59 мл раствора гидроксида калия с плотностью 1,19 г/мл и массовой долей щелочи 20%. К полученному раствору добавили 178,7 г раствора азотной кислоты с плотностью 1,072 г/мл и концентрацией 2,4 моль/л, затем пропускали аммиак до насыщения. Образовавшуюся смесь ве-

ществ выпарили и прокалили, получив 28,54 г сухого остатка. Рассчитайте массу исходного кристаллогидрата и массовые доли веществ в растворе перед пропусканьем в него аммиака.

**233.** Некоторое количество двенадцативодного кристаллогидрата двойного сульфата калия и алюминия растворили в 43,41 мл раствора гидроксида калия с плотностью 1,29 г/мл и массовой долей щелочи 30%. К полученному раствору добавили 162,9 г раствора азотной кислоты с плотностью 1,14 г/мл и концентрацией 2,8 моль/л, затем пропускали аммиак до насыщения. Образовавшуюся смесь веществ выпарили и прокалили, получив 31,26 г сухого остатка. Рассчитайте массу исходного кристаллогидрата и массовые доли веществ в растворе перед пропусканьем в него аммиака.

**234.** Некоторое количество двенадцативодного кристаллогидрата двойного сульфата калия и хрома(III) растворили в 63,48 мл раствора гидроксида калия с плотностью 1,235 г/мл и массовой долей щелочи 25%. К полученному раствору добавили 242,3 г раствора азотной кислоты с плотностью 1,066 г/мл и концентрацией 2,2 моль/л, затем пропускали аммиак до насыщения. Образовавшуюся смесь веществ выпарили и прокалили, получив 33,975 г сухого остатка. Рассчитайте массу исходного кристаллогидрата и массовые доли веществ в растворе перед пропусканьем в него аммиака.

**235.<sup>а</sup>** При прокаливании на воздухе 72 г кристаллогидрата нитрата металла, в котором массовая доля безводной соли составляет 62,5%, было получено 20 г твердого оксида. Определите массы веществ, которые образуются при прокаливании с последующим медленным охлаждением такой же массы исходного кристаллогидрата в закрытом сосуде, заполненном аргоном. Известно, что теплота сгорания металла до полученного в первом случае оксида в два раза меньше теплоты образования этого оксида, а на его полное восстановление до металла требуется вдвое большее количество аммиака.

### 3.3. Определение формулы вещества

#### 3.3.1. Определение элемента

**236.<sup>а</sup>** Массовые доли кислорода в нитрате и нитрите некоторого металла относятся как 1,2073 : 1. Определите формулу нитрата и объем газов (н. у.), который выделится при нагревании 32,8 г этого нитрата.

**237.** 33,95 г сульфида металла(II) обработали избытком соляной кислоты. Выделившийся газ растворили в 118 мл раствора ги-

дроксида натрия с массовой долей щелочи 12% и плотностью 1,13 г/мл. Определите, сульфид какого металла был взят, если известно, что массовая доля кислой соли в конечном растворе составила 11,57%.

**238.** 21,6 г неизвестного металла растворили в избытке очень разбавленной азотной кислоты. К полученному раствору добавили избыток щелочи и прокипятили. При этом выделилось 6,72 л (н. у.) газа. Установите, какой металл был растворен в азотной кислоте.

**239.** В результате растворения металла в разбавленной азотной кислоте образовался раствор, содержащий две соли с массовыми долями 7,4% и 0,961% соответственно. Определите, какой металл был растворен в азотной кислоте, если известно, что получается только один продукт восстановления азота.

**240.** 19,2 г неизвестного металла растворили в избытке очень разбавленной азотной кислоты. К полученному раствору прибавили избыток щелочи и прокипятили, в результате чего выделилось 4,48 л газа (н. у.). Определите, какой металл был растворен в азотной кислоте.

**241.** Образец неизвестного металла растворили в избытке раствора очень разбавленной азотной кислоты и получили 623 мл раствора с плотностью 1,026 г/мл, содержащего две соли с массовыми долями 3,766% и 0,3755% соответственно. Определите металл и массовую долю азотной кислоты в исходном растворе, если известно, что суммарная молярная концентрация ионов в растворе в результате реакции уменьшилась на 22%. Изменением объема раствора пренебречь и считать, что процесс идет строго по одному уравнению реакции.

**242.** Образец неизвестного металла растворили в избытке раствора очень разбавленной азотной кислоты и получили 628,3 мл раствора с плотностью 1,025 г/мл, содержащего две соли с массовыми долями 4,484% и 0,3727% соответственно. Определите металл и массовую долю азотной кислоты в исходном растворе, если известно, что суммарная молярная концентрация ионов в растворе в результате реакции уменьшилась на 22%. Изменением объема раствора пренебречь и считать, что процесс идет строго по одному уравнению реакции.

**243.** Газовую смесь, полученную при прокаливании 34,45 г смеси карбоната и нитрата некоторого металла(II), в которой массовая доля металла как элемента составляет 47,17%, пропустили в раствор гидроксида натрия с массовой долей щелочи 20% и получили раствор, содержащий только три соли с равными молярными концентрациями. Определите металл и рассчитайте массовые доли солей в полученном растворе.

**244.** 8,03 г оксида металла смешали с алюминием и нагрели. Полученную массу разделили на две равные части. Одну часть обработали избытком соляной кислоты, при этом выделилось 1,344 л газа (н. у.). Вторую часть обработали избытком раствора щелочи, в результате чего выделилось 0,224 л газа (н. у.). Определите, о каком оксиде металла идет речь, если известно, что теплота сгорания металла до этого оксида в три раза меньше теплоты образования данного оксида, а на восстановление 0,15 моль этого оксида до металла требуется 13,44 л оксида углерода(II) (н. у.).

**245.** После прокаливания на воздухе 72 г кристаллогидрата нитрата металла, в котором массовая доля кристаллизационной воды составляет 37,5%, осталось 20 г оксида металла. Определите формулу кристаллогидрата и массы веществ, которые образуются при прокаливании с последующим медленным охлаждением такой же его массы в закрытом сосуде, заполненном аргоном. Известно, что теплота образования полученного в первом случае оксида в два раза больше теплоты сгорания металла до этого оксида, а на полное восстановление этого оксида до металла требуется вдвое большее количество аммиака.

### 3.3.2. Определение формулы неорганического вещества

**246.** В результате реакции некоторой одноосновной кислоты, содержащей иод, с сероводородом образуются иод, сера и вода. Установите формулу этой кислоты, если известно, что в полученной после реакции смеси на 1 моль иода приходится 5 моль серы.

**247.** В результате прокаливания 17,76 г неизвестной соли образовался оксид металла(II), 1,44 г воды и 1,792 л газообразного оксида элемента(IV) с плотностью 1,964 г/л (н. у.). Определите формулу исходной соли, если известно, что массовая доля металла в ней составляла 57,66%.

**248.** Имеется соль с массовой долей кислорода 36% и молярной массой менее 300 г/моль. В результате нагревания 33,3 г этой соли образовался оксид металла(II), 2,7 г воды и 3,36 л газообразного оксида с плотностью 1,964 кг/м<sup>3</sup> (н. у.). Определите формулу исходной соли.

**249.** 15,54 г неизвестной соли с молярной массой меньше 250 г/моль, в которой массовая доля кислорода равна 36%, прокалили. При этом образовался оксид металла(II), 1,26 г воды и 1,568 л (н. у.) газообразного оксида элемента(IV) с плотностью по водороду 22. Определите формулу исходной соли.

**250.** В результате термического разложения 8 г кристаллогидрата неизвестной соли с массовой долей кристаллизационной воды

11,25% образовалось 4 г оксида металла(II), 1,8 г воды и выделилось 1,12 л (н. у.) газообразного оксида элемента(IV) с плотностью 1,964 г/л (н. у.). Определите формулу исходного кристаллогидрата, если известно, что массовая доля кислорода в нем равна 60%.

**251.** При прокаливании некоторого количества кристаллогидрата неизвестной соли, в котором массовая доля кристаллизационной воды составляла 11,25%, образовалось 0,96 г оксида металла(II), 0,432 г воды и 268,8 мл газообразного оксида элемента(IV) (н. у.) с плотностью по воздуху 1,517. Определите формулу исходного кристаллогидрата, если известно, что массовая доля кислорода в нем равна 60%.

**252.** Образец кристаллогидрата соли, состоящей из трех элементов, нагрели. В результате его термического разложения образовалось 4,928 л (н. у.) газовой смеси с плотностью по азоту 1,396, выделилось 5,4 г воды и осталось 2,55 г смеси хлорида и оксида металла(II), в которой массовая доля металла составляет 47,06%. Определите формулу кристаллогидрата, если известно, что массовая доля кислорода в нем составляет 67,67%.

**253.** В результате термического разложения 19,86 г кристаллогидрата неизвестной соли, состоящей из трех элементов, выделилась вода, образовалось 5,824 л (н. у.) газовой смеси с плотностью по воздуху 1,31 и осталось 3,5 г смеси хлорида и оксида металла(II), в которой массовая доля металла составляет 41,14%. Определите формулу исходного кристаллогидрата, если известно, что массовая доля кислорода в исходном кристаллогидрате составляет 67,67%.

**254.** Образец кристаллогидрата соли, состоящей из трех элементов, массой 9,93 г нагрели. В результате его термического разложения выделилась вода, образовалось 2,912 л (н. у.) газовой смеси с плотностью по водороду 19 и осталось 1,75 г смеси хлорида и оксида металла(II), в которой массовая доля металла составляет 41,14%. Определите формулу кристаллогидрата, если известно, что суммарная массовая доля всех элементов, кроме кислорода, в нем составляет 32,33%.

**255.** 95,5 г соли, содержащей 47,12% (по массе) кристаллизационной воды, смешали с серной кислотой. Смесь упарили и прокалили. Получили 62,5 г твердого остатка, содержащего по массе 32,32% исходной безводной соли, 34,08% сульфата натрия и оксид элемента(III) с массовой долей элемента 31,43%. Определите формулу кристаллогидрата.

**256.** 38,88 г кристаллогидрата неизвестной соли, состоящей из трех элементов, смешали с некоторым количеством серной кислоты

и нагрели до 200 °С, в результате чего из смеси выделилась вода и осталось 34,48 г сухого остатка, содержащего по массе 27,15% исходной безводной соли, 40,37% сульфата калия и оксид элемента(III), в котором массовая доля элемента составляет 31,4%. Определите формулу кристаллогидрата.

**257.** К 104,3 г кристаллогидрата соли, состоящей из трех элементов добавили некоторое количество концентрированной серной кислоты и нагрели до 300 °С, после чего осталось 98,1 г твердого вещества, содержащего по массе 28,98% сульфата натрия, 40,1% исходной безводной соли и оксид элемента(III), в котором массовая доля элемента составляет 68,42%. После приведения газопаровой смеси, выделившейся при нагревании, к н. у. осталось 6,72 л газа с плотностью 1,428 г/л. Определите формулу кристаллогидрата.

**258.** 73,01 г кристаллогидрата соли, состоящей из трех элементов, смешали с некоторым количеством концентрированной серной кислоты и нагрели, после чего осталось 68,67 г твердого вещества, содержащего сульфат натрия, 40,1% (по массе) исходной безводной соли и 30,92% (по массе) оксида элемента(III), в котором массовая доля кислорода составляет 31,58%. После приведения газопаровой смеси, выделившейся при нагревании, к н. у. осталось 4,704 л газа с плотностью 1,428 г/л. Определите формулу кристаллогидрата.

**259.** К 12,02 г кристаллогидрата соли, состоящей из трех элементов, добавили 20 г концентрированного раствора серной кислоты и нагрели. При этом выделилась смесь газа с парами воды, которая после охлаждения превратилась в 12,7 мл соляной кислоты с массовой долей хлороводорода 30% и плотностью 1,15 г/мл, а в сосуде осталась смесь, содержащая серную кислоту, воду, 41,38% (по массе) гидросульфата натрия и 45,24% (по массе) гидросульфата элемента(III), в котором массовая доля серы равна 24,37%. Определите формулу кристаллогидрата.

**260.** В 25 мл раствора серной кислоты с плотностью 1,6 г/мл растворили 7,212 г кристаллогидрата неизвестной соли, состоящей из трех элементов, и нагрели до кипения. При этом выделилась смесь газа с парами воды, которая после охлаждения превратилась в 12 мл 20%-ной соляной кислоты с плотностью 1,095 г/мл, а в сосуде осталась смесь, содержащая серную кислоту, воду, 12,68% (по массе) гидросульфата натрия и 13,88% (по массе) гидросульфата элемента(III), в котором массовая доля кислорода составляет 48,73%. Определите формулу кристаллогидрата.

**261.** 85,2 г кристаллогидрата неизвестной соли, в котором массовая доля кристаллизационной воды составляет 57,04%, смешали с фосфорной кислотой, смесь упарили и прокалили. Получили

43,7 г сухого остатка, содержащего по массе 41,88% исходной безводной соли, 37,53% фосфата натрия и оксид элемента(IV) с массовой долей кислорода 53,3%. Определите формулу исходного кристаллогидрата.

**262.** Образец кристаллогидрата соли, состоящей из трех элементов, массой 22,6 г смешали с 72,6 мл раствора ортофосфорной кислоты с массовой долей кислоты 15% и плотностью 1,08 г/мл. Смесь упарили и прокалили, в результате чего выделились пары воды, 1,12 л газа (н. у.), поддерживающего горение, и осталось 26,82 г сухого остатка, содержащего по массе 34,67% ортофосфата кальция, дифосфат кальция и оксид элемента(III), в котором массовая доля элемента составляет 75,76%. Определите формулу исходного кристаллогидрата.

**263.** 40,05 г кристаллогидрата соли, содержащей три элемента, один из которых кислород, смешали с избытком азотной кислоты. Смесь упарили и прокалили, в результате чего выделились пары воды, некоторое количество кислорода и осталось 43,35 г твердого остатка, содержащего 47,75% (по массе) нитрита натрия и оксид элемента(IV) с массовой долей кислорода 21,19%. Определите формулу кристаллогидрата.

**264.** Образец кристаллогидрата соли, состоящей из трех элементов, массой 19,3 г растворили в избытке азотной кислоты. Раствор упарили и остаток прокалили. В результате прокаливания выделилось 1,12 л газа (н. у.), поддерживающего горение и имеющего плотность по воздуху 1,103, и осталось 14,1 г нелетучего вещества, содержащего нитрит натрия и 51,06% (по массе) оксида элемента(VI), в котором массовая доля элемента равна 66,67%. Определите формулу исходного кристаллогидрата.

**265.** В избытке азотной кислоты растворили 7,72 г кристаллогидрата соли, состоящей из трех элементов. Раствор упарили и остаток прокалили. В результате прокаливания выделилось 0,448 л газа (н. у.), поддерживающего горение и имеющего плотность по воздуху 1,103, и осталось 5,64 г нелетучего вещества, содержащего нитрит натрия и 51,06% (по массе) оксида элемента(VI), в котором массовая доля кислорода равна 33,33%. Определите формулу исходного кристаллогидрата.

**266.** 8,05 г кристаллогидрата соли, состоящей из трех элементов, один из которых кислород, смешали с избытком соляной кислоты. Полученную смесь упарили и нагрели, в результате чего осталось 9,45 г сухой смеси, содержащей 19,76% (по массе) хлорида калия и хлорид элемента(III), в котором массовая доля хлора составляет 35,1%. Определите формулу кристаллогидрата, если известно, что массовая доля водорода в нем равна 1,86%.

- 267.** В избытке соляной кислоты растворили 6,44 г кристаллогидрата соли, состоящей из трех элементов, Полученный раствор упарили и остаток прокалили, в результате чего получили 7,56 г смеси хлоридов металлов(I) и (III), в которых массовая доля хлора составляет 47,65 и 35,1% соответственно. Определите формулу кристаллогидрата, если известно, что массовые доли кислорода и водорода в нем равны 24,84 и 1,86% соответственно.
- 268.** 51,3 г кристаллогидрата соли, состоящей из трех элементов, нагревали в избытке соляной кислоты, в результате чего выделилось 5,04 л газа с плотностью 3,17 г/л (н. у.) и пары воды. После упаривания досуха осталось 41,328 г смеси хлоридов металлов(I) и (III) в молярном соотношении 2 : 1, в которой массовая доля хлора составляет 64,42%. Определите формулу исходного кристаллогидрата, если известно, что молярные массы металлов(I) и (III) относятся как 1 : 2,26.
- 269.** Образец кристаллогидрата соли, состоящей из трех элементов, массой 10,275 г обработали избытком концентрированной соляной кислоты и образовавшуюся смесь упарили. Получили смесь хлоридов металлов(II) и (III), в которых массовая доля хлора составляет 34,13% и 35,09% соответственно, в молярном соотношении 1 : 2. Определите формулу исходного кристаллогидрата, если известно, что массовые доли водорода и кислорода в нем составляют 1,46% и 21,02% соответственно.
- 270.** В 100 мл воды растворили 11,94 г кристаллогидрата соли, состоящей из трех элементов, два из которых являются металлами. К полученному раствору добавили 25,74 г кристаллической соды. После этого выпало 7,44 г гидроксида металла(III), в котором массовая доля металла составляет 79,45%, и остался раствор, содержащий только хлорид натрия и гидрокарбонат натрия с массовыми долями 5,39% и 5,804% соответственно. Определите формулу кристаллогидрата.
- 271.** 9,95 г кристаллогидрата соли, состоящей из трех элементов, два из которых являются металлами, растворили в 50 мл воды. К полученному раствору добавили 80,3 мл раствора карбоната натрия с молярной концентрацией соли 0,934 моль/л и плотностью 1,1 г/мл. После этого выпало 6,2 г гидроксида металла(III), в котором массовая доля кислорода составляет 19,35%, и остался раствор, содержащий только хлорид натрия и гидрокарбонат натрия с массовыми долями 4,117% и 4,434% соответственно. Определите формулу кристаллогидрата.
- 272.** 6,96 г кристаллогидрата неорганической двойной соли обработали избытком концентрированного раствора гидроксида натрия, при этом выделилось 0,672 л газа (н. у.), образовалось 1,35 г

осадка гидроксида металла(II), в котором массовая доля металла составляет 62,2%, и осталось 30 мл раствора с плотностью 1,2 г/мл, содержащего 11,83% (по массе) сульфата натрия. Определите формулу кристаллогидрата.

**273.** 7,9 г кристаллогидрата двойной неорганической соли растворили в 25 мл концентрированного раствора гидроксида калия с плотностью 1,4 г/мл и нагрели. При этом выделилось 0,896 л газа (н. у.), образовалось 1,86 г осадка гидроксида металла(II), в котором массовая доля кислорода составляет 34,41%, и остался раствор, содержащий непрореагировавший гидроксид калия и 17,24% (по массе) сульфата калия. Определите формулу кристаллогидрата.

### 3.3.3. Определение формулы органического вещества

**274.** При сжигании 4,45 г органического вещества в избытке кислорода образовалось 3,15 г воды и 5,32 л (н. у.) газовой смеси, объем которой после пропускания через избыток раствора щелочи уменьшился до 1,96 л (н. у.). Определите молекулярную формулу вещества, если известно, что оно содержит азот и плотность по водороду оставшейся газовой смеси равна 15,43. Предложите два соединения с этой молекулярной формулой, являющиеся межклассовыми изомерами.

**275.** 22,7 г органического вещества, содержащего азот, сожгли в избытке кислорода. При этом образовалось 4,5 г воды и смесь газов, которую пропустили через избыток раствора гидроксида бария, в результате чего выпало 137,9 г осадка и осталось 5,04 л (н. у.) газовой смеси с плотностью 1,31 г/л (н. у.). Определите молекулярную формулу вещества и назовите его, если известно, что оно используется в качестве бризантного вещества.

**276.** Некоторое количество органического вещества, содержащего азот и кислород, сожгли в 26,88 л кислорода (н. у.). Образовались 9 г воды и смесь газов, которую пропустили через избыток раствора гидроксида бария, в результате чего получилось 275,8 г осадка и осталось 10,08 л (н. у.) газовой смеси с плотностью 1,31 г/л. Определите молекулярную формулу вещества и назовите его, если известно, что оно используется в качестве бризантного вещества.

**277.** Образец аминокислоты, входящей в состав белков, массой 4,84 г сожгли в избытке кислорода. Полученную газопаровую смесь обработали 40 г раствора гидроксида натрия с плотностью 1,4 г/мл и концентрацией щелочи 14 моль/л, в результате чего образовалось 50,36 г раствора, в котором массовые доли

сульфита и гидроксида натрия составили 10% и 6,35% соответственно. Не растворившаяся в щелочи газовая смесь содержала азот, имела объем 2,464 л (н. у.) и плотность по воздуху 1,0784. Определите молекулярную формулу аминокислоты и назовите ее.

**278.** Смесь веществ, полученных в результате сжигания образца органического вещества в 3,0912 л кислорода (н. у.), обработали 70 г раствора гидроксида калия с молярной концентрацией щелочи 4,286 моль/л и плотностью 1,2 г/мл. Был получен раствор массой 76,216 г, в котором массовые доли сульфита и гидроксида калия составили 4,975% и 4,262% соответственно. Оставшаяся газовая смесь объемом 0,8064 л содержала азот и имела плотность 1,369 г/л (н. у.). Определите молекулярную формулу вещества и назовите его, если известно, что оно входит в состав белков.

**279.** После сжигания 27,9 г соли органической кислоты и приведения продуктов сгорания к н. у. образовалось 23,5 г соляной кислоты с массовой долей хлороводорода 31,06% и 20,16 л смеси оксида углерода(IV) и азота (н. у.) с плотностью по водороду 21,12. Определите молекулярную формулу соли и назовите ее, если известно, что кислота не имеет изомеров углеродного скелета.

**280.** 6,9 г соли предельной двухосновной органической кислоты сожгли в 4,48 л кислорода (н. у.). При этом образовались 4,5 г воды и газовая смесь с плотностью по воздуху 1,349. После пропускания этой смеси через избыток раствора гидроксида бария ее объем уменьшился на 66,67%, а после пропускания оставшейся смеси газов через раскаленную трубку с медью объем последней уменьшился в 1,5 раза и остался газ с плотностью 1,25 г/л (н. у.). Определите молекулярную и возможную структурную формулу сожженной соли.

**281.** 2,25 г аминокислоты, входящей в состав белков, сожгли в избытке кислорода. После приведения полученной смеси веществ к н. у. сконденсировалось 1,35 г воды и осталось 2,016 л газовой смеси. Эту смесь пропустили через 36 г раствора гидроксида натрия с плотностью 1,2 г/мл и концентрацией щелочи 5 моль/л, в результате чего массовая доля щелочи в растворе уменьшилась до 3,106%. Не поглощенную щелочью газовую смесь пропустили над избытком раскаленной меди, при этом объем газа уменьшился в 2 раза. Определите молекулярную формулу исходной аминокислоты и назовите ее.

**282.** Образец аминокислоты, входящей в состав белков, сожгли в 1,792 л (н. у.) кислорода. Образовавшуюся смесь веществ обработали 49,41 г раствора гидроксида бария с плотностью 1,23525 г/мл и концентрацией щелочи 1,5 моль/л, в результа-

те чего массовая доля щелочи в растворе уменьшилась до 4% и из раствора выпало 9,85 г осадка. Не поглощенную щелочью газовую смесь пропустили над избытком раскаленной меди, при этом объем газа уменьшился в 3,5 раза (н. у.) и составил 112 мл. Определите молекулярную формулу исходной аминокислоты и назовите ее.

**283.** 4,45 г аминокислоты, входящей в состав белков, сожгли в 6,44 л (н. у.) кислорода. После приведения полученной смеси веществ к н. у. сконденсировалось 3,15 г воды и осталась газовая смесь с плотностью по воздуху 1,3166. Эту смесь пропустили через 65 г раствора гидроксида калия с плотностью 1,3 г/мл и концентрацией щелочи 8 моль/л, в результате чего массовая доля щелочи в растворе уменьшилась до 7,82%. Не поглощенную щелочью газовую смесь пропустили над избытком раскаленной меди, при этом объем газа уменьшился в 5 раз (н. у.). Определите молекулярную формулу исходной аминокислоты и назовите ее.

**284.** Образец аминокислоты, входящей в состав белков, сожгли в 6,72 л (н. у.) кислорода. Образовавшуюся смесь веществ массой 15,9 г обработали 185 г раствора карбоната калия с плотностью 1,11 г/мл и концентрацией соли 1,5 моль/л, в результате чего массовая доля карбоната в растворе уменьшилась до 4,911%. Не поглощенную щелочью газовую смесь пропустили через трубку с избытком раскаленной меди, после чего масса трубки увеличилась на 3,36 г, а объем газа (н. у.) уменьшился в 4,5 раза. Определите молекулярную формулу исходной аминокислоты и назовите ее.

**285.** Образец соли аминокислоты, входящей в состав белков, массой 1,415 г сожгли в 1,176 л (н. у.) кислорода. Смесь веществ, образовавшихся в результате сжигания, привели к н. у., в результате чего получили 0,873 мл соляной кислоты с массовой долей хлороводорода 36,68% и плотностью 1,14 г/мл и газовую смесь, имеющую плотность по водороду 19,1. Определите молекулярную формулу исходной соли и назовите ее, если известно, что в результате пропускания газовой смеси через трубку, заполненную щелочью, ее объем уменьшился в 2,2 раза.

**286.** После сжигания 5,66 г соли аминокислоты, входящей в состав белков, образовалось 3,373 мл соляной кислоты с плотностью 1,18 г/мл и массовой долей хлороводорода 36,68% и 3,136 л смеси азота и углекислого газа с плотностью по водороду 20,85 (н. у.). Определите молекулярную формулу исходной соли и назовите ее.

**287.** 5,66 г соли аминокислоты, входящей в состав белков, сожгли в 4,704 л (н. у.) кислорода. После приведения смеси веществ, полученных в результате сгорания, к н. у. образовалось 3,49 мл

соляной кислоты с массовой долей хлороводорода 36,68% и плотностью 1,14 г/мл и газовая смесь, имеющая плотность 1,705 г/л, объем которой после пропускания через избыток раствора щелочи уменьшился в 2,2 раза. Определите молекулярную формулу исходной соли и назовите ее.

**288.** 8,928 г соли аминокислоты, входящей в состав белков, сожгли в 10,08 л (н. у.) кислорода. После приведения полученной смеси веществ к н. у. было получено 7,517 мл раствора фтороводородной кислоты с массовой долей кислоты 24,1% и плотностью 1,06 г/мл и газовая смесь с плотностью 1,814 г/л. После пропускания последней через избыток раствора щелочи объем последней уменьшился в 4,2 раза, а концентрация кислорода в ней достигла 0,02083 моль/л. Определите структурную формулу исходной соли и назовите ее.

**289.** 4,03 г соли аминокислоты, входящей в состав белков, сожгли в 5,712 л (н. у.) кислорода. После приведения смеси веществ, полученных в результате сгорания, к н. у. образовались 2,437 мл соляной кислоты с массовой долей хлороводорода 26,94% и плотностью 1,112 г/мл и газовая смесь, имеющая плотность 1,84 г/л, объем которой после пропускания через избыток раствора щелочи уменьшился в 4,6 раза. Определите молекулярную формулу исходной соли и назовите ее.

**290.** После сжигания 23 г соли аминокислоты, входящей в состав белков, в 26,6 л кислорода (н. у.) и приведения полученной после сгорания смеси веществ к н. у. образовалось 20,3 г соляной кислоты с массовой долей хлороводорода 26,88% и некоторое количество газовой смеси, имеющей плотность по водороду 20,35, объем которой после пропускания через избыток раствора щелочи уменьшился в 4 раза. Определите молекулярную формулу исходной соли и назовите ее.

**291.** 1,62 г дипептида сожгли в избытке кислорода. Смесь газообразных веществ пропустили через трубку с оксидом фосфора(V), а затем через раствор гидроксида кальция. Из полученной смеси удалили кислород и измерили объем оставшегося газа, который оказался равным 224 мл (н. у.). Масса трубки с оксидом фосфора(V) увеличилась на 0,9 г. Масса выпавшего осадка равна 5 г. Определите формулу дипептида, если известно, что одна из аминокислот — глицин.

**292.** Органическое основание, входящее в состав нуклеиновых кислот, сожгли в 4,48 л (н. у.) кислорода, в результате чего образовалось 0,9 г воды и 5,264 л (н. у.) газовой смеси с плотностью по кислороду 1,133, объем которой после пропускания через избыток раствора щелочи уменьшился до 3,024 л. Определите молекулярную формулу исходного основания и назовите его.

- 293.** Образец органического основания массой 2,52 г, входящего в состав нуклеиновых кислот, сожгли в избытке кислорода. После приведения полученной смеси веществ к н.у. сконденсировалось 1,08 г воды, и оставшаяся газовая смесь имела плотность 1,741 г/л (н.у.). Эту смесь пропустили через 50 г раствора гидроксида натрия с плотностью 1,25 г/мл и концентрацией щелочи 7,5 моль/л, в результате чего массовая доля щелочи в растворе уменьшилась до 7,353%. Не поглощенную щелочью газовую смесь пропустили над избытком раскаленной меди, при этом объем газа уменьшился в 3 раза. Определите молекулярную формулу исходного основания и назовите его.
- 294.** Некоторое количество органического основания, входящего в состав нуклеиновых кислот, сожгли в 4,032 л (н.у.) кислорода, в результате чего образовалось 1,62 г воды и 4,368 л (н.у.) газовой смеси с плотностью по водороду 20,32, объем которой после пропускания через избыток раствора щелочи уменьшился до 1,008 л. Определите молекулярную формулу исходного основания и назовите его.
- 295.** Образец органического основания, входящего в состав нуклеиновых кислот, массой 1,665 г сожгли в избытке кислорода, в результате чего образовались 0,675 г воды и газовая смесь с плотностью по водороду 18, объем которой после пропускания через избыток раствора щелочи уменьшился на 38,1% и составил 2,184 л (н.у.). Определите молекулярную формулу исходного основания и назовите его.
- 296.** В результате сжигания 3,78 г азотистого основания, входящего в состав нуклеиновых кислот, в избытке кислорода образовалось 1,62 г воды и 4,368 л (н.у.) газовой смеси с плотностью 1,813 г/л, объем которой после пропускания через трубку, заполненную щелочью, уменьшился до 1,008 л. Определите молекулярную формулу исходного основания и назовите его.
- 297.** 4,032 г азотистого основания, входящего в состав нуклеиновой кислоты, сожгли в 4,48 л (н.у.) кислорода. Полученную смесь веществ привели к н.у., и газовую смесь, имеющую плотность 1,799 г/л, пропустили через 40 мл раствора гидроксида натрия с массовой долей щелочи 20% и плотностью 1,2 г/мл, в результате чего объем газа уменьшился на 74,07% и был получен раствор с равными молярными концентрациями двух солей. Определите формулу и название сожженного вещества.
- 298.** 6,04 г азотистого основания, входящего в состав нуклеиновой кислоты, сожгли в 6,72 л (н.у.) кислорода. Полученную смесь веществ привели к н.у., и газовую смесь, имеющую плотность по воздуху 1,29, пропустили через 79,5 г раствора гидроксида калия с концентрацией щелочи 4,287 моль/л и плотностью

1,2 г/мл, в результате чего объем газа уменьшился на 54,05% и был получен раствор с равными массовыми долями двух солей. Определите формулу и название сожженного вещества.

**299.** Алкен с неразветвленной углеродной цепью, не имеющий цис- и транс-изомеров, количественно присоединил 20,25 г бромоводорода. Полученный продукт обработали 54,5 мл раствора гидроксида натрия с массовой долей щелочи 10% и плотностью 1,1 г/мл, в результате чего получилось 10,56 г спирта. Определите молекулярные формулы исходного алкена и полученного спирта и назовите их, если превращение галогенопроизводного в спирт происходит с выходом 80%.

**300.** При сжигании 17,6 г смеси фенола с диеновым углеводородом, имеющим неразветвленное строение и не имеющим пространственных изомеров, образовалось 14,4 г воды. Определите молекулярную формулу и название неизвестного углеводорода, если известно, что такое же количество исходной смеси обесцвечивает 222,2 мл раствора брома в тетрахлориде углерода с массовой долей брома 20% и плотностью 1,8 г/мл.

**301.** 2,37 г смеси анилина с диеновым углеводородом, углеродная цепь которого имеет два разветвления и который имеет два пространственных изомера, обесцвечивает 55 мл раствора брома в тетрахлориде углерода с массовой долей брома 10% и плотностью 1,745 г/мл. Определите молекулярную формулу и название диенового углеводорода, если известно, что при полном сгорании такого же количества этой смеси образуется 3,808 л газов (н. у.).

**302.** При нагревании 29,6 г предельного нециклического одноатомного спирта с серной кислотой образовалось 24,2 г смеси простого эфира и трех изомерных алкенов. Определите молекулярные формулы исходного и конечных соединений и назовите их, если известно, что массовая доля кислорода в полученной смеси органических веществ составляла 6,61%.

**303.** После нагревания смеси двух предельных неразветвленных одноатомных спиртов с кислотным катализатором образовалось 79,8 г смеси трех веществ одного гомологического ряда в молярном соотношении 1 : 2 : 4 в порядке возрастания молярной массы и 12,6 г воды. Определите формулы исходных спиртов, если их молярные массы относятся как 1 : 1,67. Общий выход продуктов считать 100%.

**304.** В результате нагревания 50,9 г смеси двух одноатомных предельных спиртов с кислотным катализатором было получено 41,9 г смеси трех веществ одного гомологического ряда в молярном соотношении 1 : 1,5 : 2,5 в порядке убывания молярной

массы. Определите формулы исходных спиртов, если известно, что их молярные массы соотносятся как 1 : 1,304. Общий выход продуктов считать 100%.

**305.** Смесь двух одноатомных насыщенных спиртов, молярные массы которых соотносятся как 1 : 1,875, нагрели с кислотным катализатором, в результате чего масса органических веществ уменьшилась на 20,83% и образовалось 17,1 г смеси трех веществ одного гомологического ряда в молярном соотношении 1 : 1 : 0,5 в порядке возрастания молярной массы. Определите формулы и массы исходных спиртов. Общий выход продуктов считать 100%.

**306.** При сжигании 20 г смеси метанола с насыщенным двухатомным спиртом образовалось 16,8 л оксида углерода(IV) (н. у.), а при обработке такого же количества смеси избытком натрия выделилось 6,16 л водорода (н. у.). Назовите возможные изомеры двухатомного спирта и определите его массовую долю в исходной смеси.

**307.** При взаимодействии избытка металлического натрия с 23,8 г смеси бутанола-2 с насыщенным двухатомным спиртом выделилось 4,48 л газа (н. у.). При сжигании такого же количества этой смеси в избытке кислорода образуется 27 г воды. Предложите названия возможных изомеров исходного двухатомного спирта.

**308.** Смесь этанола с насыщенным двухатомным спиртом массой 15,8 г обработали избытком металлического натрия, при этом выделилось 3,92 л газа (н. у.). Предложите названия возможных изомеров — двухатомного спирта, если при сжигании такого же количества исходной смеси образуется 15,68 л углекислого газа (н. у.).

**309.** Пары смеси двух одноатомных спиртов с плотностью по водороду 23 смешали с равным объемом кислорода и пропустили через раскаленную медную сетку. Продукты реакции растворили в избытке аммиачного раствора оксида серебра и осторожно нагрели. При этом выпало 6,48 г осадка, а при добавлении к оставшемуся раствору избытка соляной кислоты выделилось 224 мл газа (н. у.). Определите качественный и количественный (в массовых долях) состав исходной смеси спиртов.

**310.** После пропускания паров смеси двух предельных первичных спиртов через нагретую трубку, заполненную избытком оксида меди, масса трубки уменьшилась на 6,4 г. Половину полученных продуктов сожгли в избытке кислорода и получили 20,16 л (н. у.) газовой смеси с плотностью по водороду 18. Оставшиеся органические вещества обработали избытком аммиачного

раствора оксида серебра и получили 75,6 г осадка. Определите массовые доли спиртов в их исходной смеси.

**311.** 6,2 г смеси двух одноатомных насыщенных спиртов испарили и пропустили с избытком кислорода над нагретым медным катализатором. При обработке образовавшихся продуктов избытком аммиачного раствора оксида серебра выпало 54 г осадка. Определите качественный и количественный состав исходной смеси спиртов, если известно, что при действии избытка натрия на 18,6 г такой же смеси выделяется 5,04 л газа (н. у.). Выход во всех реакциях 100%.

**312.** В результате пропускания через раскаленную трубку, заполненную оксидом меди, смеси паров двух насыщенных одноатомных спиртов масса трубки уменьшилась на 0,8 г и образовалось 2,06 г смеси двух органических веществ, при растворении которых в воде и дальнейшей обработке избытком аммиачного раствора оксида серебра выделилось 17,28 г осадка. Определите качественный и количественный (в массовых долях) состав исходной смеси спиртов, учитывая, что выход во всех реакциях составляет 100%.

**313.** Пары смеси двух предельных первичных спиртов пропустили при нагревании через трубку, заполненную избытком оксида меди, в результате чего масса вещества в трубке уменьшилась на 4,8 г. Четыре пятых полученных продуктов сожгли в избытке кислорода и получили 13,44 л (н. у.) газовой смеси с плотностью по водороду 20,8. Оставшиеся органические вещества обработали избытком аммиачного раствора оксида серебра и получили 21,6 г осадка. Определите качественный и количественный состав исходной смеси спиртов.

**314.** Для нейтрализации 2,66 г смеси уксусной и предельной двухосновной кислоты с неразветвленной углеродной цепью потребовалось 30 мл раствора гидроксида натрия с массовой долей щелочи 5% и плотностью 1,067 г/мл. Предложите структурную формулу этой кислоты, если известно, что при сжигании 13,3 г такой же смеси кислот образуется 11,2 л оксида углерода(IV) (н. у.).

**315.** При дегидратации спиртов, полученных гидролизом 22 г смеси двух изомерных насыщенных сложных эфиров, образовалось 5,6 л смеси газообразных алкенов с плотностью 1,406 г/л (н. у.). Определите качественный и количественный состав исходной смеси сложных эфиров.

**316.** 22 г смеси двух изомерных насыщенных сложных эфиров обработали 121,2 мл раствора гидроксида натрия с массовой долей щелочи 12% и плотностью 1,1 г/мл. После завершения реак-

ций массовая доля щелочи в полученном растворе составила 3,87%. Определите возможные структурные формулы исходных сложных эфиров.

**317.** При дегидратации спиртов, полученных гидролизом 45,9 г смеси трех изомерных насыщенных сложных эфиров, образовалось 10,08 л (н. у.) смеси пяти газообразных алкенов с плотностью по водороду 20,22, в которой объемная доля алкена с наименьшей молярной массой составила 22,22%. Определите качественный и количественный состав исходной смеси сложных эфиров.

**318.\*** 52,8 г смеси трех изомерных насыщенных сложных эфиров обработали 204,3 мл раствора гидроксида натрия с массовой долей щелочи 15% и плотностью 1,175 г/мл. После завершения реакций массовые доли щелочи и соли кислоты с наименьшей молярной массой в полученном растворе составили 4,1% и 5,806% соответственно, а суммарная массовая доли спиртов — 9,187%. Определите качественный и количественный состав исходной смеси эфиров.

**319.** 35,2 г смеси трех изомерных насыщенных сложных эфиров обработали 96 мл раствора гидроксида натрия с массовой долей щелочи 20% и плотностью 1,25 г/мл. После окончания всех реакций был получен раствор, содержащий две соли с суммарной массовой долей 19,33% и щелочь с массовой долей 5,155%. Молярная доля одного из образовавшихся спиртов оказалась в 2 раза большей, чем каждого из остальных. Определите качественный и количественный состав исходной смеси сложных эфиров.

**320.** Смесь трех изомерных насыщенных сложных эфиров обработали 142,4 мл раствора гидроксида калия с массовой долей щелочи 15% и плотностью 1,18 г/мл. После окончания всех реакций было получено 166 мл раствора с плотностью 1,171 г/мл и молярной концентрацией щелочи 0,9036 моль/л, содержащего две соли с суммарной массовой долей 14,4%. В растворе также присутствовали три спирта с равными молярными концентрациями. Определите качественный и количественный состав исходной смеси сложных эфиров.

**321.** Образец жира, содержащего остатки только олеиновой и линолевой кислот, обработали избытком бромной воды, в результате чего масса жира увеличилась на 32 г. Полученное вещество нагревали с 71,8 мл раствора гидроксида натрия с массовой долей щелочи 26,65% и плотностью 1,17 г/мл до окончания всех химических реакций. Определите состав исходного жира, если известно, что объем конечного раствора равнялся 100 мл, а концентрация гидроксида натрия в нем составляла 0,4 моль/л.

- 322.** На полное гидрирование некоторого количества жира, содержащего только остатки олеиновой и линоленовой кислот, израсходовано 39,2 л водорода (н. у.). При гидролизе продукта гидрирования получено 23 г глицерина. Определите массу исходного жира и молярное соотношение непредельных кислот, входящих в его состав.
- 323.** Смесь глюкозы с одной из пентоз, входящих в состав нуклеиновых кислот, сожгли в 2,24 л кислорода (н. у.), полученную газовую смесь пропустили через избыток раствора гидроксида бария, после чего выпало 15,76 г осадка и осталось 0,336 л газа (н. у.). Определите молекулярную формулу и название пентозы, если известно, что при нагревании такого же количества исходной смеси веществ с избытком аммиачного раствора оксида серебра выделяется 3,24 г осадка.
- 324.** Смесь пентозы, входящей в состав нуклеиновых кислот, с сахарозой сожгли в 11,2 л кислорода (н. у.). Полученную газовую смесь пропустили через избыток раствора гидроксида бария, после чего выпало 63,04 г осадка и осталось 3,7184 л газа (н. у.). Определите молекулярную формулу и название пентозы, если известно, что при нагревании такого же количества исходной смеси веществ с избытком аммиачного раствора оксида серебра выделяется 6,048 г осадка.
- 325.** Органические продукты гидролиза мононуклеотида, содержащего остаток цитозина и фосфатную группу только в одном положении, сожгли в 2,688 л кислорода (н. у.). Полученную газовую смесь пропустили через избыток раствора гидроксида бария, после чего выпало 17,73 г осадка и осталось 0,728 л газа (н. у.). Предложите название этого нуклеотида, если известно, что на нейтрализацию неорганического продукта его гидролиза потребовалось 25,23 мл раствора гидроксида калия с массовой долей щелочи 12% и плотностью 1,11 г/мл.
- 326.** Органические продукты гидролиза мононуклеотида, содержащего остаток аденина и фосфатную группу только в одном положении, сожгли в 0,672 л кислорода (н. у.), полученную газовую смесь пропустили через избыток раствора гидроксида бария, после чего выпало 3,94 г осадка и остался газ с плотностью по водороду 15,2. Предложите название этого нуклеотида, если известно, что при взаимодействии неорганического продукта его гидролиза с избытком нитрата серебра образовалось 2,514 г осадка.
- 327.** Органические продукты гидролиза мононуклеотида, содержащего остаток гуанина и фосфатную группу только в одном положении, сожгли в 851,2 мл кислорода (н. у.). Полученную газовую смесь пропустили через избыток раствора щелочи, в результате

чего объем газов уменьшился на 40% и составил 537,6 мл (н. у.). Предложите название этого нуклеотида, если известно, что на нейтрализацию неорганического продукта его гидролиза потребовалось 32,64 г раствора гидроксида калия с молярной концентрацией щелочи 0,3 моль/л и плотностью 1,02 г/мл.

**328.** Органические продукты гидролиза мононуклеотида, содержащего остаток пиримидинового основания, комплементарного аденину, и фосфатную группу только в одном положении, сожгли в избытке кислорода, полученная при этом газовая смесь после приведения к н. у. имела плотность 1,739 г/л. Ее пропустили в избыток раствора щелочи, в результате чего объем газов уменьшился на 60% и составил 224 мл (н. у.). Предложите название этого нуклеотида, если известно, что на нейтрализацию неорганического продукта его гидролиза потребовалось 9,6 мл раствора гидроксида калия с массовой долей щелочи 5% и плотностью 1,05 г/мл.

**329.** Органические продукты гидролиза мононуклеотида, содержащего остаток цитозина и фосфатную группу только в одном положении, сожгли в 2,688 л кислорода (н. у.), полученную газовую смесь пропустили через избыток раствора гидроксида бария, после чего выпало 17,73 г осадка и осталось 0,728 л газа (н. у.). Предложите название этого нуклеотида, если известно, что на нейтрализацию неорганического продукта его гидролиза потребовалось 25,23 мл раствора гидроксида калия с массовой долей щелочи 12% и плотностью 1,11 г/мл.

**330.** Органические продукты гидролиза рибонуклеотида, содержащего остаток пиримидинового основания и фосфатную группу только в одном положении, сожгли в избытке кислорода, полученная при этом газовая смесь после конденсации паров воды имела плотность по воздуху 1,369. Ее пропустили через 24,59 мл раствора гидроксида натрия с массовой долей щелочи 5% и плотностью 1,054 г/мл, в результате чего объем газов уменьшился на 67,92% и получился раствор с равными молярными концентрациями двух солей. Предложите название этого нуклеотида, если известно, что на нейтрализацию неорганического продукта его гидролиза потребовалось 73,44 г раствора гидроксида калия с молярной концентрацией щелочи 0,3 моль/л и плотностью 1,02 г/мл.

**331.** Органические продукты гидролиза рибонуклеотида, содержащего остаток пуринового основания и фосфатную группу только в одном положении, сожгли в 1,764 л кислорода (н. у.). Полученную газовую смесь пропустили через избыток раствора щелочи, в результате чего объем газов уменьшился на 57,14% и составил 0,84 л (н. у.). Предложите название этого нуклеотида, если

известно, что на нейтрализацию неорганического продукта его гидролиза потребовалось 41,18 мл раствора гидроксида калия с массовой долей щелочи 2% и плотностью 1,02 г/мл.

**332.** Органические продукты гидролиза 1,2864 г дезоксирибонуклеотида, содержащего остаток пиримидинового основания и фосфатную группу только в одном положении, сожгли в 734,72 мл кислорода (н. у.). Полученная при этом газовая смесь после приведения к н. у. имела объем, на 17,073% превышающий объем исходного кислорода. Ее пропустили в избыток раствора щелочи, в результате чего объем газов уменьшился на 83,333% и конечная газовая смесь имела плотность по водороду 15. Предложите название этого нуклеотида.

**333.** Органические продукты гидролиза 1,8536 г дезоксирибонуклеотида, содержащего остаток пуринового основания и фосфатную группу только в одном положении, сожгли в 1,792 л кислорода (н. у.). Полученную при этом газовую смесь привели к н. у. и пропустили в 17,13 мл раствора гидроксида калия с массовой долей щелочи 20% и плотностью 1,3 г/мл, в результате был получен раствор, содержащий две соли с равными массовыми долями, а объем газа уменьшился на 66,51%. Предложите название этого нуклеотида.

### 3.3.4. Определение числа фрагментов в высокомолекулярном соединении

**334.** Продукт неполного гидролиза крахмала (декстрин) нагревали до окончания химических реакций с 43,86 мл раствора серной кислоты с массовой долей кислоты 20% и плотностью 1,14 г/мл. В результате этого был получен раствор, в котором массовая доля воды составила 16,76%. Одну двадцатую часть этого раствора отобрали, кислоту нейтрализовали и нагревали с избытком аммиачного раствора оксида серебра, при этом образовалось 8,1 г осадка. Определите число моносахаридных фрагментов, входивших в молекулу декстрина.

**335.** Продукт неполного гидролиза крахмала (декстрин) растворили в 9 мл раствора серной кислоты с массовой долей кислоты 15% и плотностью 1,111 г/мл. Раствор нагревали до окончания химических реакций, в результате чего получили раствор, в котором массовая доля воды составила 38,19%. При нагревании этого раствора с избытком аммиачного раствора оксида серебра образовалось 12,96 г осадка. Определите число моносахаридных фрагментов, входивших в молекулу декстрина.

**336.** Образец полипептида, состоящего из фрагментов глицина и лизина, массой 24,38 г растворили в 50 мл раствора соляной кис-

лоты с массовой долей кислоты 36,5% и плотностью 1,2 г/мл и нагревали до полного окончания гидролиза полипептида. Был получен раствор с плотностью 1,125 г/мл, в котором концентрация хлороводорода составила 2,67 моль/л, а массовая доля воды — 38,97%. Определите общее число аминокислотных фрагментов в молекуле полипептида.

**337.** Образец полипептида, состоящего из фрагментов серина и лизина, массой 68,04 г растворили в 100 мл раствора соляной кислоты с массовой долей кислоты 36,5% и плотностью 1,2 г/мл и нагревали до полного окончания гидролиза полипептида. Был получен раствор с плотностью 1,125 г/мл, в котором концентрация хлороводорода составила 1,436 моль/л, а массовая доля воды — 35,35%. Определите число аминокислотных фрагментов в молекуле полипептида.

**338.** Образец полипептида массой 23,73 г, состоящего из фрагментов аланина и глутаминовой кислоты в численном соотношении 3:2, поместили в раствор гидроксида натрия объемом 64 мл с массовой долей щелочи 25% и плотностью 1,25 г/мл. После нагревания смеси до полного окончания гидролиза полипептида был получен раствор, имеющий плотность 1,153 г/мл, в котором концентрация гидроксида натрия составила 1,67 моль/л. Определите общее число аминокислотных остатков в молекуле полипептида.

**339.** Образец полипептида массой 57,96 г, состоящего из фрагментов фенилаланина и глутаминовой кислоты, поместили в раствор гидроксида натрия объемом 102,4 мл с массовой долей щелочи 25% и плотностью 1,25 г/мл. После нагревания смеси до полного окончания гидролиза полипептида был получен раствор, имеющий плотность 1,153 г/мл, в котором концентрация гидроксида натрия составила 0,868 моль/л, а суммарная массовая доля солей 42,75%. Определите число аминокислотных остатков в молекуле полипептида.

**340.** Образец пептида массой 13,02 г, состоящего из остатков глицина, серина и глутаминовой кислоты, растворили в 33,06 мл раствора гидроксида натрия с массовой долей щелочи 20% и плотностью 1,21 г/мл, после чего массовая доля щелочи в растворе уменьшилась до 10,56%. Полученную смесь нагревали до окончания химических реакций. Массовая доля гидроксида натрия в конечной смеси оказалась равной 1,509%, а массовая доля соли с наименьшей молярной массой — 7,318%. Определите, сколько остатков каждой аминокислоты входило в состав пептида.

**341.** Образец пептида массой 3,695 г, состоящего из остатков глицина, фенилаланина и лизина, растворили в 13,62 мл раствора

соляной кислоты с массовой долей хлороводорода 15% и плотностью 1,072 г/мл, после чего массовая доля хлороводорода в растворе уменьшилась до 8,978%. Полученную смесь нагревали до окончания химических реакций. Массовая доля воды в конечной смеси оказалась равной 64,88%, а массовая доля соли с наименьшей молярной массой — 9,142%. Определите, сколько остатков каждой аминокислоты входило в состав пептида.

**342.** В результате сжигания образца двухцепочечной ДНК образовалось 54,88 мл оксида углерода(IV) и 10,36 мл азота (н. у.). Определите соотношение числа остатков тимина и цитозина, входящих в состав этой ДНК, если известно, что обе цепи имеют одинаковую длину и все азотистые основания строго комплементарны.

**343.** Образец двухцепочечной ДНК сожгли в избытке кислорода и получили газовую смесь, содержащую по объему 33% оксида углерода(IV) и 6,45% азота. Определите соотношение числа остатков аденина и гуанина, входящих в состав этой ДНК, если известно, что обе цепи имеют одинаковую длину и все азотистые основания строго комплементарны.

**344.** Образец двухцепочечной ДНК, в которой все нуклеиновые основания строго комплементарны, сожгли в избытке кислорода. Образовавшуюся газовую смесь при н. у. пропустили через трубку, заполненную щелочью, в результате чего ее объем уменьшился в 2,05 раз. Остаток газовой смеси, имеющей плотность по водороду 15,6, пропустили через трубку с раскаленной медью, после чего масса трубки увеличилась на 1,6 мг. Определите соотношение остатков цитозина и аденина, входивших в состав молекулы ДНК.

**345.** Образец двухцепочечной ДНК, в которой все нуклеиновые основания строго комплементарны, сожгли в избытке кислорода. Образовавшуюся газовую смесь, имеющую плотность по воздуху 1,267, пропустили через нагретую трубку, заполненную медью, в результате чего ее объем уменьшился в 2 раза. Остаток газовой смеси пропустили через трубку со щелочью, после чего масса трубки увеличилась на 2,2 мг. Определите соотношение остатков тимина и гуанина, входивших в состав молекулы ДНК.

### 3.4. Тепловые эффекты химических реакций

**346.** При сгорании некоторого количества сахарозы выделилось 113,4 кДж теплоты. Определите теплоту сгорания сахарозы (в кДж/моль), если известно, что при растворении продуктов сгорания этого количества сахарозы в 85 мл раствора гидро-

ксида натрия с массовой долей щелочи 15% и плотностью 1,13 г/мл образовался раствор с равными молярными концентрациями кислой и средней соли.

**347.** После нагревания 17,6 г предельного одноатомного спирта, имеющего неразветвленную углеродную цепь, с серной кислотой получили 14,9 г смеси простого эфира и двух изомерных алкенов. Предложите название полученного простого эфира и рассчитайте его массу, если известно, что при сгорании 100 г исходного спирта выделяется 3636 кДж теплоты, а теплота сгорания его равна 3200 кДж/моль.

**348.** Для получения 1 моль озона в озонаторе расходуется 580 кДж электроэнергии, причем 75% ее рассеивается в виде тепла и света. Определите состав озонированного воздуха (в объемных долях), полученного при пропускании через озонатор 10 л атмосферного воздуха, если известно, что при разложении образовавшегося озона выделилось 2,9 кДж теплоты. Считать, что атмосферный воздух содержит 21% кислорода и 79% азота (по объему).

**349.** В результате пропускания 10 л воздуха (н. у.) через озонатор плотность его увеличилась на 3,627%. При разложении всего образовавшегося озона выделилось 4,53 кДж теплоты. Определите состав озонированного воздуха в процентах по объему и теплоту образования озона. Воздух считать состоящим из 21% кислорода и 79% азота по объему.

**350.** 5,6 л азотно-кислородной смеси, в которой массовые доли веществ равны между собой, пропустили через озонатор, в результате чего плотность исходной газовой смеси оказалась на 4% меньше плотности конечной смеси. Определите состав полученной газовой смеси в % по объему и теплоту образования озона, если известно, что при разложении всего полученного озона выделилось 2,9 кДж теплоты. Все объемы измерены при н. у.

**351.** Смесь азота с кислородом, в которой массовые доли газов равны между собой, пропустили через озонатор, в результате чего плотность газовой смеси увеличилась на 4,167%. Определите объем исходной смеси газов (н. у.) и состав полученной газовой смеси в % по объему, если известно, что при последующем разложении всего образовавшегося озона выделилось 2,9 кДж теплоты. Теплота образования озона равна (-145 кДж/моль).

**352.** Некоторое количество смеси азота с кислородом, в которой массовые доли газов равны между собой, пропустили через озонатор, в результате чего объем газовой смеси уменьшился на 4%. Определите объем исходной смеси газов (н. у.) и состав полученной газовой смеси в % по объему, если известно, что

при последующем разложении всего образовавшегося озона выделилось 2,9 кДж теплоты, а теплота образования озона равна (-145 кДж/моль).

**353.** Смесь аргона с кислородом, в которой массовые доли газов равны между собой, пропустили через озонатор. Определите объем исходной смеси газов (н. у.) и состав полученной газовой смеси в % по объему, если известно, что плотность исходной газовой смеси была на 5,55% меньше плотности конечной газовой смеси при тех же условиях и что при последующем разложении всего образовавшегося озона выделилось 5,8 кДж теплоты. Теплота образования озона равна (-145 кДж/моль).

**354.** При сжигании 2,08 г смеси фосфора с кремнием выделилось 56,32 кДж теплоты. Полученную смесь веществ обработали 20 мл воды, затем в образовавшийся раствор пропустили 1,344 л (н. у.) аммиака. Определите массовые доли веществ в исходной смеси элементов и молярные концентрации веществ в конечном растворе, если известно, что плотность его равна 1,12 г/мл, а теплоты образования оксидов фосфора и кремния равны 1508 и 872 кДж/моль соответственно.

**355.** Смесь триметиламина с этаном с плотностью по кислороду 1,3 сожгли в избытке кислорода, в результате чего выделилось 93,62 кДж теплоты. Продукты сгорания обработали 74,86 г раствора гидроксида натрия с плотностью 1,31 г/мл и концентрацией щелочи 3,5 моль/л. Определите массовые доли веществ в полученном растворе, если известно, что теплоты сгорания триметиламина и этана равны 2338 и 1562 кДж/моль соответственно.

**356.** При сжигании раствора анилина в бензоле в избытке кислорода выделилось 106,4 кДж теплоты. После пропускания образовавшейся газовой смеси в 70,8 г раствора гидроксида калия с плотностью 1,18 г/мл и концентрацией щелочи 4 моль/л осталось 739,2 мл газовой смеси с плотностью 1,396 г/л (н. у.). Определите массовые доли веществ в полученном растворе, если известно, что теплоты сгорания анилина и бензола равны 3400 и 3280 кДж/моль соответственно.

**357.** При сжигании некоторого количества смеси серы с фосфором в 17,92 л (н. у.) кислорода выделилось 172,4 кДж теплоты. На полную нейтрализацию раствора продуктов сгорания в 100 мл воды потребовалось 235 г раствора гидроксида натрия с плотностью 1,175 г/мл и с концентрацией щелочи 4,25 моль/л. Определите объем оставшегося кислорода и массовые доли веществ в конечном растворе, если известно, что теплоты образования оксида фосфора(V) и оксида серы(IV) равны 1507 и 297 кДж/моль соответственно.

- 358.** При сжигании 11,2 л смеси метана и этана (н. у.) выделилось 646 кДж теплоты. Образовавшийся оксид углерода(IV) пропустили через 440 мл раствора гидроксида натрия с массовой долей щелочи 10% и плотностью 1,1 г/мл. Определите состав образовавшегося раствора (в массовых долях), если известно, что теплоты сгорания метана и этана равны 890 и 1560 кДж/моль соответственно.
- 359.** 15,68 л смеси сероводорода и кислорода (н. у.) подожгли. В результате исходные вещества полностью прореагировали, образовались некоторые количества серы и оксида серы(IV) и выделилось 129,8 кДж теплоты. В раствор, образовавшийся после охлаждения продуктов реакции, пропустили 3,36 л (н. у.) аммиака. Определите состав исходной газовой смеси в массовых долях и концентрации веществ в конечном растворе, если известно, что его плотность составила 1,12 г/мл, а теплоты сгорания сероводорода до серы и до оксида серы(IV) равны 246 и 560 кДж/моль соответственно.
- 360.** Сероводород смешали с кислородом и получили смесь с плотностью 1,4698 г/л (н. у.). Смесь подожгли, при горении выделилось 136,6 кДж теплоты. Определите объемы взятых газов (н. у.), если известно, что теплоты сгорания сероводорода до серы и до оксида серы(IV) равны 246 и 560 кДж/моль соответственно и что исходные вещества прореагировали полностью.
- 361.** Смесь кислорода с сероводородом, имеющую плотность по воздуху 1,139, подожгли, в результате чего выделилось 185,8 кДж теплоты. Определите объемы газов в исходной смеси (н. у.), если известно, что теплоты сгорания сероводорода до серы и до оксида серы(IV) равны 246 и 560 кДж/моль соответственно и что исходные вещества прореагировали полностью.
- 362.** 14 л смеси сероводорода с кислородом (н. у.) с плотностью по водороду 16,56 подожгли, в результате чего выделилось 117,5 кДж теплоты. Определите теплоту сгорания сероводорода до оксида серы(IV), если известно, что оба исходных вещества прореагировали полностью и что при окислении кислородом 17 г сероводорода до серы выделяется 123 кДж теплоты.
- 363.** Сосуд емкостью 2,8 л при н. у. заполнили смесью сероводорода с кислородом с плотностью по воздуху 1,142 и смесь подожгли, в результате чего выделилось 23,5 кДж теплоты. Определите теплоту сгорания сероводорода до оксида серы(IV), если известно, что оба исходных вещества прореагировали полностью и что при окислении кислородом 68 г сероводорода до серы выделяется 492 кДж теплоты.

- 364.** При полном сгорании 27,4 г смеси метанола, этанола и гексана выделилось 943,6 кДж теплоты и образовалось 29,12 л (н. у.) оксида углерода(IV). Определите массовые доли веществ в исходной смеси, если известно, что теплоты сгорания метанола, этанола и гексана равны 636, 1378 и 4772 кДж/моль соответственно.
- 365.** При полном сгорании смеси, содержащей по массе 35% метанола, 33,6% этанола и гексан выделилось 943,6 кДж теплоты. Определите объем образовавшегося при этом оксида углерода(IV) (н. у.), если известно, что теплоты сгорания метанола, этанола и гексана равны 636, 1378 и 4772 кДж/моль соответственно.
- 366.** При полном сгорании 45,8 г раствора анилина и аланина в этаноле выделилось 1305 кДж теплоты и образовалось 2,24 л азота (н. у.). Определите массовые доли веществ в исходном растворе, если известно, что теплоты сгорания анилина, аланина и этанола равны 3320, 1590 и 1370 кДж/моль соответственно.
- 367.** При полном сгорании раствора анилина и аланина в этаноле с массовой долей анилина 20,31% выделилось 1305 кДж теплоты и образовалось 2,24 л азота (н. у.). Определите массу исходного раствора, если известно, что теплоты сгорания анилина, аланина и этанола равны 3320, 1590 и 1370 кДж/моль соответственно.
- 368.\*** Два из трех газов (сероводород, кислород и водород) смешали и получили газовую смесь, плотность которой равна плотности третьего газа. Полученную газовую смесь смешали с равным объемом третьего газа и под давлением поместили в сосуд емкостью 2,8 л, заполненный водородом при н. у., и сосуд закрыли. В результате поджигания смеси газов в сосуде выделилось 219 кДж теплоты. Определите объемы взятых газов (н. у.), если известно, что теплота окисления сероводорода до серы и воды равна 246 кДж/моль, а теплоты сгорания водорода и сероводорода равны 286 и 560 кДж/моль соответственно.
- 369.** Один и тот же сосуд при н. у. поочередно заполняли тремя различными неорганическими газами, при этом сосуд каждый раз взвешивали и его масса составляла 171, 123 и 168 г соответственно. Плотность третьего газа по второму равна 16, а плотность третьего газа по аммиаку равна 1,882. Эти газы смешали и полученную газовую смесь под давлением поместили в другой сосуд, заполненный при н. у. одним из этих трех газов. В результате поджигания смеси газов в сосуде выделилось 1112 кДж теплоты. Определите массы образовавшихся веществ и объем второго сосуда, если известно, что теплоты сгорания водорода и сероводорода равны 286 и 560 кДж/моль соответственно, а теплота окисления сероводорода до серы и воды равна 246 кДж/моль.

### 3.5. Скорость химических реакций

- 370.** Скорость реакции этерификации в растворе в толуоле, в котором массовая доля уксусной кислоты составляет 13,3%, а массовая доля метанола — 7,11%, при 70 °С равна 0,144 моль/(л·мин). Плотность раствора 0,9 г/мл. Скорость реакции прямо пропорциональна произведению молярных концентраций реагирующих веществ. Определите коэффициент пропорциональности в уравнении для скорости реакции при 40 °С, если известно, что температурный коэффициент скорости реакции равен трем.
- 371.** К раствору масляной кислоты в этиловом спирте добавили 6,94 мл 98%-ной (по массе) серной кислоты (плотность 1,8 г/мл), при этом общий объем раствора составил 250 мл. На нейтрализацию 10 мл такого раствора потребовалось 8,33 мл раствора гидроксида натрия с массовой долей щелочи 20% и плотностью 1,2 г/мл. Остальной раствор нагревали в течение 40 мин. После быстрого охлаждения на нейтрализацию 10 мл раствора потребовалось 6,67 мл такого же раствора щелочи. Определите среднюю скорость реакции этерификации в этом интервале времени.
- 372.** К смеси этилового спирта с уксусной кислотой добавили 13,88 мл раствора серной кислоты с массовой долей кислоты 98% и плотностью 1,8 г/мл, причем общий объем смеси составил 250 мл. При взаимодействии 10 мл такого раствора с избытком гидрокарбоната натрия выделилось 2,24 л газа (н. у.). Остальной раствор нагревали в течение 30 мин. После быстрого охлаждения при реакции 10 мл раствора с гидрокарбонатом натрия выделяется 1,12 л газа (н. у.). Определите среднюю скорость реакции этерификации в этом интервале времени.
- 373.** Метилацетат смешали с некоторым количеством воды и получили раствор с плотностью 0,92 г/мл. 1 мл этого раствора отобрали и обработали избытком натрия, в результате чего выделилось 112 мл газа (н. у.). В остальной раствор добавили каплю серной кислоты и выдерживали при 50 °С. Через 30 минут отобрали еще 1 мл раствора и также обработали избытком натрия, при этом выделилось 134,4 мл газа (н. у.). Определите время, за которое при 70 °С подвергнется гидролизу 25% исходного метилацетата, если температурный коэффициент скорости этой реакции равен 2,5. Зависимостью скорости от концентраций пренебречь.
- 374.** Растворением метилацетата в воде приготовили 184 г раствора с плотностью 0,92 г/мл. От этого раствора отделили 5 мл и обработали избытком натрия, в результате чего выделилось 560 мл газа (н. у.). К остальному раствору добавили каплю

серной кислоты и выдерживали при  $50\text{ }^{\circ}\text{C}$  в течение 45 минут, затем раствор охладили, отделили от него еще 5 мл и также обработали избытком натрия, в результате чего выделилось 672 мл газа (н. у.). Остальной раствор нагревали при  $60\text{ }^{\circ}\text{C}$  еще 10 минут. Определите массы органических веществ, содержащихся в полученной смеси. Температурный коэффициент скорости реакции равен 2,5. Зависимостью скорости от концентраций пренебречь.

**375.** Растворением метилацетата в воде приготовили раствор с плотностью 0,92 г/мл. От этого раствора отделили 5 мл и обработали избытком натрия, в результате чего выделилось 560 мл газа (н. у.). К оставшемуся раствору добавили каплю серной кислоты и выдерживали при  $50\text{ }^{\circ}\text{C}$  в течение 45 минут, затем раствор охладили, отделили от него еще 5 мл и также обработали избытком натрия, в результате чего выделилось 672 мл газа (н. у.). Остальной раствор нагревали при  $60\text{ }^{\circ}\text{C}$  еще 10 минут. Определите массы метилацетата в исходном и конечном растворах, если известно, что масса метанола в конечном растворе составила 18,9 г. Температурный коэффициент скорости реакции равен 2,5. Зависимостью скорости от концентраций пренебречь.

**376.** Скорость реакции спиртового брожения глюкозы не зависит от ее концентрации и прямо пропорциональна концентрации ферментов. Определите выход и молярную концентрацию этанола в растворе, полученном в результате брожения смеси 8 л 16,82%-ного (по массе) раствора глюкозы (плотность 1,07 г/мл) с 2 л дрожжевого экстракта в течение двух суток, если известно, что при той же температуре за 1 час из смеси 100 мл раствора глюкозы с 100 мл такого же дрожжевого экстракта выделяется 112 мл углекислого газа (н. у.). Растворимостью углекислого газа в воде и изменениями объемов растворов пренебречь.

**377.** При  $38\text{ }^{\circ}\text{C}$  из смеси 50 мл раствора глюкозы и 50 мл дрожжевого экстракта за 30 минут выделилось 1,68 л углекислого газа (н. у.). Рассчитайте время, за которое при  $18\text{ }^{\circ}\text{C}$  80% всей глюкозы, содержащейся в растворе, полученном смешиванием 8 л раствора глюкозы с массовой долей 16,82% и плотностью 1,07 г/мл с 2 л такого же дрожжевого экстракта, превратилось в спирт. Скорость реакции спиртового брожения глюкозы не зависит от ее концентрации и прямо пропорциональна концентрации фермента, температурный коэффициент скорости реакции брожения в данном интервале температур равен 4. Растворимостью углекислого газа в воде и изменениями объема раствора пренебречь.

**378.** Рассчитайте время, за которое 70% всей глюкозы, содержащейся в растворе, полученном смешиванием 12 л раствора глю-

козы, в которой молярная концентрация органического вещества составляет 0,75 моль/л, с 1 л дрожжевого экстракта, при 28 °С превратится в спирт, если известно, что при 38 °С из смеси 100 мл раствора глюкозы с 50 мл такого же дрожжевого экстракта за 1 час выделилось 840 мл углекислого газа (н. у.). Скорость реакции спиртового брожения не зависит от концентрации глюкозы и прямо пропорциональна концентрации ферментов, а температурный коэффициент скорости равен 4.

**379.** 24 л раствора глюкозы с массовой долей органического вещества 16,82% и плотностью 1,07 г/мл смешали с 1 л дрожжевого экстракта и выдерживали при определенной температуре трое суток. Определите массу образовавшегося спирта и его выход в расчете на глюкозу, если известно, что при той же температуре за два часа из смеси 150 мл раствора глюкозы с 50 мл такого же дрожжевого экстракта выделилось 1,12 л углекислого газа (н. у.). Скорость спиртового брожения не зависит от концентрации глюкозы и прямо пропорциональна концентрации ферментов.

**380.** 1 л дрожжевого экстракта смешали с 19 л раствора глюкозы с массовой долей органического вещества 18% и плотностью 1,0556 г/мл и выдерживали при 20 °С двое суток. Определите массу образовавшегося спирта и его выход в расчете на глюкозу, если известно, что при 30 °С за два часа из смеси 100 мл раствора глюкозы с 50 мл такого же дрожжевого экстракта выделилось 1,12 л углекислого газа (н. у.). Скорость спиртового брожения не зависит от концентрации глюкозы и прямо пропорциональна концентрации ферментов, а температурный коэффициент скорости реакции равен 3.

**381.** Для определения скорости реакции ферментативного гидролиза сахарозы, которая не зависит от ее концентрации и прямо пропорциональна концентрации фермента, 1 мл раствора фермента смешали с 19 мл раствора сахарозы и выдерживали при 25 °С в течение 60 минут, после чего в раствор добавили избыток аммиачного раствора оксида серебра и нагрели. Масса выпавшего осадка составила 0,54 г. Определите время, за которое при той же температуре 75% сахарозы, содержащейся в 936 г ее раствора с массовой долей 17,1% и плотностью 1,04 г/мл, подвергнется гидролизу после добавления 100 мл такого же раствора фермента.

**382.** Скорость реакции ферментативного гидролиза сахарозы не зависит от ее концентрации и прямо пропорциональна концентрации фермента. Для экспериментального определения этой скорости 5 мл раствора сахарозы смешали с равным объемом раствора фермента и выдерживали при 25 °С в течение 30 ми-

нут, затем в раствор добавили избыток аммиачного раствора оксида серебра и нагрели. Выпало 0,27 г осадка. Определите время, необходимое для гидролиза при той же температуре 50% сахарозы, содержащейся в 4,68 кг ее раствора с плотностью 1,04 г/мл и массовой долей 17,1%, после добавления 500 мл такого же раствора фермента.

**383.** После контакта слоя бензола площадью  $10 \text{ см}^2$  со смесью водных растворов серной и азотной кислот в течение 20 часов при  $20^\circ \text{C}$  масса водного слоя уменьшилась на 0,45 г. Определите выход нитробензола через два часа после начала реакции, если в реакцию взяли 200 г бензола, проводили ее при  $60^\circ \text{C}$  и площадь контакта двух слоев составляла  $200 \text{ см}^2$ . Температурный коэффициент скорости реакции равен 2,6. Нитробензол в водном слое нерастворим.

**384.** В цилиндрический стакан диаметром 12 см, содержащий 100 мл водного раствора смеси азотной и серной кислот с массовой долей последней 40% и с плотностью 1,45 г/мл, сверху налили толстый слой бензола. После стояния в течение 100 часов при  $20^\circ \text{C}$  массовая доля серной кислоты в водном слое увеличилась и стала 40,25%. Определите время, необходимое для получения 184,5 г нитробензола при температуре  $50^\circ \text{C}$  и при площади контакта двух жидкостей  $1500 \text{ см}^2$ . Температурный коэффициент скорости реакции равен 2,2. Нитробензол в водном слое нерастворим.

**385.** В сосуд кубической формы емкостью 1 л поместили раствор серной кислоты с массовой долей кислоты 9% и плотностью 1,089 г/мл и сверху налили толстый слой растительного масла. После стояния сосуда в течение 10 часов при  $20^\circ \text{C}$  в водном слое появилось 0,92 г глицерина. Определите количество жирных кислот, которые образуются при выдерживании слоя этого масла над водным раствором серной кислоты с концентрацией 3 моль/л в цилиндрическом сосуде диаметром 25 см за 30 минут при температуре  $50^\circ \text{C}$ , учитывая, что скорость данной гетерогенной реакции прямо пропорциональна концентрации ионов водорода в неорганическом слое и ее температурный коэффициент равен 3. Изменениями объема водного слоя пренебречь, гидролиз молекулы жира сразу проходит до конца.

**386.** В сосуд прямоугольной формы с площадью поперечного сечения  $200 \text{ см}^2$  при  $40^\circ \text{C}$  поместили раствор серной кислоты с массовой долей кислоты 4,75% (плотность 1,032 г/мл) и сверху налили слой жидкого жира, содержащего остатки только линолевой кислоты. Через 25 часов в водном слое появилось 2,3 г глицерина. Определите массу линолевой кислоты, образующейся при выдерживании слоя такого же жира при  $60^\circ \text{C}$

в цилиндрическом сосуде диаметром 20 см в течение 10 часов в контакте с раствором серной кислоты с массовой долей кислоты 20,9% и плотностью 1,17 г/мл, учитывая, что скорость данной реакции прямо пропорциональна концентрации катализатора, температурный коэффициент реакции равен 2,5 и что гидролиз молекулы жира сразу проходит до конца. Изменениями объема водного слоя пренебречь.

**387.** Определите количество вещества жирных кислот, образующихся при выдерживании слоя растительного масла над раствором серной кислоты с массовой долей кислоты 9% и плотностью 1,089 г/мл при 30 °С в течение 15 часов в сосуде кубической формы емкостью 8 л, если известно, что при выдерживании слоя такого же масла над раствором серной кислоты с концентрацией 3 моль/л в сосуде цилиндрической формы диаметром 25 см при 50 °С через 30 мин образуется 18,4 г глицерина. Скорость данной реакции прямо пропорциональна концентрации катализатора, температурный коэффициент ее равен 3, гидролиз молекулы жира происходит сразу до конца. Изменениями объема водного слоя пренебречь.

**388.** В сосуд кубической формы высотой 15 см при 50 °С поместили раствор серной кислоты с массовой долей кислоты 4,75% (плотность 1,032 г/мл) и сверху налили слой жидкого жира, содержащего остатки только линоленовой кислоты. Через 20 часов в водном слое появилось 1,15 г глицерина. Определите массу линоленовой кислоты, образующейся при выдерживании слоя такого же жира при 70 °С в цилиндрическом сосуде диаметром 30 см в течение 5 часов в контакте с раствором серной кислоты с массовой долей кислоты 20,9% и плотностью 1,17 г/мл, учитывая, что скорость данной реакции прямо пропорциональна концентрации катализатора, температурный коэффициент реакции равен 2,5 и что гидролиз молекулы жира сразу проходит до конца. Изменениями объема водного слоя пренебречь.

**389.** При выдерживании слоя растительного масла над раствором серной кислоты с концентрацией 5 моль/л в сосуде цилиндрической формы диаметром 25 см при 60 °С через 45 мин образуется 6,3 г глицерина. Определите количество вещества жирных кислот, образующихся при выдерживании слоя такого же масла над раствором серной кислоты с массовой долей кислоты 9% и плотностью 1,089 г/мл при 40 °С в течение 15 часов в сосуде кубической формы емкостью 27 л. Скорость данной реакции прямо пропорциональна концентрации катализатора, температурный коэффициент ее равен 2,5. Гидролиз молекулы жира происходит сразу до конца. Изменениями объема водного слоя пренебречь.

### 3.6. Химическое равновесие

- 390.** В сосуд емкостью 3 л, заполненный азотом (н. у.), поместили некоторое количество оксида серы(VI) и катализатор ( $V_2O_5$ ). Сосуд закрыли и нагревали при  $650\text{ }^\circ\text{C}$  до установления равновесия. Образовавшуюся газовую смесь быстро привели к н. у. и пропустили через избыток раствора гидроксида натрия. При этом образовался раствор с равными массовыми долями двух солей и осталось 8,6 л газовой смеси (н. у.). Определите концентрации веществ в сосуде в момент достижения равновесия.
- 391.** В сосуд емкостью 5,6 л, заполненный кислородом при н. у., поместили 3,2 г серы и катализатор ( $V_2O_5$ ). Сосуд нагревали при определенной температуре до установления химического равновесия. После охлаждения образовавшуюся смесь обработали избытком раствора гидроксида натрия. При этом образовалось 13,4 г смеси солей. Рассчитайте равновесные концентрации веществ, учитывая, что при данной температуре оксид серы(VI) находится в виде газа.
- 392.** В сосуд емкостью 2,8 л, заполненный кислородом при н. у., поместили некоторое количество серы и катализатор ( $V_2O_5$ ). Сосуд нагревали при определенной температуре до установления химического равновесия. После охлаждения реакцию смесь обработали избытком гидроксида калия, при этом образовалось 8,3 г солей и осталось 1,4 л газа (н. у.). Рассчитайте равновесные концентрации веществ при  $100\text{ }^\circ\text{C}$  и массу взятой серы, учитывая, что при данной температуре оксид серы(VI) находится в виде газа.
- 393.** В сосуд, заполненный при н. у. азотом, поместили некоторое количество оксида серы(VI) и катализатор ( $V_2O_5$ ). Сосуд закрыли и нагревали при  $400\text{ }^\circ\text{C}$  до установления равновесия. Образовавшуюся смесь веществ обработали избытком раствора щелочи, в результате чего образовался раствор с равными молярными концентрациями двух солей и осталось 16,8 л газовой смеси с плотностью 1,369 г/л (н. у.). Определите массу взятого оксида серы(VI) и концентрации веществ в сосуде в момент достижения равновесия.
- 394.** 6,4 г серы сожгли в избытке кислорода и полученную газовую смесь нагрели в присутствии катализатора ( $V_2O_5$ ) до установления равновесия. Равновесную смесь охладили и пропустили через 18 г раствора серной кислоты с молярной концентрацией воды 3 моль/л и плотностью 1,8 г/мл, при этом образовался олеум с массовой долей серной кислоты 68% и осталось 3,36 л газа (н. у.). Определите объем кислорода (н. у.), взятого для сжигания серы. Растворимость оксида серы(IV) в олеуме пренебречь.

**395.** Некоторое количество серы сожгли в избытке кислорода и полученную газовую смесь нагревали с катализатором ( $V_2O_5$ ) до установления равновесия. Равновесную смесь охладили и пропустили через 100 мл раствора серной кислоты с массовой долей кислоты 95% и плотностью 1,8 г/мл. При этом образовался олеум с массовой долей кислоты 79,71% и осталось 13,44 л газа (н. у.) с плотностью по водороду 20. Определите массу серы и объем взятого для ее сгорания кислорода. Растворимостью оксида серы(IV) в олеуме пренебречь.

**396.** Некоторое количество медного колчедана ( $CuFeS_2$ ) прокалили в избытке кислорода и образовавшуюся газовую смесь нагревали в присутствии оксида ванадия(V) до установления химического равновесия. Равновесную смесь быстро охладили и пропустили через 50 мл раствора серной кислоты с массовой долей кислоты 96% и плотностью 1,8 г/мл, в результате чего образовался олеум с массовой долей оксида серы(VI) 7,02% и осталось 8,96 л газовой смеси с плотностью 1,786 г/л (н. у.). Определите массу взятого медного колчедана и объем израсходованного кислорода. Растворимостью оксида серы(IV) в олеуме пренебречь.

**397.** 36 г пирита прокалили в избытке кислорода, полученную газовую смесь нагревали в присутствии оксида ванадия(V) до установления равновесия. Равновесную смесь быстро охладили и пропустили через 20 мл раствора серной кислоты с массовой долей кислоты 90% и плотностью 1,8 г/мл. При этом образовался олеум с массовой долей серной кислоты 76,47% и осталось 15,12 л газов (н. у.). Определите объем кислорода, взятого для обжига пирита. Растворимостью оксида серы(IV) в олеуме пренебречь.

**398.** Газовую смесь, образовавшуюся в результате прокаливания сульфида цинка в избытке кислорода, нагрели в присутствии оксида ванадия(V) до установления равновесия. Равновесную смесь быстро охладили и пропустили через 20 мл раствора серной кислоты с массовой долей кислоты 95% и плотностью 1,8 г/мл. При этом образовался олеум с массовой долей серной кислоты 84,6% и осталось 6,72 л газовой смеси (н. у.) с плотностью по воздуху 1,471. Определите массу сульфида цинка и объем взятого для обжига кислорода. Растворимостью оксида серы(IV) в олеуме пренебречь.

**399.** В сосуд, заполненный смесью водорода и кислорода с плотностью по воздуху 0,9557, поместили 6,4 г серы и катализатор ( $V_2O_5$ ). Сосуд закрыли и нагревали при высокой температуре до установления химического равновесия, затем быстро охладили. Определите состав образовавшегося при этом олеума (в массовых долях), если известно, что плотность по азоту оставшего-

ся в сосуде газа равна 2,057, а его объем после приведения к н. у. составил 2,8 л. Растворимостью оксида серы(IV) в олеуме пренебречь.

- 400.** Сосуд емкостью 15,68 л, содержащий катализатор ( $V_2O_5$ ), заполнили при н. у. смесью сероводорода и кислорода, сосуд закрыли и нагревали при высокой температуре до установления химического равновесия. Затем сосуд быстро охладили до  $0^\circ C$ , в результате чего образовалось 8,525 мл жидкости с плотностью 1,83 г/мл, и в сосуде осталась смесь газов с плотностью 0,4592 г/л. Определите молярные концентрации газов в конечной газовой смеси и состав полученной жидкости (в массовых долях). Растворимостью оксида серы(IV) в серной кислоте пренебречь.
- 401.** Газы, полученные при нагревании пирита в замкнутом сосуде с избытком смеси кислорода с азотом, имеющей плотность по воздуху, равную 1, выдерживали в присутствии оксида ванадия(V) до установления химического равновесия. Равновесную смесь пропустили через 140 мл раствора гидроксида натрия с плотностью 1,143 г/мл и массовой долей щелочи 12,5%, получив при этом раствор с равными молярными концентрациями трех солей. Определите массу исходного пирита и объем взятой газовой смеси (н. у.), если известно, что плотность оставшегося после всех операций газа на 2,5% меньше плотности воздуха, измеренной при тех же условиях.
- 402.** В сосуд емкостью 5,6 л, заполненный кислородом при н. у., поместили 4,8 г серы и катализатор ( $V_2O_5$ ). Сосуд нагревали при температуре  $500^\circ C$  до установления химического равновесия, причем равновесная концентрация кислорода в этих условиях составила 0,00893 моль/л. Затем сосуд нагрели до  $550^\circ C$ , и опять наступило состояние химического равновесия. Определите молярные концентрации веществ в этой равновесной смеси, если известно, что скорость прямой реакции прямо пропорциональна концентрации оксида серы(IV) и не зависит от концентрации кислорода и ее температурный коэффициент равен 2,2, а скорость обратной реакции прямо пропорциональна концентрации оксида серы(VI) и ее температурный коэффициент равен 2,4.
- 403.\*** 17,1 г смеси азота, водорода и аммиака с плотностью по водороду 9,5 нагрели в присутствии железного катализатора до установления равновесия, затем равновесную смесь быстро охладили и пропустили через избыток фосфорной кислоты, причем образовалось 34,5 г соли. Определите состав исходной и равновесной газовых смесей в % по объему, если известно, что плотность исходной газовой смеси на 22,2% больше плотности равновесной.

- 404.** Газовую смесь, полученную в результате нагревания смеси цинка и хлорида аммония с избытком концентрированного раствора щелочи, нагревали в присутствии железного катализатора до установления химического равновесия. Равновесную смесь быстро привели к н. у. и пропустили через избыток разбавленной соляной кислоты, в результате чего ее объем уменьшился на 28,57%. Оставшаяся газовая смесь имела объем 5,6 л (н. у.) и плотность по кислороду 0,225. Определите массовые доли цинка и хлорида аммония в исходной смеси.
- 405.** В результате взаимодействия смеси алюминия и сульфата аммония с избытком концентрированного раствора щелочи выделилось 13,44 л газов. Полученную газовую смесь нагревали в присутствии железного катализатора до установления химического равновесия, после чего плотность газовой смеси уменьшилась на 25%. Равновесную смесь газов пропустили над избытком нагретого оксида меди. Объем газа при этом уменьшился на 81,25%. Определите массовые доли веществ в исходной смеси алюминия и сульфата аммония и объемные доли газов в равновесной смеси. Все плотности и объемы измерены при н. у.
- 406.** В сосуд емкостью 2,8 л, заполненный при н. у. азотом, поместили 32,35 г смеси железа и хлорида аммония. Сосуд закрыли и нагревали до окончания всех химических реакций и до установления химического равновесия. После быстрого охлаждения и приведения к н. у. объем газов, содержащихся в сосуде, оказался равным 11,76 л. Определите объемные доли газов в равновесной смеси, если известно, что масса твердых веществ, образовавшихся в сосуде, составила 28,75 г.
- 407.** Смесь азота и водорода с плотностью по воздуху 0,338 под давлением поместили в железный сосуд емкостью 2,5 л и нагревали при 400 °С до установления химического равновесия. Плотность газовой смеси в этих условиях составила 3,92 г/л. Сосуд быстро охладили, часть газовой смеси пропустили через 10 мл соляной кислоты с плотностью 1,15 г/мл и получили раствор, имеющий сильноокислую реакцию среды и массовую долю соли 21,66%. Остальную газовую смесь нагревали в том же сосуде при температуре 360 °С до состояния равновесия, после чего плотность газовой смеси составила 2,94 г/л. Определите молярные концентрации веществ в этой равновесной смеси, если известно, что скорость прямой реакции прямо пропорциональна концентрации водорода и имеет температурный коэффициент 2,1, а скорость обратной реакции прямо пропорциональна концентрации аммиака и имеет температурный коэффициент 2,4.
- 408.** 20,16 л азотно-кислородной смеси нагревали при температуре 3000 °С до установления химического равновесия. Равновесную

смесь быстро охладили до комнатной температуры и спустя некоторое время пропустили через 100 мл воды, после чего осталось 12,32 л смеси малорастворимых в воде газов с плотностью по водороду 15,27. Определите состав образовавшегося раствора (в массовых долях) и объемные доли веществ в исходной газовой смеси. Все объемы измерены при н. у.

**409.** 42,56 л (н. у.) смеси азота с кислородом нагревали при температуре выше 3000 °С до установления химического равновесия. Равновесную газовую смесь быстро охладили, выдержали при 50 °С и обработали 50 мл воды при той же температуре, после чего осталось 11,2 л малорастворимой в воде газовой смеси (н. у.), имеющей плотность по кислороду 0,8875 и приобретающей бурый цвет при смешивании с воздухом. Определите массовую долю растворенного в воде вещества и объемные доли газов в исходной газовой смеси.

**410.** 42,5 г нитрата серебра подвергли термическому разложению. Полученную газовую смесь нагревали при некоторой температуре до установления химического равновесия. Определите массы веществ в равновесной смеси, если известно, что ее плотность по воздуху равна 1,125. Реакция образования оксида азота(IV) из оксида азота(II) обратима.

**411.** 56,4 г нитрата меди подвергли термическому разложению. Полученную газовую смесь нагревали при 600 °С до установления химического равновесия. Определите массы веществ в равновесной газовой смеси, если известно, что ее плотность по воздуху равна 1,397 и что реакция образования оксида азота(IV) из оксида азота(II) и кислорода обратима.

**412.** Газовую смесь, полученную термическим разложением нитрата ртути, нагревали при 700 °С до установления химического равновесия. Плотность равновесной смеси по водороду оказалась равной 19,02. Определите массовые доли веществ в равновесной газовой смеси, если известно, что реакция образования оксида азота(IV) из оксида азота(II) и кислорода обратима.

**413.** Газовую смесь, полученную в результате термического разложения 26,4 г смеси нитратов меди и серебра, нагревали при некоторой температуре до установления химического равновесия. Массовая доля кислорода в равновесной смеси составила 27,59%, а плотность этой смеси по воздуху — 1,333. Определите массовые доли веществ в исходной смеси солей, если известно, что реакция образования оксида азота(IV) из оксида азота(II) и кислорода обратима.

**414.** Некоторое количество смеси нитратов меди и серебра подвергли термическому разложению, в результате чего получили 14,8 г

твердого остатка и газовую смесь, которую нагрели до высокой температуры до установления химического равновесия. После быстрого приведения равновесной газовой смеси к н. у. оказалось, что она содержит 59,48% по массе оксида азота(IV) и ее плотность составляет 1,726 г/л. Определите массовые доли веществ в исходной смеси солей, если известно, что реакция образования оксида азота(IV) из оксида азота(II) и кислорода обратима.

**415.** Газовую смесь, образовавшуюся после прокаливания смеси нитратов серебра и меди, нагревали при некоторой температуре до установления химического равновесия. Равновесная смесь имела массу 23,2 г и плотность по воздуху 1,231. Затем эту газовую смесь медленно охладили и обработали избытком воды, после чего осталось 1,12 л (н. у.) малорастворимого в воде газа. Определите массовые доли веществ в исходной смеси солей и объемные доли веществ в равновесной смеси.

**416.**<sup>3</sup> В сосуд емкостью 5 л под давлением при некоторой температуре поместили смесь кислорода и оксида азота(II) с плотностью по водороду 15,5, при этом плотность газовой смеси в сосуде составила 3,1 г/л. Через некоторое время концентрация оксида азота(IV) в сосуде составила 0,02 моль/л, а скорость прямой реакции, измеренная по кислороду, была в 2 раза больше скорости обратной реакции, измеренной по оксиду азота(IV). Определите молярные концентрации веществ в смеси после достижения равновесия, если известно, что скорость прямой реакции прямо пропорциональна произведению концентраций исходных веществ, а скорость обратной реакции прямо пропорциональна концентрации продукта реакции.

**417.** При обработке 25,8 г смеси уксусной кислоты с этанолом избытком натрия выделилось 5 л газа (н. у.). В такое же количество исходной смеси добавили каплю серной кислоты и нагревали до установления равновесия. Смесь охладили и также обработали избытком натрия, при этом выделилось 4,48 л газа (н. у.). Определите равновесные концентрации веществ, если плотность равновесной смеси равна 0,9 г/мл. Реакцией натрия с серной кислотой пренебречь.

**418.** Некоторое количество смеси метилацетата и воды, в которой массовая доля метилацетата составляет 84,57%, обработали избытком натрия, при этом выделилось 3,36 л газа (н. у.). В такое же количество смеси добавили каплю серной кислоты и нагревали до установления равновесия, затем равновесную смесь охладили и также обработали избытком натрия, причем выделилось 5,6 л газа (н. у.). Определите массовые доли веществ в равновесной смеси. Реакцией натрия с серной кислотой пренебречь.

- 419.** В раствор муравьиной кислоты в метаноле с плотностью 0,87 г/мл, в котором концентрация ионов водорода равна 0,001 моль/л, а степень диссоциации кислоты 0,02%, добавили каплю серной кислоты и нагревали до установления равновесия. Определите концентрации веществ в равновесной смеси, если известно, что массовая доля воды в ней составила 6,2%. Изменениями массы и объема раствора пренебречь.
- 420.** Раствор трихлоруксусной кислоты в метаноле с плотностью 1,301 г/мл, в котором суммарная молярная концентрация всех частиц составляет 17,2 моль/л, а степень диссоциации кислоты 20%, нагревали до установления химического равновесия. Определите массовые доли веществ в исходной и равновесной смеси, если известно, что суммарная молярная концентрация всех частиц в последней составила 16,4 моль/л. Изменениями плотности раствора и степени диссоциации кислоты пренебречь.
- 421.** 19,2 г метилового эфира трифторуксусной кислоты растворили в 95 мл раствора серной кислоты с плотностью 1,032 г/мл и массовой долей кислоты 5%. Полученный раствор нагревали при некоторой температуре до установления химического равновесия. Определите массовые доли и молярные концентрации органических веществ в равновесной смеси, если известно, что она имела плотность 1,1 г/мл, концентрация ионов водорода в ней составила 1,127 моль/л и степень диссоциации трифторуксусной кислоты в этих условиях равна 20%.
- 422.** От раствора этилформиата в воде, в котором массовая доля сложного эфира составляет 80,43%, отделили пятую часть и обработали избытком натрия, в результате чего выделилось 3,36 л газа (н. у.). К оставшемуся раствору добавили каплю серной кислоты и нагревали его при некоторой температуре до установления химического равновесия. Равновесную смесь быстро охладили, опять отделили от нее пятую часть и также обработали избытком натрия, при этом выделилось 3,584 л газа (н. у.). Определите массовые доли веществ в равновесной смеси. Реакцией натрия с серной кислотой пренебречь.
- 423.** 13,2 г этилацетата растворили в воде, добавили серную кислоту и получили 1 л раствора, который выдерживали при 30 °С. В некоторый момент времени концентрация уксусной кислоты в растворе достигла 0,03 моль/л, а скорость прямой реакции была в 4 раза больше скорости обратной реакции. Определите концентрации органических веществ в состоянии равновесия при 70 °С, если известно, что температурный коэффициент прямой реакции равен 1,861 и ее скорость прямо пропорциональна концентрации этилацетата, а температурный коэффициент обратной реакции равен 2,115 и ее скорость прямо про-

порциональна произведению концентраций спирта и уксусной кислоты. Изменениями объема раствора пренебречь.

**424.** К 1 л раствора муравьиной кислоты в метиловом спирте с массовой долей кислоты 1,7% и плотностью 0,8138 г/мл добавили каплю серной кислоты и выдерживали при 40 °С. В некоторый момент времени концентрация метилформиата в растворе достигла 0,1 моль/л, а скорость прямой реакции была в 5 раза больше скорости обратной реакции. Определите концентрации реагирующих веществ в состоянии равновесия при 60 °С, если известно, что температурный коэффициент прямой реакции равен 3 и ее скорость прямо пропорциональна концентрации муравьиной кислоты, а температурный коэффициент обратной реакции равен 2,45 и ее скорость прямо пропорциональна произведению концентраций сложного эфира и воды. Изменениями объема раствора пренебречь.

**425.** В двухлитровый сосуд поместили 27 г воды и катализатор, затем под давлением сосуд заполнили метаном и нагрели до температуры, при которой происходит реакция паровой конверсии метана. Плотность газовой смеси в этих условиях составила 25,5 г/л. В некоторый момент времени скорость прямой реакции, измеренной по метану, была в 1,333 раза больше скорости обратной реакции, измеренной по водороду, а концентрация оксида углерода(II) составила 0,25 моль/л. Определите состав газовой смеси (в процентах по объему) в момент достижения равновесия, если известно, что скорость прямой реакции прямо пропорциональна концентрации метана и не зависит от концентрации воды, а скорость обратной реакции прямо пропорциональна концентрации водорода и не зависит от концентрации оксида углерода(II).

**426.** В 200 мл раствора хлорида аммония с массовой долей соли 10% и плотностью 1,07 г/мл растворили 23,6 г триметиламина. Полученный раствор осторожно выпарили и получили сухой остаток массой 34 г. Определите состав полученного остатка в массовых долях. Если принять, что по соотношению количеств солей можно судить о силе оснований, оцените основные свойства триметиламина и аммиака, считая, что при выпаривании не происходит смещения установившегося в растворе равновесия. Объясните полученный результат.

**427.** К 130 мл раствора формиата натрия с массовой долей соли 5% и плотностью 1,046 г/мл добавили 9,45 г хлоруксусной кислоты. Полученный раствор осторожно упарили и получили 10,68 г сухого остатка. Определите массы веществ в сухом остатке. Если принять, что по соотношению количеств солей можно судить о силе кислот, оцените кислотные свойства му-

равьиной и хлоруксусной кислот, считая, что при выпаривании не происходит смещения установившегося в растворе равновесия и избыток кислот полностью испаряется. Объясните полученный результат.

**428.** Аммиак, полученный из 13,44 л водорода (н. у.) с выходом 75%, пропустили в 200 мл раствора хлорида алюминия с массовой долей соли 6,2% и плотностью 1,0766 г/мл, затем в полученной смеси растворили 6,72 л (н. у.) метиламина. Реакционную массу осторожно выпарили и получили 27,35 г сухого остатка. Определите состав полученного остатка в массовых долях. Если принять, что по соотношению количеств солей можно судить о силе оснований, оцените основные свойства метиламина и аммиака, считая, что при выпаривании не происходит смещения установившегося в растворе равновесия. Объясните полученный результат.

**429.** 22,4 л смеси аммиака с диметиламином с плотностью 1,384 г/л (н. у.) растворили в 180 мл раствора хлорида железа(II) с массовой долей соли 0,15 и плотностью 1,176 г/мл. Полученную смесь осторожно упарили, в результате чего образовалось 61,85 г сухого вещества. Определите массы веществ, содержащихся в сухом остатке. Если принять, что по соотношению количеств солей можно судить о силе оснований, оцените основные свойства диметиламина и аммиака, считая, что при выпаривании не происходит смещения установившегося в растворе равновесия. Объясните полученный результат.

**430.** К 100 мл водного раствора с плотностью 0,96 г/мл, содержащего по массе 15,42% этилформиата и 18,33% этилацетата, добавили 120 г раствора гидроксида натрия с концентрацией 5 моль/л и плотностью 1,2 г/мл и нагревали до окончания химических реакций, затем туда же пропустили 6,72 л хлороводорода (н. у.). Полученный раствор осторожно выпарили и получили 31,85 г сухого остатка. Определите его состав в массовых долях. Если принять, что по соотношению количеств солей можно судить о силе кислот, оцените кислотные свойства муравьиной и уксусной кислот, считая, что при выпаривании не происходит смещения установившегося в растворе равновесия и избыток кислот полностью испаряется. Объясните полученный результат.

**431.** Герметичный сосуд емкостью 105 мл на одну треть заполнили раствором гидроксида калия с массовой долей щелочи 40% и плотностью 1,4 г/мл и под давлением заполнили оксидом углерода(II), в результате чего плотность газа в сосуде составила 200 г/л. Сосуд нагревали до тех пор, пока плотность газа не уменьшилась в 2,5 раза. К полученному раствору добавили

88,2 г раствора азотной кислоты с плотностью 1,15 г/мл и концентрацией 4,563 моль/л и 39,75 г хлорацетата калия. Образовавшуюся смесь осторожно упарили и получили 72,19 г сухого остатка. Определите массы веществ в сухом остатке. Если принять, что по соотношению количеств солей можно судить о силе кислот, оцените кислотные свойства муравьиной и хлоруксусной кислот, считая, что при выпаривании не происходит смещения установившегося в растворе равновесия и избыток кислот полностью испаряется. Объясните полученный результат.

### 3.7. Вытеснение одного металла другим

- 432.** Смесь веществ, образовавшихся после реакции алюминия со смешанным оксидом железа, обработали раствором щелочи, в результате чего выделилось 1,344 л газа (н. у.). При обработке такого же количества этой смеси избытком соляной кислоты выделяется 5,376 л газа (н. у.). Определите массовые доли веществ в исходной смеси алюминия с оксидом железа.
- 433.** К 62 г смеси оксида хрома(VI) и оксида железа(III) добавили некоторое количество алюминия и нагрели. Половину реакционной смеси растворили в избытке соляной кислоты (хром окисляется до  $\text{Cr}^{+3}$ ), а вторую половину обработали избытком раствора щелочи. В первом случае выделилось 12,32 л газа, а во втором — 3,36 л газа (н. у.). Определите массовую долю алюминия в его исходной смеси с оксидами.
- 434.** 33,65 кг смеси алюминия с оксидом цинка и оксидом железа(III) нагрели. После завершения экзотермической реакции из полученного сплава трех металлов отделили два образца, масса каждого из которых составляла 0,01% от массы всего сплава. Один образец растворили в избытке соляной кислоты, другой обработали избытком раствора щелочи. В первом случае выделилось 1,568 л газа, а во втором — 1,344 л газа (н. у.). Определите массу сплава и массовые доли металлов в полученном сплаве.
- 435.** Смесь оксида металла с алюминием нагревали до окончания химических реакций. Полученную реакционную смесь массой 32,38 г разделили на две равные части. Одну часть обработали избытком соляной кислоты, при этом выделилось 4,032 л газа (н. у.). Вторую часть обработали избытком раствора щелочи, в результате чего выделилось 0,672 л газа (н. у.). Определите, о каком оксиде металла идет речь, если известно, что теплота образования данного оксида в 3 раза больше теплоты сгорания металла до этого оксида, а на восстановление 0,15 моль этого оксида до металла требуется 8,96 л аммиака (н. у.). Ме-

талл при реакции с соляной кислотой окисляется до двухзарядного иона.

- 436.** Железную пластинку массой 100 г выдержали некоторое время в 500 г раствора нитрата серебра с массовой долей соли 10,2%. Затем пластинку вынули и взвесили, ее масса стала 113,4 г. После этого ее погрузили в 500 г раствора нитрата меди с массовой долей соли 18,8%. Через некоторое время ее вынули из раствора, масса пластинки стала 116,6 г. Оба оставшихся раствора слили. Определите массовые доли веществ в полученном растворе. Учтите, что ионы меди окисляют железо до степени окисления +2, а ионы серебра — до +3.
- 437.** В раствор с плотностью 1,2 г/мл, содержащий нитрат серебра с концентрацией 0,8 моль/л и азотную кислоту с концентрацией 2,5 моль/л, поместили медные опилки. Через некоторое время опилки отделили от раствора. Определите массовые доли веществ в исходном растворе и молярные концентрации веществ в конечном растворе, если известно, что в результате происшедших реакций выделилось 2,688 л газа (н. у.) с плотностью по водороду 15, а масса и объем раствора не изменились.
- 438.** В 100 г раствора с плотностью 1,25 г/мл, содержащего нитрат никеля(II) и соляную кислоту, поместили избыток магниевых опилок и выдерживали до окончания химических реакций. Определите молярные концентрации веществ в исходном растворе, массовые доли веществ в конечном растворе и объем выделившегося газа, если известно, что масса раствора не изменилась, а масса осадка уменьшилась на 0,35 г.
- 439.** В 150 г раствора с плотностью 1,2 г/мл, содержащего ацетат свинца с концентрацией 0,64 моль/л и азотную кислоту, поместили кусочки кадмия. Через некоторое время раствор слили с осадка. Определите массовые доли веществ в исходном растворе и молярные концентрации веществ в конечном растворе, если известно, что в результате происшедших реакций выделилось 268,8 мл газа (н. у.) с плотностью по кислороду 0,875, а масса и объем раствора не изменились.
- 440.** Образец сплава меди с серебром растворили в 64 мл раствора азотной кислоты с массовой долей кислоты 15% и плотностью 1,083 г/мл, в результате чего выделилось 784 мл газа с плотностью 1,339 г/л (н. у.). В полученный раствор опустили цинковую пластинку массой 10 г. После окончания всех химических реакций масса пластинки увеличилась на 3,368 г, а масса раствора уменьшилась на ту же массу. Определите массовые доли металлов в исходном сплаве.

- 441.** При растворении образца феррохрома, содержащего по массе 39,25% железа, в 131,9 мл раствора серной кислоты с массовой долей кислоты 40% и плотностью 1,3 г/мл выделилось 11,76 л водорода (н. у.). В полученный раствор насыпали 24 г магниевого порошка. Через некоторое время раствор отфильтровали и масса порошка составила 27,8 г. Определите массовые доли веществ в полученном растворе.
- 442.** При растворении сплава серебра с медью в 133,3 мл раствора азотной кислоты с массовой долей кислоты 9% и плотностью 1,05 г/мл выделилось 1,008 л газа (н. у.). В полученный раствор насыпали 15 г цинковых опилок. После окончания всех химических реакций масса твердых веществ увеличилась на 2,8325 г, а масса раствора уменьшилась на ту же массу. Определите массовые доли металлов в твердом остатке в конце эксперимента.
- 443.\*** Амальгаму серебра (сплава с ртутью) растворили в 56,5 мл раствора азотной кислоты с массовой долей кислоты 20% и плотностью 1,115 г/мл, в результате чего массовая доля кислоты уменьшилась до 7,064% и выделилось 0,672 л газа (н. у.). Полученный раствор поместили в медный сосуд массой 150 г. Через некоторое время раствор слили и сосуд взвесили, его масса оказалась равной 154,455 г. Определите массовые доли веществ в конечном растворе.
- 444.** Медные опилки залили десятикратным по массе количеством раствора, содержащего сульфат ртути и азотную кислоту, с плотностью 1,08 г/мл. После окончания всех реакций масса раствора не изменилась, а масса осадка уменьшилась на 10%. Определите молярные концентрации веществ в исходном растворе и массовые доли веществ в конечном растворе.
- 445.** К 200 мл раствора с плотностью 1,12 г/мл, содержащего сульфат меди и азотную кислоту, добавили избыток железных опилок и выдерживали до окончания всех химических реакций, в результате чего из раствора выделилось 336 мл газа с плотностью 1,25 г/мл (н. у.). Определите массовые доли веществ в полученном растворе и молярные концентрации веществ в исходном растворе, если известно, что масса раствора после всех прошедших реакций не изменилась.
- 446.** Некоторое количество серебра растворили в 115,5 мл раствора азотной кислоты с массовой долей кислоты 50% и плотностью 1,3091 г/мл, в результате чего выделилось 6,72 л смеси газов (н. у.). Полученный раствор поместили в толстостенный медный сосуд массой 500 г, выдерживали до окончания химических реакций и затем вылили. После этого масса сосуда стала равной 520,8 г. Определите массу растворенного серебра и состав смеси газов, выделившейся при растворении серебра.

- 447.** В 930 мл раствора хлорида ртути(II) с массовой долей соли 5% и плотностью 1,053 г/мл пропустили 2,688 л сероводорода (н. у.). Затем туда же насыпали 54 г алюминиевых опилок. Через некоторое время раствор отфильтровали, осадок взвесили, его масса оказалась равной 110,16 г. Определите его состав в массовых долях, а также объем газа, выделившегося в результате химических реакций.
- 448.** 0,672 л сероводорода (н. у.) пропустили в 232,5 мл раствора хлорида ртути(II) с массовой долей соли 5% и плотностью 1,053 г/мл. Затем туда же насыпали 13,5 г алюминиевых опилок. Через некоторое время раствор отфильтровали, осадок взвесили, его масса оказалась равной 27,54 г. Определите его состав в массовых долях, а также объем газа, выделившегося в результате химических реакций.

### 3.8. Электролиз

- 449.** Раствор, полученный нейтрализацией 380 мл раствора серной кислоты с массовой долей кислоты 5% и плотностью 1,032 г/мл раствором гидроксида натрия с массовой долей щелочи 5%, подвергли электролизу. Через некоторое время оставшийся раствор охладили до 10 °С, при этом из него выпало 32,2 г десятиводного кристаллогидрата сульфата натрия. Определите объемы газов, выделившихся при электролизе, если растворимость безводного сульфата натрия при 10 °С составляет 3,7 г в 100 г воды.
- 450.** 26,7 мл раствора ортофосфорной кислоты с массовой долей кислоты 13,45% и плотностью 1,092 г/мл смешали с 48 мл раствора гидроксида натрия с массовой долей щелочи 8% и плотностью 1,042 г/мл. Через полученный раствор в течение некоторого времени пропускали электрический ток, а затем его охладили до 10 °С. При этом выпало 3,8 г двенадцативодного кристаллогидрата фосфата натрия. Определите массовые доли веществ в оставшемся растворе и объемы газов, выделившихся на электродах, если растворимость безводного фосфата натрия при 10 °С равна 3,4 г в 100 г воды.
- 451.** В результате электролиза 150 г раствора хлорида натрия с массовой долей соли 7,8% на электродах выделилось 11,2 л газов (н. у.) и образовался раствор с плотностью 1,1 г/мл. Какой максимальный объем (н. у.) оксида углерода(IV) прореагирует с 10 мл полученного раствора?

- 452.** В результате электролиза 120 г раствора, содержащего смесь хлоридов железа(II) и железа(III), масса катода увеличилась на 16,8 г, а на аноде выделилось 11,2 л газов с плотностью

2,647 г/л (н. у.). Определите массовые доли веществ в исходном растворе, если известно, что после окончания процесса в электролизере осталась чистая вода.

**453.** Через 214 г раствора, содержащего сульфат хрома(II) и сульфат хрома(III), пропускали электрический ток, в результате чего в электролизере осталось 170,2 мл раствора серной кислоты с молярной концентрацией 1,763 моль/л и плотностью 1,1 г/мл, а на электродах выделилось 20,16 л газов (н. у.), смесь которых имеет плотность по азоту, равную 0,5476. Определите массовые доли веществ в растворе до электролиза.

**454.** Раствор массой 250 г, содержащий сульфат кобальта(II) и сульфат кобальта(III), в течение некоторого времени подвергали электролизу, после чего в электролизере осталось 185,2 мл раствора серной кислоты с молярной концентрацией 3,186 моль/л и плотностью 1,18 г/мл, а на электродах выделилось 7,28 л газов (н. у.), смесь которых имеет плотность по азоту, равную 0,4835. Определите массовые доли веществ в растворе до электролиза.

**455.** Раствор массой 200 г, содержащий сульфат кобальта(II) и сульфат кобальта(III), в течение некоторого времени подвергали электролизу, после чего в электролизере осталось 148,16 мл раствора серной кислоты с молярной концентрацией 3,037 моль/л и плотностью 1,1788 г/мл, а на электродах выделилось 7,527 л газов (н. у.), смесь которых имеет плотность по воздуху, равную 0,4668. Определите массовые доли веществ в растворе до электролиза.

**456.** 150 мл раствора сульфата меди в течение некоторого времени подвергали электролизу. К оставшемуся раствору добавили 585,7 мл раствора фосфата натрия с массовой долей соли 8% и плотностью 1,05 г/мл, при этом выпало 7,64 г осадка и осталось 750 г раствора, в котором массовая доля фосфата натрия составила 1,31%. Определите молярную концентрацию сульфата меди в растворе до электролиза.

**457.** 200 мл раствора нитрата меди в течение некоторого времени подвергали электролизу. К оставшемуся раствору добавили 738 мл раствора фосфата натрия с массовой долей соли 12% и плотностью 1,111 г/мл, при этом выпало 19,1 г осадка и осталось 960 г раствора, в котором массовая доля фосфата натрия составила 1,708%. Определите молярную концентрацию сульфата меди в растворе до электролиза и массовые доли веществ в конечном растворе.

**458.** Раствор нитрата меди с молярной концентрацией соли 1,75 моль/л в течение некоторого времени подвергали электролизу. К оставшемуся раствору добавили 963,6 мл раствора фос-

фата калия с массовой долей соли 12% и плотностью 1,1 г/мл, при этом выпало 19,1 г осадка и осталось 1050 г раствора, в котором массовая доля фосфата калия составила 2,019%. Определите объем раствора нитрата меди до электролиза и массовые доли веществ в конечном растворе.

- 459.** В результате электролиза 315 мл раствора хлорида бария с массовой долей соли 9% и плотностью 1,1 г/мл на электродах выделилось 67,2 л газов (н. у.). К оставшемуся раствору добавили 500 мл раствора гидрокарбоната натрия с массовой долей соли 8% и плотностью 1,05 г/мл. Выпавший осадок отделили. Определите массовые доли веществ в конечном растворе.
- 460.** При пропускании постоянного электрического тока через 105 г раствора хлорида кальция с молярной концентрацией соли 0,75 моль/л и плотностью 1,05 г/мл на электродах выделилось 10,08 л газов (н. у.). К оставшемуся раствору добавили 117,6 г раствора гидрокарбоната натрия с массовой долей соли 5%. Определите массу выпавшего при этом осадка и массовые доли веществ в конечном растворе.
- 461.** Раствор сульфата хрома(III) с концентрацией соли 0,8 моль/л и плотностью 1,15 г/мл подвергли электролизу. Через некоторое время ток выключили и оставшийся раствор прибавили к 578,2 мл раствора карбоната натрия с массовой долей соли 10% и плотностью 1,1 г/мл, в результате чего выпало 4,12 г осадка и осталось 728,8 г раствора с массовой долей карбоната натрия 1,745%. Определите массу исходного раствора сульфата хрома.
- 462.** 100 мл раствора с плотностью 1,05 г/мл с концентрациями хлорида натрия 0,5 моль/л и фосфорной кислоты 0,3 моль/л подвергли электролизу, в результате чего масса раствора уменьшилась на 10%. Рассчитайте массовые доли веществ, содержащихся в растворе после электролиза.
- 463.** 75 мл раствора с плотностью 1,1 г/мл, содержащего хлорид натрия с концентрацией 2,667 моль/л и гидрокарбонат натрия с концентрацией 2 моль/л, подвергли электролизу, в результате чего масса раствора уменьшилась на 3,65 г. Определите массовые доли веществ в растворе, оставшемся после электролиза.
- 464.** 150 г раствора, содержащего хлорид калия с массовой долей 4,97% и гидрокарбонат калия с массовой долей 16,67% подвергли электролизу, в результате чего на электродах выделилось 35,84 л газов (н. у.) и остался раствор с плотностью 1,167 г/мл. Определите концентрации веществ в растворе после электролиза.
- 465.** Через 100 г раствора, содержащего хлорид калия (массовая доля 2,235%) и нитрат ртути (массовая доля 9,75%), пропускали электрический ток. Электролиз прекратили, когда масса раство-

ра уменьшилась на 5,165%. Определите массовые доли веществ в конечном растворе и количества веществ, выделившихся на электродах.

- 466.** В результате электролиза 50 г раствора, содержащего хлорид калия с массовой долей 14,9% и нитрат меди с массовой долей 7,52%, на электродах выделилось 5,824 л газов (н. у.). Определите состав оставшегося раствора в массовых долях.
- 467.** 200 г раствора, содержащего сульфат меди с массовой долей 8% и хлорид натрия с массовой долей 11,7%, подвергли электролизу. Определите массовые доли веществ в растворе после электролиза, если известно, что масса раствора уменьшилась на 17,15 г.
- 468.** Через 178,6 мл раствора плотностью 1,12 г/мл, содержащего по массе 14,9% хлорида калия и 8,125% нитрата ртути, пропустили электрический ток, в результате чего масса раствора уменьшилась до 179,1 г. Определите массовые доли в оставшемся растворе и количества веществ, выделившихся на электродах.
- 469.** 224 г раствора с плотностью 1,12 г/мл, содержащего хлорид натрия, серную кислоту (концентрация 0,5 моль/л) и сульфат меди (концентрация 0,3 моль/л), подвергали электролизу до тех пор, пока в растворе не осталось одно вещество с массовой долей 15,29%. Определите массовую долю хлорида натрия в исходном растворе и количества веществ, выделившихся на электродах, если известно, что конечный раствор не изменяет окраски лакмуса.
- 470.** Через 230 г раствора сульфата хрома(III) с концентрацией соли 0,8 моль/л и плотностью 1,15 г/мл в течение некоторого времени пропускали постоянный электрический ток. Газы, выделяющиеся при этом, собрали и получили 6,72 л газовой смеси (н. у.) с плотностью по водороду 10. Определите массовые доли веществ в растворе после выключения тока.
- 471.** Через 173,9 мл раствора с плотностью 1,15 г/мл, содержащего нитрат ртути(II) с массовой долей 6,5%, сульфат меди с массовой долей 8% и хлорид натрия с массовой долей 14,63%, пропустили постоянный электрический ток. В результате этого на электродах выделилось 26,88 л газов (н. у.). Определите массовые доли веществ в растворе после электролиза и количества веществ, выделившихся на электродах.
- 472.\*** В 30 мл раствора с плотностью 1,2 г/мл, содержащего (по массе) 18,75% хлорида меди(II) и 13,33% сульфата меди(II), поместили железную пластинку и выдерживали в нем до тех пор, пока ее масса не увеличилась на 0,4 г. Через полученный раствор пропускали постоянный электрический ток, после отклю-

чения которого масса катода увеличилась на 4,16 г, а на аноде выделилось 1,68 л газов (н. у.). Определите массовые доли веществ в растворе, оставшемся в электролизере.

- 473.** 200 мл раствора с плотностью 1,12 г/мл, содержащего нитрат цинка и хлорид натрия, подвергали электролизу до полного исчезновения исходных солей. Определите молярные концентрации веществ в исходном растворе и массовые доли веществ, оставшихся в растворе после электролиза, если известно, что масса катода увеличилась на 7,8 г, а на аноде выделилось 4,48 л (н. у.) газовой смеси с плотностью по водороду 25,75.
- 474.** Железную пластинку погрузили в 30 мл раствора с плотностью 1,2 г/мл, содержащего хлорид меди(II) и сульфат меди(II), и выдерживали в нем до тех пор, пока ее масса не увеличилась на 0,4 г. Через полученный раствор пропускали постоянный электрический ток, после отключения которого масса катода увеличилась на 4,16 г, а на аноде выделилось 1,68 л газов (н. у.). В оставшемся в электролизере растворе содержались сульфат железа и серная кислота с массовыми долями 5,9% и 7,61% соответственно. Определите массовые доли веществ в исходном растворе.
- 475.** В два электролизера поместили равные массы растворов: в один — раствор нитрата меди, в другой — раствор хлорида натрия. Электролиз продолжали до того момента, когда в каждом из электролизеров израсходовалась половина исходной соли. Оставшиеся растворы смешали, в результате чего получили раствор массой 210 г с плотностью 1,05 г/мл, имеющий нейтральную реакцию среды и концентрацию нитрат-ионов 1 моль/л. Определите массовые доли веществ в исходных растворах.
- 476.** Через два электролизера, один из которых содержал 220 г раствора нитрата хрома(III), а другой — 200 г раствора хлорида калия, пропускали электрический ток до тех пор, пока в каждом из электролизеров не исчезла половина исходной соли. Оставшиеся в электролизерах растворы смешали, в результате чего получили раствор с плотностью 1,075 г/мл, имеющий нейтральную реакцию среды и концентрацию нитрат-ионов 0,8 моль/л. Определите массовые доли веществ в исходных растворах. Выделением водорода при электролизе раствора нитрата хрома пренебречь.
- 477.** 200 мл раствора нитрата меди с плотностью 1,08 г/мл в течение некоторого времени подвергали электролизу. В оставшийся раствор поместили избыток оловянной стружки и выдерживали до окончания всех реакций. В результате получили раствор с массовой долей нитрата олова(II) 19,24%. Определите молярную концентрацию нитрата меди в исходном растворе, если

известно, что масса раствора в результате всех прошедших реакций не изменилась.

**478.** В один из двух последовательно соединенных электролизеров поместили 150 г раствора сульфида калия с массовой долей соли 25,67%, а в другой — 149 г раствора нитрата ртути(II) с массовой долей соли 4,36%. Электролиз продолжали до тех пор, пока массы растворов не стали одинаковыми, после этого растворы смешали. Определите молярные концентрации веществ в конечном растворе, если известно, что его плотность равна 1,1 г/мл.

**479.** Два электролизера, один из которых содержал раствор сульфата меди, а другой — равную массу раствора хлорида натрия, соединили последовательно и пропускали постоянный электрический ток до того момента, когда массы растворов в двух электролизерах опять не сравнялись. Определите, как соотносятся между собой объемы газов, выделившихся в каждом из электролизеров.

**480.** Два электролизера, в один из которых поместили 150 г раствора сульфида калия с массовой долей соли 25,7%, а в другой — такую же массу раствора нитрата ртути(II) с массовой долей соли 4,34%, соединили последовательно. Электролиз продолжали до тех пор, пока массы растворов вновь не стали одинаковыми. Определите массы и массовые доли веществ в растворах после электролиза.

**481.** В один из двух последовательно соединенных электролизеров поместили 188,7 мл раствора бромида бария с массовой долей соли 7,425% и плотностью 1,06 г/мл, а в другой — 201 г раствора нитрата хрома(III) неизвестной концентрации. Через некоторое время после начала электролиза массы растворов сравнялись и при дальнейшем пропускании тока оставались одинаковыми. Определите массовую долю нитрата хрома(III) в исходном растворе и массовые доли веществ в электролизерах к моменту выравнивания масс растворов. Выделением водорода на катоде при электролизе нитрата хрома, взаимодействием продуктов электролиза между собой и растворимостью брома в воде пренебречь.

**482.** Два последовательно соединенных электролизера содержали по 120 г растворов нитрата кадмия(II) и хлорида бария. В начальный период электролиза масса продуктов, выделившихся на электродах, в одном электролизере была больше, чем в другом, а через некоторое время массы растворов в электролизерах сравнялись и продолжали оставаться одинаковыми. Определите количества веществ, выделившихся на электродах в обоих электролизерах к моменту выравнивания их масс — и молярную

концентрацию нитрата кадмия в исходном растворе (плотность 1,11 г/мл), если известно, что массовая доля хлорида бария в исходном растворе составляла 17,33%. Выделением водорода из раствора, содержащего нитрат кадмия, пренебречь.

**483.** Через два последовательно соединенных электролизера, один из которых содержал 92 мл раствора иодида калия с массовой долей соли 8,4% и плотностью 1,074 г/мл, а другой — 100 г раствора нитрата меди неизвестной концентрации, пропускали постоянный электрический ток. Через некоторое время массы растворов сравнялись и при дальнейшем пропускании тока оставались одинаковыми. Определите количества веществ, выделившихся на электродах, и массовые доли веществ в обоих электролизерах к моменту выравнивания масс растворов. Взаимодействием продуктов электролиза между собой пренебречь.

**484.** Два электролизера, один из которых содержал раствор нитрата серебра с массовой долей соли 4,25%, а другой — раствор хлорида бария такой же массы, соединили последовательно и пропускали постоянный электрический ток до того момента, когда массы растворов опять сравнялись. Определите массовую долю хлорида бария в исходном растворе, если известно, что при дальнейшем пропускании тока массы растворов в электролизерах оставались равными между собой.

### 3.9. Задачи для повторения предыдущих тем

**485.** Смесь аммиака с метиламином с плотностью по водороду 11,3 пропустили через 228 г раствора хлорида железа(III) с концентрацией соли 1,25 моль/л и плотностью 1,14 г/мл, в результате чего из раствора выпало 26,75 г осадка, а масса раствора уменьшилась на 4,3%. Определите объемный состав исходной газовой смеси и массовые доли веществ в полученном растворе.

**486.** В растворе массовые доли ионов стронция, рубидия, цезия и трихлорацетата одинаковы. Молярная концентрация нитрат-ионов равна 0,25 моль/л и более чем в 4,5 раза больше молярной концентрации бромид-ионов. Определите массы солей, взятых для приготовления 500 мл такого раствора, если в нем помимо указанных выше ионов содержатся также только ионы лития. Процессами гидролиза пренебречь.

**487.** Смесь четырех солей растворили в 200 г воды. В полученном растворе массовые доли ионов кальция, натрия, калия и формиата одинаковы. Молярная концентрация трифторацетат-ионов более чем в 1,9 раза больше молярной концентрации перхлорат-ионов и равна 1,5 моль/л. Определите массы солей в исходной смеси, если известно, что плотность полученного

раствора равна 1,12 г/мл и что в нем помимо указанных выше ионов содержатся также ионы лития и хлората. Процессами гидролиза пренебречь.

- 488.** В растворе массовые доли ионов галогенида, бария и рубидия одинаковы. Молярная концентрация перхлорат-ионов больше, чем ионов цезия, и равна 0,25 моль/л. Молярная концентрация нитрат-ионов меньше, чем ионов цезия. Назовите 3 соли, использованные для приготовления раствора, и определите их массовые доли в полученном растворе, если его плотность равнялась 1,09 г/мл.
- 489.** К 500 г раствора с массовой долей соли 12% добавили раствор кислоты с массовой долей 20% и щелочь. После завершения всех реакций раствор имел кислую среду, массовые доли катиона щелочного металла, сульфат- и хлорид ионов были одинаковы, а молярная концентрация катиона щелочного металла была больше, чем иона метиламмония. Определите молярные концентрации веществ в полученном растворе, если его плотность составляла 1,15 г/мл.
- 490.** В раствор, содержащий только кислоту с массовой долей 12%, добавили две соли и основание. В результате был получен раствор с щелочной реакцией среды, в котором массовые доли ионов кальция, бария, стронция и хлорида одинаковы. Молярная концентрация бромид-иона больше, чем трифторацетат-иона и составляла 0,4 моль/л. Определите массовые доли веществ в полученном растворе, если его плотность составляла 1,15 г/мл.
- 491.** После смешивания растворов трех различных солей с одинаковыми молярными концентрациями было получено 270 г раствора с плотностью 1,08 г/мл, в котором массовые доли ионов цинка, бария и нитрата одинаковы, а молярная концентрация иодид ионов составляет 0,08 моль/л. Определите объемы исходных растворов и массы исходных веществ, если известно, что среди них были трифторацетат металла и соль серебра. Объем конечного раствора равен сумме объемов исходных растворов.
- 492.** В 100 мл воды растворили две соли, затем добавили 50 мл раствора третьей соли с плотностью 1,06 г/мл и с массовой долей ионов бария 3,95%. В полученном растворе содержатся сульфат-ионы, а массовые доли ионов натрия, калия и хлорида одинаковы. Определите массы солей, взятых для приготовления растворов, и массовые доли веществ в конечном растворе, если известно, что в нем содержался также нитрат-ион.
- 493.** 110 г раствора ацетата серебра смешали с раствором бромида метиламмония, в результате чего был получен раствор с оди-

наковыми суммарными массовыми долями катионов и анионов, плотностью 1,1 г/мл и концентрацией ацетат-ионов 0,5 моль/л. Определите массовые доли веществ в исходных и конечном растворах, если известно, что масса последнего равна массе одного из исходных растворов. Процессами гидролиза пренебречь.

**494.** Растворы хлорида бария и сульфата алкиламмония с массовыми долями солей по 10% смешали, в результате чего выпало 11,65 г осадка и остался раствор с плотностью 1,06 г/мл, в котором суммарная массовая доля катионов равна суммарной массовой доле анионов. Определите молярные концентрации веществ в полученном растворе, если известно, что ион алкиламмония содержал более одного атома углерода. Процессами гидролиза пренебречь.

**495.** Раствор формиата бария с концентрацией соли 0,5 моль/л и плотностью 1,05 г/мл смешали с раствором сульфата алкиламмония с такой же массовой долей соли, что и в первом растворе. В результате получен раствор с равными суммарными массовыми долями катионов и анионов. Определите массовые доли веществ в полученном растворе, если известно, что ион алкиламмония содержал более одного атома углерода. Процессами гидролиза пренебречь.

**496.** Раствор сульфата калия смешали с раствором бариевой соли одноосновной карбоновой кислоты, содержащей более одного атома углерода, в результате чего получили 224 г раствора с равными суммарными массовыми долями катионов и анионов и плотностью 1,12 г/мл, в котором молярная концентрация ионов калия составляла 0,75 моль/л. Определите массовые доли веществ в исходных растворах и в полученном растворе, если известно, что масса последнего в четыре раза превышает массу одного из исходных растворов. Процессами гидролиза пренебречь.

**497.** К раствору соли аланина с галогеноводородной кислотой добавили раствор нитрата серебра с такой же массовой долей соли, в результате чего получили 230 г раствора с плотностью 1,15 г/мл и концентрацией нитрат-ионов 0,75 моль/л. Определите массы исходных растворов и массовые доли веществ в конечном растворе, если известно, что суммарные массовые доли катионов и анионов в нем равны между собой. Процессами гидролиза пренебречь.

**498.** 100 г раствора двух ближайших гомологов алкиламинов полностью нейтрализовали раствором азотной кислоты с массовой долей кислоты 9%, в результате чего было получено 200 мл раствора с плотностью 1,06 г/мл и молярной концентрацией нитрат-ионов 0,8 моль/л. Определите массовые доли веществ в

исходном и конечном растворах, если известно, что в конечном растворе суммарные массовые доли катионов и анионов равны между собой. Процессами гидролиза пренебречь.

**499.** К раствору соли аминокислоты с бромоводородной кислотой добавили 100 г раствора ацетата серебра с такой же массовой долей растворенного вещества. В результате был получен раствор с плотностью 1,08 г/мл, масса которого была на 9,4 г меньше суммы масс исходных растворов. Определите массовые доли веществ в исходных растворах и молярные концентрации солей в конечном растворе, если известно, что в нем суммарная массовая доля катионов равнялась суммарной массовой доле анионов. Процессами гидролиза пренебречь.

**500.** 109,2 мл раствора сульфита диметиламмония с плотностью 1,05 г/мл и массовой долей соли 7,5% разделили на две равные части. К каждой из частей добавили разные объемы растворов бариевой соли насыщенной монокарбоновой кислоты с массовой долей соли 8%. Определите молярные концентрации веществ в каждом из полученных растворов, если известно, что плотность их составляла 1,04 г/мл и что в каждом из них суммарная массовая доля катионов равнялась суммарной массовой доле анионов. Процессами гидролиза пренебречь.

**501.** 17,2 г сульфита диалкиламмония растворили в 100 мл воды. Полученный раствор плотностью 1,05 г/мл разделили на две равные части и к каждой из них добавили разные объемы раствора нитрата бария с молярной концентрацией соли 0,3 моль/л и такой же плотностью. Определите добавленные объемы раствора нитрата бария и массовые доли веществ в полученных растворах, если известно, что в каждом из них суммарная массовая доля катионов равнялась суммарной массовой доле анионов. Процессами гидролиза пренебречь.

**502.** К 100 мл раствора смеси хлоридов натрия и калия, в котором суммарная массовая доля катионов равна суммарной массовой доле анионов, с плотностью 1,2 г/мл и содержащего 91,65 г воды, добавили некоторое количество раствора формиата серебра с массовой долей соли 15,3%. В результате был получен раствор, в котором суммарная массовая доля катионов также равнялась суммарной массовой доле анионов. Определите молярные концентрации солей в исходном растворе и массовые доли веществ в конечном растворе. Процессами гидролиза пренебречь.

**503.** Образец пептида массой 27,21 г, состоящего из остатков глицина, цистеина и лизина, растворили в 113,5 мл раствора соляной кислоты с массовой долей хлороводорода 15% и плотностью 1,072 г/мл, после чего массовая доля хлороводорода в

растворе уменьшилась до 8,58%. Полученную смесь нагревали до окончания химических реакций. Массовая доля воды в конечной смеси оказалась равной 66,57%, а массовая доля соли с наименьшей молярной массой — 6,74%. Определите, сколько остатков каждой аминокислоты входило в состав пептида.

**504.** Образец пептида массой 26,34 г, состоящего из остатков глицина, аланина и глутаминовой кислоты, растворили в 83,33 мл раствора гидроксида натрия с массовой долей щелочи 20% и плотностью 1,2 г/мл, после чего массовая доля щелочи в растворе уменьшилась до 12,03%. Полученную смесь нагревали до окончания химических реакций. Массовая доля гидроксида натрия в конечной смеси оказалась равной 3,166%, а массовая доля соли с наименьшей молярной массой — 6,14%. Определите, сколько остатков каждой аминокислоты входило в состав пептида.

**505.** При сжигании смеси фосфора с кремнием в избытке кислорода выделилось 287,5 кДж теплоты. Полученную смесь веществ обработали 50 мл воды, затем в образовавшийся раствор пропустили 8,96 л смеси аммиака с азотом (н. у.) с плотностью по воздуху 0,7522. Определите количественный состав исходной смеси элементов и массовые доли веществ в конечном растворе, если известно, что молярные концентрации двух кислых солей в нем были одинаковы, а теплоты сгорания фосфора и кремния равны 754 и 872 кДж/моль соответственно.

**506.** Смесь кремния и хлорида аммония растворили при нагревании в избытке концентрированного раствора щелочи. Выделившиеся при этом газы объемом 13,44 л (н. у.) выдерживали при некоторой температуре в присутствии железного катализатора до установления химического равновесия, в результате чего плотность газовой смеси уменьшилась на 25%. Равновесную смесь газов пропустили над избытком нагретого оксида меди. Объем газа при этом уменьшился на 81,25%. Определите массовые доли веществ в исходной смеси кремния и хлорида аммония и объемные доли газов в равновесной смеси. Все плотности и объемы измерены при одинаковых условиях.

**507.** 4,4 г смеси глицина и дипептида аланина с глицином, в которой массовая доля азота составляла 19,09%, растворили в 100 мл воды и получили раствор с плотностью 1,044 г/мл. Раствор поровну разделили на два сосуда и в каждый из них добавили по 50 мл растворов с различным содержанием фермента, катализирующего гидролиз. Через 30 минут в первом сосуде молярная концентрация глицина сравнялась с молярной концентрацией дипептида, а во втором молярная концентрация дипептида сравнялась с молярной концентрацией ала-

нина. Определите средние скорости реакций в обоих сосудах в этом интервале времени и молярные концентрации веществ в сосудах в этот момент времени. Изменениями объема при смешивании и протекании реакций пренебречь.

**508.** К раствору с плотностью 0,9926 г/мл и с концентрацией ионов водорода 0,01111 моль/л, содержащему ацетат (массовая доля 53%), уксусную кислоту (степень диссоциации 0,2%) и воду, добавили несколько капель серной кислоты. Раствор разделили на две части, первую часть нагревали при 60 °С, а другую — при 80 °С. Через некоторое время в первой части сравнялись молярные концентрации уксусной кислоты и воды, а во второй — молярные концентрации спирта и воды. Определите молярные концентрации веществ в полученных растворах и температурный коэффициент скорости реакции. Изменениями объема пренебречь.

**509.** После растворения в воде двух солей был получен раствор, содержащий ионы кобальта(II), калия, хлорид- и сульфат-ионы. Этот раствор подвергли электролизу, предварительно добавив некоторое количество серной кислоты. Электролиз прекратили в тот момент, когда масса веществ, выделившихся на катоде, сравнялась с массой веществ, выделившихся на аноде, при этом в растворе не осталось ионов кобальта. Определите массы исходных солей, учитывая, что объемы газов, выделившихся на катоде и на аноде, к этому моменту были по 3,181 л (н. у.).

**510.** В 90,4 г воды растворили две соли и получили раствор с плотностью 1,1 г/мл и концентрацией ионов железа(II) 1 моль/л. Этот раствор подвергли электролизу, предварительно добавив некоторое количество серной кислоты. Электролиз прекратили в тот момент, когда масса веществ, выделившихся на катоде, сравнялась с массой веществ, выделившихся на аноде, и в растворе не осталось ионов железа. Определите массы исходных солей, учитывая, что объемы газов, выделившихся на катоде и на аноде к этому моменту — также сравнялись, а в исходном растворе кроме ионов железа присутствовали ионы натрия, хлорид- и сульфат-ионы.

**511.** 49,95 г смеси двух солей растворили в 200 мл воды и получили раствор с плотностью 1,25 г/мл, содержащий ионы кобальта(II), калия, бромид- и нитрат-ионы. Этот раствор подвергли электролизу, предварительно добавив некоторое количество азотной кислоты. Электролиз прекратили в тот момент, когда масса веществ, выделившихся на катоде, сравнялась с массой веществ, выделившихся на аноде, и в растворе не осталось ионов кобальта. Определите молярные концентрации ионов в исходном

растворе, учитывая, что объемы газов, выделившихся на катоде и на аноде, к этому моменту были одинаковы.

**512.** Две соли растворили в 1 литре воды и получили раствор, содержащий ионы марганца(II), магния, бромид- и сульфат-ионы. Этот раствор подвергли электролизу, предварительно добавив 100 мл раствора серной кислоты с плотностью 1,1 г/мл. Электролиз прекратили в тот момент, когда масса веществ, выделившихся на катоде, сравнялась с массой веществ, выделившихся на аноде, и в растворе не осталось ионов марганца. Определите массы исходных солей и массу раствора после электролиза, если известно, что на электродах выделилось 11,2 л газов (н. у.), имеющих после смешивания плотность по водороду, равную 13.

**513.** Смесь двух солей растворили в десятикратном по массе количестве воды и получили раствор, содержащий ионы железа(II), цезия, хлорид- и сульфат-ионы, в котором суммарная массовая доля катионов равнялась суммарной массовой доле анионов. Гидролизом пренебречь. Этот раствор подвергли электролизу, предварительно добавив равную массу раствора серной кислоты с массовой долей 10%. Электролиз прекратили в тот момент, когда масса веществ, выделившихся на катоде, сравнялась с массой веществ, выделившихся на аноде. Определите массовые доли веществ в растворах до и после электролиза, учитывая, что объемы газов, выделившихся на катоде и на аноде, к этому моменту также сравнялись.

**514.** Две соли растворили в 500 мл воды и получили раствор, содержащий ионы никеля(II), калия, иодид- и сульфат-ионы. Этот раствор подвергли электролизу, предварительно добавив 100 мл раствора серной кислоты с плотностью 1,1 г/мл. Электролиз прекратили в тот момент, когда масса веществ, выделившихся на катоде, сравнялась с массой веществ, выделившихся на аноде, и в растворе не осталось ионов никеля. Определите массы исходных солей и массу раствора после электролиза, если известно, что на электродах выделилось 6,72 л газов (н. у.), имеющих после смешивания плотность по водороду, равную 11.

**515.** В 87,65 г воды растворили две соли и получили раствор с плотностью 1,1 г/мл и концентрацией ионов кобальта(II) 1 моль/л. Этот раствор подвергли электролизу, предварительно добавив некоторое количество серной кислоты. Электролиз прекратили в тот момент, когда масса веществ, выделившихся на катоде, сравнялась с массой веществ, выделившихся на аноде, и в растворе не осталось ионов кобальта. Определите массы исходных солей, учитывая, что объем газа, выделившегося на катоде, в 2 раза меньше объема газа, выделившегося на аноде, а в ис-

ходном растворе кроме ионов кобальта присутствовали ионы натрия, иодид- и сульфат-ионы.

- 516.** После растворения в воде двух солей был получен раствор, содержащий ионы кадмия(II), кальция, бромид- и нитрат-ионы. Этот раствор подвергли электролизу, предварительно добавив некоторое количество азотной кислоты. Электролиз прекратили в тот момент, когда масса веществ, выделившихся на катоде, сравнялась с массой веществ, выделившихся на аноде, и в растворе не осталось ионов кадмия. Определите массы исходных солей, учитывая, что объемы газов, выделившихся на катоде и на аноде, к этому моменту были по 11,2 л (н. у.).
- 517.** Через два электролизера, в одном из которых содержалось 200 г раствора сульфата меди, а в другом — раствор хлорида бария, пропускали электрический ток до тех пор, пока в каждом из электролизеров прореагировала половина исходной соли. После смешивания двух полученных растворов и удаления осадка осталось 360 мл раствора с плотностью 1,0843 г/мл, имеющего нейтральную реакцию среды и концентрацию хлорид-ионов 0,8333 моль/л. Определите массовые доли веществ в исходных растворах.
- 518.** Через два электролизера, один из которых содержал 325 г раствора равных количеств веществ нитрата ртути(II) и азотной кислоты, а другой — 323 г раствора сульфида калия, пропускали электрический ток до тех пор, пока в каждом из электролизеров не исчезла половина исходной соли. Оставшиеся в электролизерах растворы смешали и нагревали длительное время, после чего получили раствор с плотностью 1,073 г/мл, имеющий нейтральную реакцию среды и концентрацию нитрат-ионов 1,08 моль/л. Определите массовые доли веществ в исходных растворах. Потерями воды при нагревании раствора и реакцией ртути с азотной кислотой пренебречь.
- 519.** Два электролизера, один из которых содержал раствор нитрата висмута(III), а другой — равную массу раствора хлорида натрия, соединили последовательно и пропускали постоянный электрический ток до того момента, когда массы растворов в двух электролизерах опять не сравнялись. Определите, как соотносятся между собой объемы газов, выделившихся в каждом из электролизеров.
- 520.** Через два последовательно соединенных электролизера, один из которых содержал 92 мл раствора иодида натрия с массовой долей соли 9,184% и плотностью 1,0652 г/мл, а другой — 100 г раствора нитрата меди неизвестной концентрации, пропускали постоянный электрический ток. Через некоторое время массы растворов сравнялись и при дальнейшем пропускании тока

оставались одинаковыми. Определите массовые доли веществ в обоих электролизерах к моменту выравнивания масс растворов. Взаимодействием продуктов электролиза между собой пренебречь.

**521.** Два электролизера, в один из которых поместили 300 г раствора сульфида натрия с плотностью 1,07 г/мл и концентрацией соли 1,783 моль/л, а во второй — 277,5 мл раствора нитрата ртути(II) с плотностью 1,4 г/мл, соединили последовательно и пропускали постоянный электрический ток. После повторного выравнивания масс растворов при дальнейшем пропускании тока они оставались одинаковыми. Определите массовые доли веществ в растворе во втором электролизере до электролиза и сразу после второго выравнивания масс растворов.

**522.** Образец глюкозы разделили на две равные части. Одну часть подвергли спиртовому, а другую — молочнокислому брожению. Все продукты обеих реакций объединили и растворили в 75,5 мл раствора щелочи с плотностью 1,11 г/мл, в результате чего образовался раствор с равными молярными концентрациями трех солей и массовой долей спирта 5,52%. Определите массу исходного образца глюкозы и выходы реакций брожения, если при сжигании непрореагировавшей глюкозы в избытке кислорода образовалось 26,88 л газовой смеси с плотностью 1,83 г/л (н. у.).

**523.** Образец глюкозы разделили на две равные части. Одну часть подвергли спиртовому, а другую — маслянокислому брожению. Все продукты обеих реакций объединили и растворили в 168,7 мл раствора щелочи с плотностью 1,09 г/мл, в результате чего образовался раствор, содержащий три соли в мольном соотношении 1 : 3 : 3 и спирт с массовой долей 2,76%. Определите массу исходного образца глюкозы и выходы реакций брожения, если при сжигании непрореагировавшей глюкозы в избытке кислорода образовалось 20,16 л газовой смеси (н. у.) с плотностью по водороду 20,4.

**524.** Образец глюкозы разделили на две равные части. Одну часть подвергли маслянокислому, а другую — молочнокислому брожению. Все продукты обеих реакций объединили и растворили в 40,6 мл раствора гидроксида натрия с плотностью 1,1 г/мл, в результате чего образовался раствор с равными молярными концентрациями четырех солей и массовой долей воды 83,52%. Определите массу исходного образца глюкозы и выходы реакций брожения, если при сжигании непрореагировавшей глюкозы в избытке кислорода образовалось 17,92 л газовой смеси с плотностью 1,71 г/л (н. у.).

- 525.** Образец глюкозы разделили на две равные части. Одну часть подвергли маслянокислому, а другую — молочнокислому брожению. Все продукты обеих реакций объединили и обработали 98,5 мл раствора гидроксида калия с плотностью 1,1 г/мл, в результате чего образовался раствор с равными молярными концентрациями трех солей и массовой долей воды 78,76%. Определите массу исходного образца глюкозы и выходы реакций брожения, если при обработке непрореагировавшей глюкозы избытком аммиачного раствора оксида серебра выпало 83,7 г осадка.
- 526.** Образец тимина сожгли в избытке кислорода, а образец глюкозы равной массы подвергли маслянокислому брожению. Все продукты обеих реакций объединили и обработали 835 мл раствора гидроксида калия с плотностью 1,073 г/мл и массовой долей щелочи 0,08. Определите массы взятых образцов и выход реакции брожения, если после сжигания непрореагировавшей глюкозы в избытке кислорода и обработки продуктов реакции полученным раствором был получен раствор трех солей в молярном соотношении 1 : 21 : 21.
- 527.** Образец аденина сожгли в избытке кислорода, а образец глюкозы равной массы подвергли спиртовому брожению. Все продукты обеих реакций объединили и обработали раствором гидроксида калия. Через полученный раствор, содержащий спирт и только одну соль в массовом соотношении 1 : 18, пропустили газовую смесь, образовавшуюся при сгорании непрореагировавшей глюкозы в избытке кислорода. Определите массы взятых образцов и выход реакции брожения, если известно, что после выпаривания конечного раствора образовалось 79,76 г сухого остатка, а при прокаливании последнего выделилось 896 мл газа (н. у.).
- 528.** Образец глюкозы массой 90 г разделили на две равные части. Одну часть подвергли спиртовому, а другую — маслянокислому брожению. Жидкие продукты обеих реакций объединили и нагревали в присутствии небольшого количества серной кислоты, в результате чего получили раствор трех органических веществ в мольном соотношении 1 : 1 : 7 в порядке убывания молекулярной массы. Газообразные продукты реакций брожения также объединили и обработали 612 мл раствора гидроксида калия с плотностью 1,07 г/мл и массовой долей щелочи 7,7%, в результате чего образовался раствор с массовой долей воды 89,52%. Определите выходы реакций брожения.
- 529.** Образец глюкозы массой 72 г разделили на две равные части. Одну часть подвергли спиртовому, а другую — маслянокислому брожению. Жидкие продукты обеих реакций объединили и

нагревали в присутствии небольшого количества серной кислоты, в результате чего был получен раствор трех органических веществ в мольном соотношении 1 : 1 : 9 в порядке убывания молекулярной массы. Газообразные продукты реакций брожения также объединили и обработали раствором гидроксида калия. Определите выходы реакций брожения, если известно, что после выпаривания конечного раствора образовалось 48,84 г сухого остатка, а при прокаливании последнего выделилось 2,688 л газа (н. у.).

**530.** В результате смешивания равных масс растворов нитрата серебра и соли, полученной из аланина и галогеноводородной кислоты, выпал осадок, масса которого была в четыре раза меньше массы одного из исходных растворов. В полученном растворе суммарная массовая доля катионов оказалась равной суммарной массовой доле анионов. В каком другом массовом соотношении нужно смешать исходные растворы, чтобы получить раствор с такой же массовой долей образующейся соли, что и в первом случае? Процессами гидролиза пренебречь.

**531.** К 200 мл раствора сульфата этиламмония с плотностью 1,1 г/мл двумя равными порциями прилили раствор бариевой соли предельной монокарбоновой кислоты с плотностью 1,02 г/мл и массовой долей соли 20%, причем молекула кислоты содержит более одного атома углерода. После приливания второй порции получили раствор с равными суммарными массовыми долями катионов и анионов и массовой долей образующейся соли в 1,5 раза меньшей, чем после приливания первой порции. Определите объем раствора бариевой соли предельной монокарбоновой кислоты и массовую долю сульфата этиламмония в исходном растворе. Процессами гидролиза пренебречь.

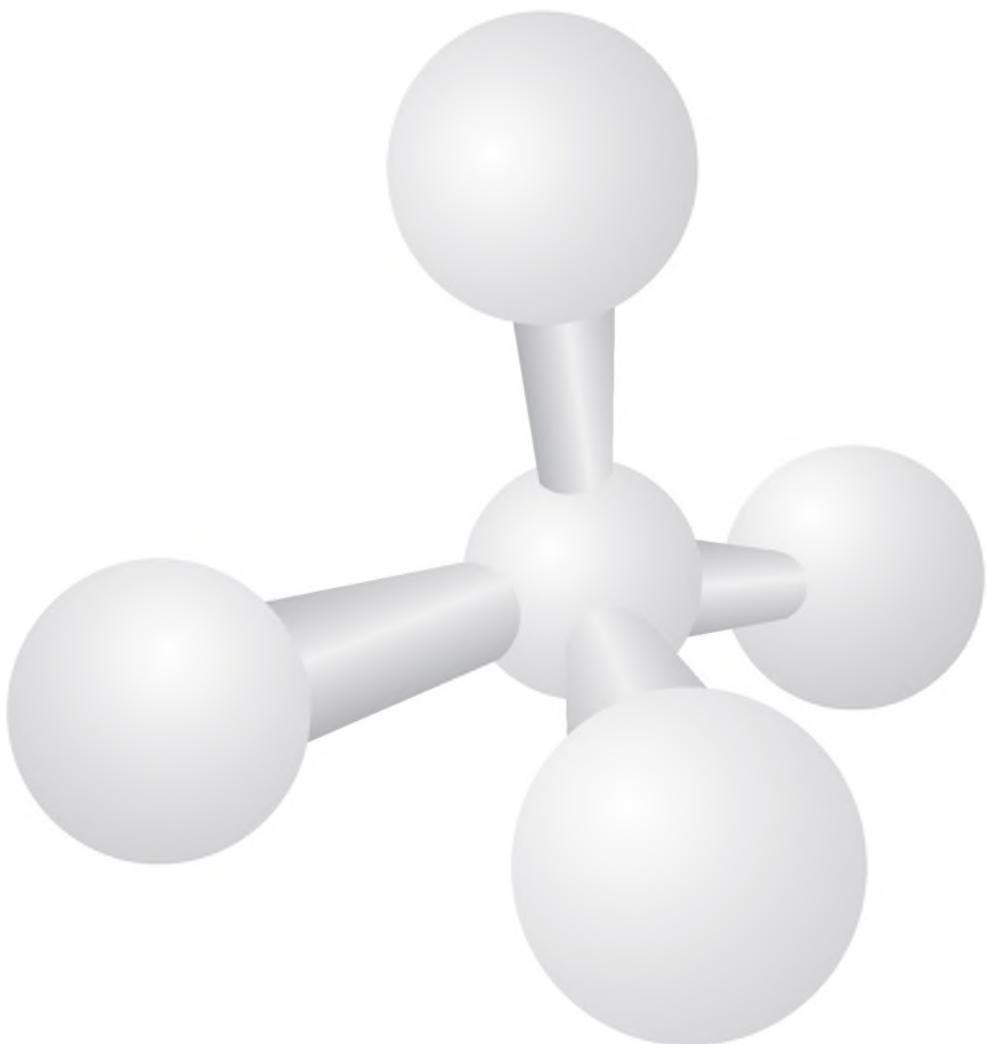
**532.** 323,8 мл раствора нитрата серебра с массовой долей соли 20% и плотностью 1,05 г/мл разделили на две равные части. К каждой части прилили разные объемы раствора соли, полученной из аминокислоты и бромоводорода, имеющего плотность 1,1 г/мл. В первом случае получили 483,4 г раствора с равными суммарными массовыми долями катионов и анионов и такой же массовой долей полученной соли, что и во втором случае. Определите объемы исходных растворов соли аминокислоты и массовые доли веществ в конечных растворах. Аминокислота имеет одну аминогруппу. Процессами гидролиза пренебречь.

**533.** 160 г раствора двух ближайших гомологов предельных третичных аминов разделили на две равные части. К каждой части прилили разные объемы трифторуксусной кислоты с плотностью 1,09 г/мл и массовой долей кислоты 30%. При

приливании меньшего объема кислоты прошла полная взаимная нейтрализация и образовалось 133,2 г раствора с равными суммарными массовыми долями катионов и анионов. При приливании большего объема получили раствор с массовой долей соли с молярной массой в 1,5 раза меньшей, чем в первом случае. Определите добавленные объемы растворов кислоты и массовые доли веществ в полученных растворах. Процессами гидролиза пренебречь.

**ЧАСТЬ III**  
**РАЗБОР ЗАДАЧ**

---



## РЕШЕНИЕ НЕКОТОРЫХ КОНКУРСНЫХ ЗАДАЧ

### 4.1. Газы

(17) 8,96 л смеси этена и пропена (н. у.) с плотностью по кислороду 1,039 смешали с избытком хлороводорода. После окончания всех реакций полученную смесь обработали при нагревании 168 г водного раствора гидроксида натрия с плотностью 1,2 г/мл и молярной концентрацией щелочи 5 моль/л. В результате получили раствор, в котором массовая доля щелочи оказалась в 4,157 раз меньшей, чем в исходном растворе. Определите массовые доли веществ в конечном растворе.

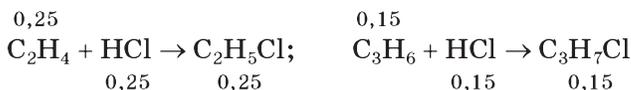
Решение:

$$n(\text{газов}) = \frac{8,96}{22,4} = 0,4 \text{ моль};$$

$$M_{\text{ср.}}(\text{газовой смеси}) = 1,039 \cdot 32 = 33,25 \text{ г/моль.}$$

Пусть  $n(\text{C}_2\text{H}_4) = x$ ,  $n(\text{C}_3\text{H}_6) = y$ , и  $n(\text{HCl}) = z$ ;

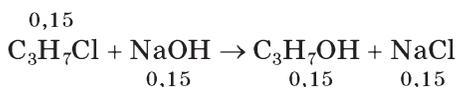
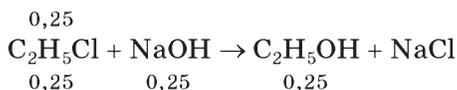
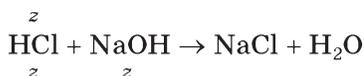
$$\begin{cases} x + y = 0,4 \\ 28x + 42y = 33,25 \cdot 0,4 = 13,3 \end{cases} \quad \left| \begin{array}{l} y = 0,15, \\ x = 0,25. \end{array} \right.$$



$$n(\text{NaOH в исходном растворе}) = \frac{168 \cdot 5}{1,2 \cdot 1000} = 0,7 \text{ моль};$$

$$\omega(\text{NaOH в исходном растворе}) = \frac{0,7 \cdot 40}{168} = 0,1667;$$

$$\omega(\text{NaOH в конечном растворе}) = \frac{0,1667}{4,157} = 0,04;$$



$$m(\text{щелочи в конечном растворе}) = (0,7 - 0,025 - 0,15 - z) \cdot 40;$$

$$m(\text{конечного раствора}) = 168 + 13,3 + 0,4 \cdot 36,5 + z \cdot 36,5\%$$

$$(0,7 - 0,025 - 0,15 - z) \cdot 40 = 0,04 \cdot (168 + 13,3 + 0,4 \cdot 36,5 + z \cdot 36,5);$$

$$41,6z = 4,16; \quad z = 0,1.$$

$$m(\text{конечного раствора}) = 168 + 13,3 + 0,4 \cdot 36,5 + 0,1 \cdot 36,5 = 199,55 \text{ г;}$$

$$\omega(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = \frac{0,25 \cdot 46}{199,55} = 0,0576;$$

$$\omega(\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}) = \frac{0,15 \cdot 60}{199,55} = 0,0451;$$

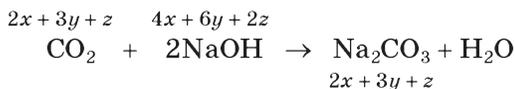
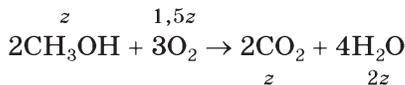
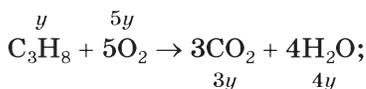
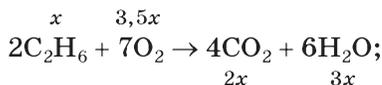
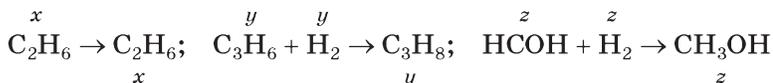
$$\omega(\text{NaCl}) = \frac{0,5 \cdot 58,5}{199,55} = 0,1466.$$

Ответ:  $\omega(\text{NaCl}) = 14,66\%$ ;  $\omega(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = 5,76\%$ ;  $\omega(\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}) = 4,51\%$ .

**(30)** Смесь этана, пропена и формальдегида подвергли полному гидрированию, при этом объем этой смеси оказался на 30% больше объема израсходованного водорода. Определите массовые доли газов в исходной смеси, если известно, что при растворении продуктов сгорания смеси, полученной в результате гидрирования, в 38,4 мл раствора гидроксида натрия с концентрацией щелочи 7,8125 моль/л и плотностью 1,25 г/мл образовался раствор, содержащий 12,72 г карбоната натрия и гидроксид натрия с массовой долей 4,2395%.

Решение:

Пусть  $n(\text{C}_2\text{H}_6) = x$ ;  $n(\text{C}_3\text{H}_6) = y$  и  $n(\text{НСОН}) = z$ .



$$n(\text{исходных газов}) = 1,3n(\text{H}_2); \quad x + y + z = (y + z) \cdot 1,3;$$

$$x - 0,3y - 0,3z = 0;$$

$$n(\text{Na}_2\text{CO}_3) = \frac{12,72}{106} = 0,12 \text{ моль;}$$

$$2x + 3y + z = 0,12;$$

$$m(\text{исходного раствора NaOH}) = 38,4 \cdot 1,25 = 48 \text{ г.}$$

$$n(\text{NaOH в исходном растворе}) = \frac{48 \cdot 0,25}{40} = 0,3 \text{ моль};$$

$$n(\text{израсходованного NaOH}) = 0,12 \cdot 2 = 0,24 \text{ моль};$$

$$n(\text{NaOH оставшегося}) = 0,3 - 0,24 = 0,06 \text{ моль};$$

$$m(\text{конечного раствора}) = \frac{0,06 \cdot 40}{0,042395} = 56,61 \text{ г};$$

$$m(\text{H}_2\text{O, выделившейся при сгорании}) = m(\text{конечного раствора}) - m(\text{исходного раствора NaOH}) - m(\text{CO}_2) = 56,61 - 48 - 0,12 \cdot 44 = 3,33 \text{ г};$$

$$n(\text{H}_2\text{O, выделившейся при сгорании}) = \frac{3,33}{18} = 0,185 \text{ моль};$$

$$\begin{cases} 3x + 4y + 2z = 0 & y = 0,02, \\ x - 0,3y - 0,3z = 0 & z = 0,03, \\ 2x + 3y + z = 0,12 & x = 0,015. \end{cases}$$

$$n(\text{C}_2\text{H}_6) = 0,015 \text{ моль}; \quad n(\text{C}_3\text{H}_6) = 0,02 \text{ моль}; \quad n(\text{НСОН}) = 0,03 \text{ моль};$$

$$m(\text{C}_2\text{H}_6) = 0,015 \cdot 30 = 0,45 \text{ г}; \quad m(\text{C}_3\text{H}_6) = 0,02 \cdot 42 = 0,84 \text{ г};$$

$$m(\text{НСОН}) = 0,03 \cdot 30 = 0,9 \text{ г};$$

$$m(\text{исходной смеси газов}) = 0,45 + 0,84 + 0,9 = 2,19 \text{ г};$$

$$\omega(\text{C}_2\text{H}_6) = \frac{0,45}{2,19} = 0,2055; \quad \omega(\text{C}_3\text{H}_6) = \frac{0,84}{2,19} = 0,3836;$$

$$\omega(\text{НСОН}) = \frac{0,9}{2,19} = 0,4109.$$

Ответ:  $\omega(\text{C}_2\text{H}_6) = 20,55\%$ ;  $\omega(\text{C}_3\text{H}_6) = 38,36\%$ ;  $\omega(\text{НСОН}) = 41,09\%$

**(33)** Один и тот же сосуд при н. у. поочередно заполняли тремя различными неорганическими газами, при этом сосуд каждый раз взвешивали и его масса составляла 466, 482 и 467 г соответственно. Плотность второго газа по третьему равна 1,8824, а плотность третьего газа по кислороду равна 1,0625. Взвешенные газы смешали между собой и нагрели. Определите массы веществ в полученной смеси, если известно, что исходные газы включали в себя три элемента.

Решение:

$$M(\text{третьего газа}) = 1,0625 \cdot 32 = 34 \text{ г/моль (H}_2\text{S или PH}_3\text{)};$$

$$M(\text{второго газа}) = 1,8824 \cdot 34 = 64 \text{ г/моль (SO}_2\text{)}.$$

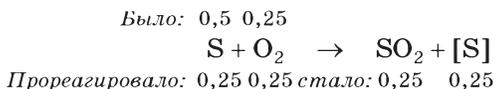
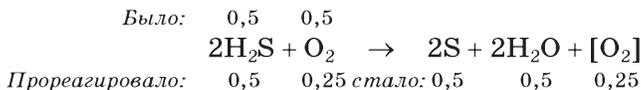
Пусть масса сосуда =  $x$ , а количество вещества газа =  $y$ :

$$\begin{cases} x + 34y = 467 & x = 450, \\ x + 64y = 482 & y = 0,5. \end{cases}$$

$$m(\text{первого газа}) = 466 - 450 = 16 \text{ г};$$

$$M(\text{первого газа}) = \frac{16}{0,5} = 32 \text{ (O}_2 \text{ или SiH}_4\text{)};$$

Три элемента содержат H<sub>2</sub>S, O<sub>2</sub> и SO<sub>2</sub>.



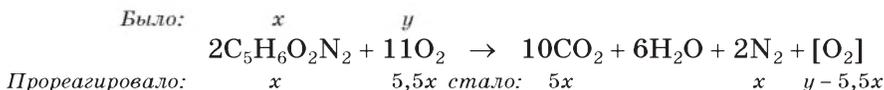
$$m(\text{H}_2\text{O}) = 0,5 \cdot 18 = 9 \text{ г}; \quad m(\text{SO}_2) = 0,25 \cdot 64 = 16 \text{ г}; \quad m(\text{S}) = 0,25 \cdot 32 = 8 \text{ г}.$$

Ответ:  $m(\text{H}_2\text{O}) = 9 \text{ г}; \quad m(\text{SO}_2) = 16 \text{ г}; \quad m(\text{S}) = 8 \text{ г}.$

**(39)** В герметичный сосуд объемом 560 мл при 0 °С поместили некоторое количество тими́на, сосуд вакуумировали и заполнили под давлением избытком кислорода. Органическое вещество подожгли. После полного сгорания вещества сосуд охладили до 0 °С. Давление в сосуде оказалось на 5% больше исходного, а после открытия сосуда при н. у. из него вышло 4,144 л газа. Определите массу сожженного тими́на и объемные доли газов в образовавшейся смеси.

Решение:

Пусть  $n(\text{тими́на}) = x$ ;  $n(\text{O}_2) = y$ .



После сгорания в сосуде стало  $5x + x + (y - 5,5x) = y + 0,5x$  моль газов.

Увеличение давления в сосуде на 5% означает, что и количество вещества газа увеличилось на 5%:

$$1,05y = y + 0,5x; \quad y = 10x. \text{ Всего в сосуде стало } 10,5x \text{ моль газов.}$$

Из сосуда вышло  $\frac{4,144}{22,4} = 0,185$  моль газа и осталось в сосуде  $\frac{0,56}{22,4} = 0,025$  моль газа — всего  $0,185 + 0,025 = 0,21$  моль.

$$10,5x = 0,21; \quad x = 0,02;$$

$$m(\text{тими́на}) = 0,02 \cdot 126 = 2,52 \text{ г};$$

$$\varphi(\text{CO}_2) = \frac{5 \cdot 0,02}{0,21} = 0,4762;$$

$$\varphi(\text{N}_2) = \frac{0,02}{0,21} = 0,0952;$$

$$\varphi(\text{O}_2) = \frac{4,5 \cdot 0,02}{0,21} = 0,4288.$$

Ответ:  $m(\text{тими́на}) = 2,52 \text{ г}; \quad \varphi(\text{CO}_2) = 47,62\%; \quad \varphi(\text{N}_2) = 9,52\%; \quad \varphi(\text{O}_2) = 42,88\%.$

## 4.2. Растворы и смеси

### 4.2.1. Растворение простых веществ

(47) При растворении 25,6 г меди в 134,65 мл раствора азотной кислоты с плотностью 1,31 г/мл выделилось 8,96 л (н. у.) смеси газов. В результате выпаривания полученного раствора и конденсации выделяющихся паров было получено 78 мл раствора азотной кислоты с плотностью 1,084 г/мл и массовой долей кислоты 14,9%. Определите массовую долю азотной кислоты в исходном растворе и массовые доли веществ в остатке после выпаривания, если известно, что он состоял из смеси тригидрата и гексагидрата нитрата меди.

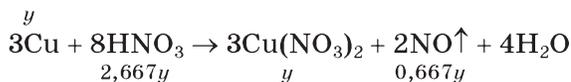
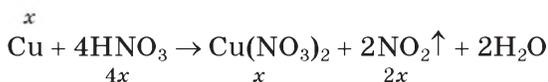
Решение:

$$n(\text{Cu}) = \frac{25,6}{64} = 0,4 \text{ моль};$$

$$m(\text{исходного раствора HNO}_3) = 134,65 \cdot 1,31 = 176,4 \text{ г};$$

$$n(\text{газов}) = \frac{8,96}{22,4} = 0,4 \text{ моль}.$$

Сначала при растворении меди в концентрированной азотной кислоте происходит образование  $\text{NO}_2$ , затем концентрация  $\text{HNO}_3$  снижается и образуется  $\text{NO}$ .



$$\begin{cases} x + y = 0,4 \\ 2x + 0,667y = 0,4 \end{cases} \quad \left| \begin{array}{l} x = 0,1, \\ y = 0,3. \end{array} \right.$$

$m(\text{раствора азотной кислоты, образовавшегося после конденсации паров}) = 78 \cdot 1,084 = 84,55 \text{ г};$

$$n(\text{HNO}_3 \text{ в этом растворе}) = \frac{84,55 \cdot 0,149}{63} = 0,2 \text{ моль};$$

$$n(\text{HNO}_3, \text{ вступившей в реакцию с медью}) = 4x + 2,667y = 0,1 \cdot 4 + 2,667 \cdot 0,3 = 1,2 \text{ моль};$$

$$n(\text{HNO}_3 \text{ в исходном растворе}) = 0,2 + 1,2 = 1,4 \text{ моль};$$

$$\omega(\text{HNO}_3 \text{ в исходном растворе}) = \frac{1,4 \cdot 63}{176,4} = 0,5;$$

$$m(\text{остатка после выпаривания}) = m(\text{меди}) + m(\text{исходного раствора HNO}_3) - m(\text{раствора азотной кислоты, образовавшегося после конденсации паров}) - m(\text{газов}) = 25,6 + 176,4 - 84,55 - 0,1 \cdot 2 \cdot 46 - 0,667 \cdot 0,3 \cdot 30 = 102,3 \text{ г}.$$

Пусть  $n(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}) = a$  и  $n(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}) = b$ .

$$\begin{cases} a + b = 0,4 \\ 242a + 296b = 102,3 \end{cases} \quad \left| \begin{array}{l} a = 0,3, \\ b = 0,1. \end{array} \right.$$

$$\omega(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}) = \frac{0,3 \cdot 242}{102,3} = 0,7104;$$

$$\omega(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}) = \frac{0,1 \cdot 296}{102,3} = 0,2896.$$

Ответ:  $\omega(\text{HNO}_3 \text{ в исходном растворе}) = 50\%$ ;  $\omega(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}) = 71,04\%$ ;  $\omega(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}) = 28,96\%$ .

(57) Раствор очень разбавленной азотной кислоты с плотностью 1,02 г/мл разделили на три равные части, к каждой из которых добавили образцы Mg, Ca и Zn равной массы. Определите молярные концентрации веществ в полученных растворах, если известно, что в результате растворения магния было получено 922 мл раствора с плотностью 1,025 г/мл, а суммарная молярная концентрация ионов в этом растворе была на 20% меньше соответствующей концентрации ионов в исходном растворе азотной кислоты. Изменениями объема растворов в результате реакций пренебречь.

Решение:

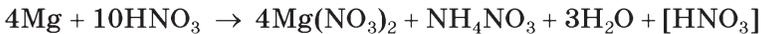
$$m(\text{конечного раствора}) = 922 \cdot 1,025 = 945,05 \text{ г};$$

$$m(\text{исходного раствора}) = 922 \cdot 1,02 = 940,44 \text{ г};$$

$$m(\text{Mg}) = 945,05 - 940,44 = 4,61 \text{ г}; \quad n(\text{Mg}) = \frac{4,61}{24} = 0,192 \text{ моль};$$

$$n(\text{HNO}_3 \text{ исходного}) = x.$$

$$\text{Было: } 0,192 \quad x$$



$$\text{Прореагировало: } 0,192 \quad 0,48 \quad \text{стало: } 0,192 \quad 0,048 \quad x - 0,48$$

До реакции ионов было  $2x$ , после реакции ионов стало  $0,192 \cdot 3 + 0,048 \cdot 2 + (x - 0,48) \cdot 2 = 2x - 0,288$ ;

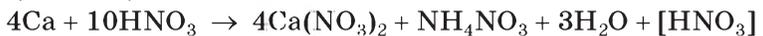
$$2x \cdot 0,8 = 2x - 0,288; \quad 0,4x = 0,288; \quad x = 0,72;$$

$$c(\text{Mg}(\text{NO}_3)_2) = \frac{0,192}{0,922} = 0,208 \text{ моль/л}; \quad c(\text{NH}_4\text{NO}_3) = \frac{0,048}{0,922} = 0,0521 \text{ моль/л};$$

$$c(\text{HNO}_3) = \frac{0,72 - 0,48}{0,922} = 0,26 \text{ моль/л};$$

$$n(\text{Ca}) = \frac{4,61}{40} = 0,115 \text{ моль}.$$

$$\text{Было: } 0,115 \quad 0,72$$



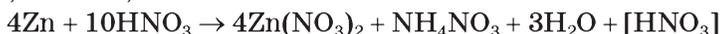
$$\text{Прореагировало: } 0,115 \quad 0,288 \quad \text{стало: } 0,115 \quad 0,0288 \quad 0,432$$

$$c(\text{Ca}(\text{NO}_3)_2) = \frac{0,115}{0,922} = 0,125 \text{ моль/л}; \quad c(\text{NH}_4\text{NO}_3) = \frac{0,0288}{0,922} = 0,0312 \text{ моль/л};$$

$$c(\text{HNO}_3) = \frac{0,432}{0,922} = 0,469 \text{ моль/л};$$

$$n(\text{Zn}) = \frac{4,61}{65} = 0,0709 \text{ моль}.$$

Было: 0,0709      0,72



Прореагировало: 0,0709      0,177 стало: 0,0709      0,0177      0,543

$$c(\text{Zn}(\text{NO}_3)_2) = \frac{0,0709}{0,922} = 0,0769 \text{ моль/л};$$

$$c(\text{NH}_4\text{NO}_3) = \frac{0,0177}{0,922} = 0,0192 \text{ моль/л}; \quad c(\text{HNO}_3) = \frac{0,543}{0,922} = 0,589 \text{ моль/л}.$$

Ответ:  $c(\text{Mg}(\text{NO}_3)_2) = 0,208$  моль/л;  $c(\text{NH}_4\text{NO}_3) = 0,0521$  моль/л.

$c(\text{HNO}_3) = 0,26$  моль/л.  $c(\text{Ca}(\text{NO}_3)_2) = 0,125$  моль/л;

$c(\text{NH}_4\text{NO}_3) = 0,0312$  моль/л;  $c(\text{HNO}_3) = 0,469$  моль/л.

$c(\text{Zn}(\text{NO}_3)_2) = 0,0769$  моль/л;  $c(\text{NH}_4\text{NO}_3) = 0,0192$  моль/л;

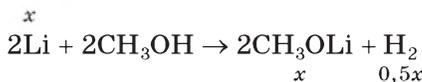
$c(\text{HNO}_3) = 0,589$  моль/л.

#### 4.2.2. Растворение сложных веществ

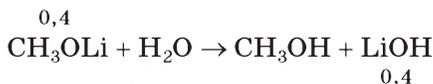
(68) В 50 мл метанола (плотность 0,79 г/мл) растворили такое количество лития, что массовая доля алкоголята в полученном растворе составила 36,28%. К полученному раствору добавили 20 мл воды и пропустили в него 6,72 л оксида углерода(IV) (н. у.). Определите массовые доли веществ в конечной смеси.

Решение:

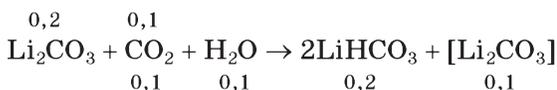
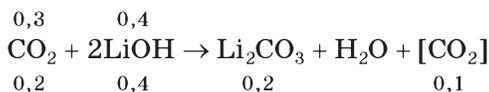
Пусть  $n(\text{Li}) = x$ ;  $m(\text{CH}_3\text{OH}) = 50 \cdot 0,79 = 39,5$  г.



$$38x = 0,3628 \cdot (39,5 + 7x - 2 \cdot 0,5x); \quad 35,82x = 14,33; \quad x = 0,4.$$



$$n(\text{CO}_2) = \frac{6,72}{22,4} = 0,3 \text{ моль};$$



$$m(\text{конечного раствора}) = 39,5 + 0,4 \cdot 7 - 0,4 \cdot 0,5 \cdot 2 + 20 + 0,3 \cdot 44 = 75,1 \text{ г.}$$

$$\omega(\text{LiHCO}_3) = \frac{0,2 \cdot 68}{75,1} = 0,181. \quad \omega(\text{Li}_2\text{CO}_3) = \frac{0,1 \cdot 74}{75,1} = 0,0985.$$

$$\omega(\text{CH}_3\text{OH}) = \frac{39,5}{75,1} = 0,526.$$

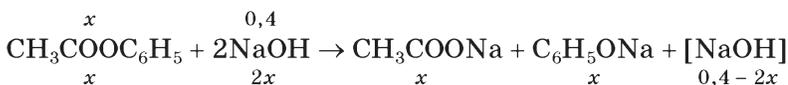
Ответ:  $\omega(\text{Li}_2\text{CO}_3) = 9,85\%$ ;  $\omega(\text{LiHCO}_3) = 18,1\%$ ;  $\omega(\text{CH}_3\text{OH}) = 52,6\%$ .

**(71)** Некоторое количество фенолового эфира уксусной кислоты нагревали с 177,6 г раствора гидроксида натрия с плотностью 1,11 г/мл и молярной концентрацией щелочи 2,5 моль/л. После окончания всех химических реакций массовая доля щелочи уменьшилась до 2,02%. В полученный раствор пропускали углекислый газ до насыщения. Определите объем поглотившегося углекислого газа и массовые доли веществ в конечном растворе. Растворимостью углекислого газа пренебречь.

Решение:

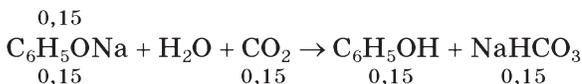
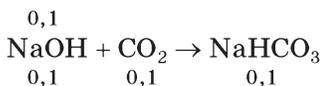
$$n(\text{NaOH в исходном растворе}) = \frac{2,5 \cdot 177,6}{1,11 \cdot 1000} = 0,4 \text{ моль};$$

$$n(\text{CH}_3\text{COOC}_6\text{H}_5) = x;$$



$$(0,4 - 2x) \cdot 40 = 0,0202 \cdot (138x + 177,6); \quad 82,79x = 12,41;$$

$$x = 0,15; \quad n(\text{оставшегося NaOH}) = 0,4 - 0,15 \cdot 2 = 0,1 \text{ моль.}$$



$$n(\text{CO}_2) = 0,1 + 0,15 = 0,25 \text{ моль}; \quad V(\text{CO}_2) = 0,25 \cdot 22,4 = 5,6 \text{ л};$$

$$m(\text{конечного раствора}) = 138 \cdot 0,15 + 177,6 + 0,25 \cdot 44 = 209,3 \text{ г};$$

$$\omega(\text{NaHCO}_3) = \frac{0,25 \cdot 84}{209,3} = 0,1003;$$

$$\omega(\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}) = \frac{0,15 \cdot 94}{209,3} = 0,0674;$$

$$\omega(\text{CH}_3\text{COONa}) = \frac{0,15 \cdot 82}{209,3} = 0,0588.$$

Ответ:  $V(\text{CO}_2) = 5,6 \text{ л.}$   $\omega(\text{CH}_3\text{COONa}) = 5,88\%$ ;  $\omega(\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}) = 6,74\%$ ;  $\omega(\text{NaHCO}_3) = 10,03\%$ .

(74) 31,2 г бензола перемешивали с 127,66 мл раствора с плотностью 1,41 г/мл, содержащего азотную (массовая доля 40,25%) и серную (массовая доля 45%) кислоты. Через некоторое время раствор кислот отделили, причем массовая доля серной кислоты в нем достигла 48%. В этот раствор пропустили 67,2 л аммиака (н. у.), в результате чего плотность раствора уменьшилась до 1,17 г/мл. Определите выход нитробензола в расчете на исходный бензол и молярные концентрации веществ в конечном растворе. Концентрацию аммиака рассчитывать на  $\text{NH}_3$ .

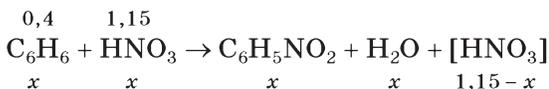
Решение:

$$n(\text{C}_6\text{H}_6) = \frac{31,2}{78} = 0,4 \text{ моль}; \quad n(\text{C}_6\text{H}_6 \text{ оставшегося}) = x;$$

$$m(\text{раствора кислот}) = 127,66 \cdot 1,41 = 180 \text{ г};$$

$$n(\text{HNO}_3) = \frac{180 \cdot 0,4025}{63} = 1,15 \text{ моль};$$

$$m(\text{H}_2\text{SO}_4) = 180 \cdot 0,45 = 81 \text{ г}; \quad n(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{81}{98} = 0,8265 \text{ моль};$$



$$m(\text{раствора кислот после реакции}) = \frac{81}{0,48} = 168,75 \text{ г};$$

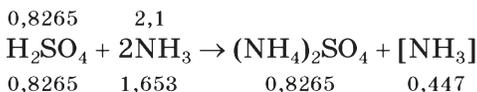
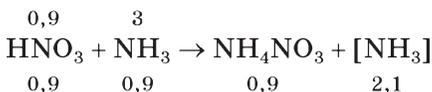
$$\Delta m(\text{раствора}) = 180 - 168,75 = 11,25 \text{ г}; \quad \Delta m(\text{раствора}) = 63x - 18x = 45x;$$

$$45x = 11,25; \quad x = 0,25.$$

$$\text{Выход нитробензола} = \frac{0,25}{0,4} = 0,625 \text{ (62,5\%)};$$

$$n(\text{NH}_3) = \frac{67,2}{22,4} = 3 \text{ моль};$$

$$n(\text{оставшейся HNO}_3) = 1,15 - 0,25 = 0,9 \text{ моль};$$



$$m(\text{конечного раствора}) = 168,75 + 17 \cdot 3 = 219,75 \text{ г};$$

$$V(\text{конечного раствора}) = \frac{219,75}{1,17} = 187,8 \text{ мл} = 0,1878 \text{ л};$$

$$c(\text{NH}_4\text{NO}_3) = \frac{0,9}{0,1878} = 4,79 \text{ моль/л};$$

$$c((\text{NH}_4)_2\text{SO}_4) = \frac{0,8265}{0,1878} = 4,4 \text{ моль/л};$$

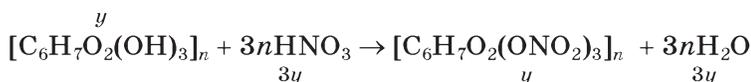
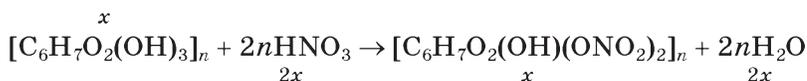
$$c(\text{NH}_3) = \frac{0,447}{0,1878} = 2,38 \text{ моль/л}.$$

Ответ:  $(\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2) = 62,5\%$ .  $c((\text{NH}_4)_2\text{SO}_4) = 4,4 \text{ моль/л}$ ;  
 $c(\text{NH}_4\text{NO}_3) = 4,79 \text{ моль/л}$ ;  $c(\text{NH}_3) = 2,38 \text{ моль/л}$ .

**(78)** 97,2 г целлюлозы обработали раствором, содержащим азотную (массовая доля 40%) и серную (массовая доля 50%) кислоты. Определите массы образовавшихся динитрата и тринитрата целлюлозы, если известно, что массовая доля серной кислоты в растворе при этом увеличилась до 58,33%, а масса азотной кислоты в нем уменьшилась до 100,8 г.

Решение:

$n([\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5]_n) = \frac{97,2}{162} = 0,6 \text{ моль}$ . Пусть образовалось  $x$  моль динитрата и  $y$  моль тринитрата.



$$x + y = 0,6.$$

Пусть масса исходного раствора кислот =  $A$ , тогда  $m(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,5A$  и  $m(\text{HNO}_3 \text{ исходной}) = 0,4A$ ;

$$0,4A = 100,8 + (2x + 3y) \cdot 63;$$

$$\Delta m(\text{раствора}) = (2x + 3y) \cdot 45; 0,5A = 0,5833(A - (2x + 3y) \cdot 45);$$

$$A = (2x + 3y) \cdot 315,1;$$

$$(2x + 3y) \cdot 315,1 \cdot 0,4 = 100,8 + (2x + 3y) \cdot 63; (2x + 3y) \cdot 63 = 100,8.$$

$$\begin{cases} x + y = 0,6 \\ (2x + 3y) \cdot 63 = 100,8 \end{cases} \quad \left| \begin{array}{l} y = 0,4, \\ x = 0,2. \end{array} \right.$$

$$m([\text{C}_6\text{H}_7\text{O}_2(\text{OH})(\text{ONO}_2)_2]_n) = 0,2 \cdot 252 = 50,4 \text{ г};$$

$$m([\text{C}_6\text{H}_7\text{O}_2(\text{ONO}_2)_3]_n) = 0,4 \cdot 297 = 118,8 \text{ г}.$$

Ответ:  $m([\text{C}_6\text{H}_7\text{O}_2(\text{OH})(\text{ONO}_2)_2]_n) = 50,4 \text{ г}$ ;  $m([\text{C}_6\text{H}_7\text{O}_2(\text{ONO}_2)_3]_n) = 118,8 \text{ г}$ .

### 4.2.3. Растворение сплавов и смесей

**(95)** Смесь двух из трех веществ (медь, карбонат натрия, сульфит лития) массой 63 г обработали избытком концентрированной серной кислоты. Определите состав выделившегося при этом газа (в про-

центах по объему), если известно, что при обработке образца третьего вещества такой же массы выделился такой же объем газа. Все объемы измерены при одинаковых условиях.

Решение:

Запишем уравнения соответствующих реакций:



В результате реакции 63 г меди с избытком серной кислоты должно выделиться  $\frac{63}{64} = 0,984$  моль газа, при реакции 63 г карбо-

ната натрия —  $\frac{63}{106} = 0,594$  моль газа и из 64 г сульфита ли-

тия —  $\frac{63}{94} = 0,670$  моль газа. Поскольку масса смеси двух ве-

ществ равна массе третьего вещества, количество вещества газа, выделенного третьим веществом, должно быть промежуточным между количествами вещества газа, выделяемого из двух других.

Таким образом, третьим веществом может быть только сульфит лития. Поэтому смесь состояла из меди и карбоната натрия, и их суммарное количество вещества должно равняться количеству вещества сульфита лития.

$n(\text{Cu}) + n(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 0,67$  моль. Пусть  $n(\text{Cu}) = x$  и  $n(\text{Na}_2\text{CO}_3) = y$ :

$$\begin{cases} 64x + 106y = 63 \\ x + y = 0,67 \end{cases} \quad \left| \begin{array}{l} x = 0,191, \\ y = 0,479. \end{array} \right.$$

$$n(\text{SO}_2) = n(\text{Cu}) = 0,096 \text{ моль};$$

$$\varphi(\text{SO}_2) = \frac{0,191}{0,67} = 0,285;$$

$$\varphi(\text{CO}_2) = 1 - 0,285 = 0,715.$$

Ответ:  $\varphi(\text{SO}_2) = 28,5\%$ ;  $\varphi(\text{CO}_2) = 71,5\%$ .

(115) Продукты сгорания гуанина нагревали длительное время в замкнутом сосуде с избытком кальция до полного поглощения газообразных веществ и окончания всех химических реакций. Полученную твердую смесь растворили в 171,36 мл раствора соляной кислоты с плотностью 1,08 г/мл и массовой долей хлороводорода 17,75%, в результате чего выделилось 2,8 л (н. у.) газовой смеси с плотностью по водороду, равной 3,4, и полученный раствор имел сильноокислую реакцию среды. Определите массу сгоревшего гуанина и массовые доли веществ в полученном растворе.

Решение:

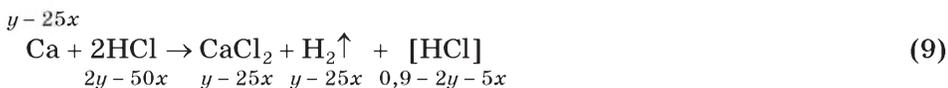
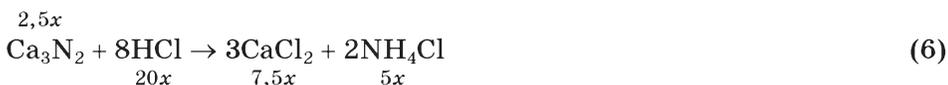
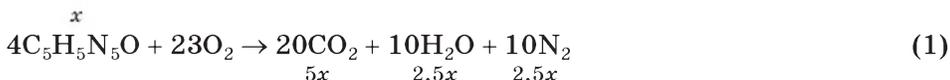
$$m(\text{раствора HCl}) = 171,36 \cdot 1,08 = 185,06 \text{ г};$$

$$n(\text{HCl}) = \frac{185,06 \cdot 0,1775}{36,5} = 0,9 \text{ моль};$$

$$n(\text{газов}) = \frac{2,8}{22,4} = 0,125 \text{ моль};$$

$$M_{\text{ср.}}(\text{газов}) = 3,4 \cdot 2 = 6,8 \text{ г/моль.}$$

Пусть  $n(\text{гуанина}) = x$  и  $n(\text{Ca}) = y$ .



$$n(\text{газов}) = 2,5x + 5x + y - 25x = y - 17,5x = 0,125 \text{ моль};$$

$$2,5x \cdot 26 + (5x + y - 25x) \cdot 2 = 6,8 \cdot 0,125 = 0,85 \text{ г}; \quad 25x + 2y = 0,85;$$

$$\begin{cases} y - 17,5x = 0,125 \\ 25x + 2y = 0,85 \end{cases} \quad \begin{cases} y = 0,3 \\ x = 0,01. \end{cases}$$

$$m(\text{гуанина}) = 0,01 \cdot 151 = 1,51 \text{ г};$$

$$m(\text{конечного раствора}) = 185,06 + 0,05 \cdot 44 + 0,025 \cdot 18 + 0,025 \cdot 28 + 0,3 \cdot 40 - 0,85 = 199,5 \text{ г};$$

$$\omega(\text{CaCl}_2) = \frac{0,3 \cdot 111}{199,5} = 0,1669;$$

$$\omega(\text{NH}_4\text{Cl}) = \frac{0,05 \cdot 53,5}{199,5} = 0,0134;$$

$$\omega(\text{HCl}) = \frac{(0,9 - 0,6 - 0,05) \cdot 36,5}{199,5} = 0,0457.$$

Ответ:  $m(\text{гуанина}) = 1,51 \text{ г}$ .  $\omega(\text{CaCl}_2) = 16,69\%$ ;  $\omega(\text{NH}_4\text{Cl}) = 1,34\%$ ;  
 $\omega(\text{HCl}) = 4,57\%$ .

#### 4.2.4. Смешивание растворов

(130) Имелось два раствора: один — соляной кислоты, а другой — нитрата серебра. Один из этих растворов тремя равными порциями был добавлен ко второму. После добавления каждой из первых двух порций масса полученного раствора была равна массе второго раствора, а после добавления третьей увеличилась на 5,74%. Определите массовые доли веществ в исходных растворах, если известно, что в конечном растворе молярные концентрации ионов водорода и нитрат-ионов соотносились как 1,2 : 1.

Решение:



Если при сливании растворов масса полученного раствора равна массе одного из исходных растворов, то масса осадка должна быть равна массе второго из исходных растворов. Масса осадка не может быть равной массе раствора нитрата серебра (молярная масса  $\text{AgNO}_3$  больше молярной массы  $\text{AgCl}$ ), следовательно, масса осадка равнялась массе раствора соляной кислоты и в первых двух случаях при прибавлении раствора соляной кислоты к раствору нитрата серебра хлороводород был в недостатке, а при добавлении третьей порции он оказался в избытке.

Пусть  $n(\text{NO}_3) = 1$  моль, тогда  $n(\text{H}^+) = 1,2$  моль. Поскольку все нитрат-ионы шли из нитрата серебра, а ионы водорода — из соляной кислоты,  $n(\text{AgNO}_3) = 1$  моль и  $n(\text{HCl}$  в трех порциях) = 1,2 моль.  
 $n(\text{HCl}$  в каждой из трех порций) =  $\frac{1,2}{3} = 0,4$  моль;

$m(\text{AgCl}$  после добавления первой порции) =  $0,4 \cdot 143,5 = 57,4 \text{ г} = m(\text{каждой порции соляной кислоты})$ ;

$$\omega(\text{HCl}$$
 в исходном раствора) =  $\frac{0,4 \cdot 36,5}{57,4} = 0,2544.$

После добавления трех порций соляной кислоты избыток хлороводорода составил  $1,2 - 1 = 0,2$  моль.

$m(\text{раствора соляной кислоты, содержащего } 0,2 \text{ моль хлороводо-}$   
 $\text{рода}) = \frac{0,2 \cdot 36,5}{0,2544} = 28,7 \text{ г.}$

28,7 г — 5,74%

$x$  — 100%

$$x = \frac{28,7 \cdot 100}{5,74} = 500.$$

$m(\text{раствора } \text{AgNO}_3) = 500 \text{ г;}$

$$\omega(\text{AgNO}_3 \text{ в исходном растворе}) = \frac{1 \cdot 170}{500} = 0,34.$$

Ответ:  $\omega(\text{HCl в исходном раствора}) = 25,44\%$ ;  $\omega(\text{AgNO}_3 \text{ в исходном растворе}) = 34\%$ .

**(133)** В два стакана, каждый из которых содержит по 100 г раствора соляной кислоты с массовой долей кислоты 14,6%, добавили различные объемы раствора гидроксида натрия с молярной концентрацией щелочи 2 моль/л и плотностью 1,111 г/мл и получили два раствора, в каждом из которых массовая доля соли составила 6%, после чего оба раствора смешали. Определите массовые доли веществ в конечном растворе.

Решение:

$$n(\text{HCl}) = \frac{100 \cdot 0,146}{36,5} = 0,4 \text{ моль.}$$

Получение двух разных растворов с одинаковыми массовыми долями возможно только тогда, когда в первом случае добавлен недостаток второго реагента, а во втором — избыток.

Пусть в первом случае добавили  $x$  моль гидроксида натрия, тогда масса раствора гидроксида натрия равна  $\frac{x}{2} \cdot 1000 \cdot 1,111 = 555,5x \text{ г.}$

Масса полученного раствора стала  $100 + 555,5x \text{ г.}$

$$n(\text{NaCl}) = n(\text{NaOH}) = x \text{ моль; } m(\text{NaCl}) = 58,5x \text{ г;}$$

$$(100 + 555,5x) \cdot 0,06 = 58,5x; 25,17x = 6; x = 0,238 \text{ моль.}$$

Масса раствора составила  $100 + 555,5 \cdot 0,238 = 232,2 \text{ г.}$

$$n(\text{оставшегося HCl}) = 0,4 - 0,238 = 0,162 \text{ моль.}$$

Было: 0,238 0,4



Прореагировало: 0,238 0,238 стало: 0,238 0,162

Во втором случае  $n(\text{NaCl}) = n(\text{HCl}) = 0,4 \text{ моль; } m(\text{NaCl}) = 0,4 \cdot 58,5 = 23,4 \text{ г;}$  масса второго раствора  $= \frac{23,4}{0,06} = 390 \text{ г.}$  Масса добавленного раствора щелочи  $= 390 - 100 = 290 \text{ г;}$

$$n(\text{NaOH}) = \frac{290 \cdot 2/1,111}{1000} = 0,522 \text{ моль; } n(\text{оставшегося NaOH}) = 0,522 - 0,4 = 0,122 \text{ моль.}$$

Было: 0,522 0,4



Прореагировало: 0,4 0,4 стало: 0,4 0,122

После сливания растворов в реакцию вступило еще 0,122 моль соляной кислоты; общее количество хлорида натрия стало равно  $0,238 + 0,4 + 0,122 = 0,76$  моль или  $0,76 \cdot 58,5 = 44,5$  г; масса раствора составила  $232,2 + 390 = 622$  г;  $\omega(\text{NaCl}) = \frac{44,5}{622} = 0,0715$ . В растворе также осталось  $0,162 - 0,122 = 0,04$  моль хлороводорода.  $\omega(\text{HCl}) = \frac{0,04 \cdot 36,5}{622} = 0,00235$ .

Ответ:  $\omega(\text{NaCl}) = 7,15\%$ ;  $\omega(\text{HCl}) = 0,235\%$ .

**(142)** Раствор сульфида натрия смешали с раствором нитрата свинца, после чего масса образовавшегося раствора оказалась равной массе одного из исходных растворов. Определите массовые доли веществ в исходных и конечном растворах, если известно, что плотность конечного раствора равнялась 1,1 г/мл, а концентрации ионов натрия и нитрат-ионов в нем составляли 1,8 моль/л и 2,4 моль/л соответственно.

Решение:

Если масса образовавшегося раствора равна массе одного из исходных, то масса осадка равна массе другого раствора. Несложно сделать вывод, что масса осадка равна массе раствора сульфида натрия, а масса образовавшегося раствора равна массе раствора нитрата свинца. Предположим, что был 1 л исходного раствора, тогда  $n(\text{Na}^+) = 1,8$  моль,  $n(\text{Na}_2\text{S}) = 0,9$  моль,  $n(\text{NO}_3^-) = 2,4$  моль,  $n(\text{Pb}(\text{NO}_3)_2) = 1,2$  моль.

Было: 0,9 1,2



Прореагировало: 0,9 0,9 стало: 0,9 0,18 0,3

$$m(\text{PbS}) = 0,9 \cdot 239 = 215,1 \text{ г};$$

$$m(\text{Na}_2\text{S}) = 0,9 \cdot 78 = 70,2 \text{ г};$$

$$m(\text{Pb}(\text{NO}_3)_2) = 1,2 \cdot 331 = 397,2 \text{ г};$$

$$m(\text{конечного раствора}) = 1000 \cdot 1,1 = 1100 \text{ г}.$$

В исходных растворах:  $\omega(\text{Na}_2\text{S}) = \frac{70,2}{215,1} = 0,3264$ ;  $\omega(\text{Pb}(\text{NO}_3)_2) = \frac{397,2}{1100} = 0,3611$ .

В конечном растворе:  $\omega(\text{NaNO}_3) = \frac{0,18 \cdot 85}{1100} = 0,0139$ ;  $\omega(\text{Pb}(\text{NO}_3)_2) = \frac{0,3 \cdot 331}{1100} = 0,0903$ .

Ответ:  $\omega(\text{Na}_2\text{S}) = 32,64\%$ ;  $\omega(\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  в исходном растворе) = 36,11%;  $\omega(\text{NaNO}_3) = 13,9\%$ ;  $\omega(\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  в конечном растворе) = 9,03%.

(145) В результате растворения четырех различных солей в воде был получен раствор, в котором массовые доли ионов аммония, натрия и калия, а также сульфат-ионов оказались равны. Концентрация иодид-ионов составляла 0,2 моль/л, а концентрация нитрат-ионов более чем в 3,8 раза превышала концентрацию иодид-ионов. Определите массы солей, необходимые для приготовления 1 л такого раствора, если известно, что кроме перечисленных в растворе присутствовали ионы лития.

Решение:

Если равны массовые доли веществ в одном растворе, то равны и их массы. Обозначим массы ионов аммония, натрия, калия и сульфат-ионов за  $x$ , тогда:

$$n(\text{NH}_4) = \frac{x}{18} = 0,0556x; \quad n(\text{Na}^+) = \frac{x}{23} = 0,0435x; \quad n(\text{K}^+) = \frac{x}{39} = 0,0256x;$$

$$n(\text{SO}_4^{2-}) = \frac{x}{96} = 0,0104x.$$

Количество вещества катиона в сульфате должно быть в два раза больше количества вещества сульфат-ионов, следовательно, сульфатом может быть только сульфат лития. Иодидом должен быть иодид калия, а нитратами — нитрат аммония и нитрат натрия, так как только в этом случае соблюдается условие задачи:

$$n(\text{NO}_3) = n(\text{NH}_4) + n(\text{Na}^+) = 0,0556x + 0,0435x = 0,0991x;$$

$$n(\text{I}^-) = 0,0256x;$$

$$\frac{n(\text{NO}_3)}{n(\text{I}^-)} = 3,87 > 3,8.$$

Определяем  $x$  и рассчитываем количества веществ и массы взятых для приготовления раствора веществ:

$$n(\text{K}^+) = n(\text{KI}) = n(\text{I}^-) = V(\text{раствора}) \cdot c(\text{I}^-) = 0,2 \cdot 1 = 0,2 \text{ моль}; \quad \frac{x}{39} = 0,2;$$

$$x = 7,8 \text{ г}; \quad m(\text{KI}) = 0,2 \cdot 166 = 33,2 \text{ г};$$

$$n(\text{NH}_4\text{NO}_3) = n(\text{NH}_4) = 0,0556x = 0,0556 \cdot 7,8 = 0,434 \text{ моль};$$

$$m(\text{NH}_4\text{NO}_3) = 0,434 \cdot 80 = 34,7 \text{ г};$$

$$n(\text{NaNO}_3) = n(\text{Na}^+) = 0,0435x = 0,0435 \cdot 7,8 = 0,339 \text{ моль};$$

$$m(\text{NaNO}_3) = 0,339 \cdot 85 = 28,8 \text{ г};$$

$$n(\text{Li}_2\text{SO}_4) = n(\text{SO}_4^{2-}) = 0,0104x = 0,0104 \cdot 7,8 = 0,0811 \text{ моль};$$

$$m(\text{Li}_2\text{SO}_4) = 0,0811 \cdot 110 = 8,92 \text{ г}.$$

Ответ:  $m(\text{KI}) = 33,2 \text{ г}; \quad m(\text{NH}_4\text{NO}_3) = 34,7 \text{ г}; \quad m(\text{NaNO}_3) = 28,8 \text{ г};$   
 $m(\text{Li}_2\text{SO}_4) = 8,92 \text{ г}.$

(154) Смешали равные массы растворов нитрата серебра и хлорида натрия. В полученном растворе суммарная массовая доля катионов оказалась равной суммарной массовой доле анионов. Определите массовые доли веществ в исходных растворах и молярные концентрации ионов в конечном растворе, если известно, что его масса была на 85,65% больше массы каждого из исходных растворов, а плотность равнялась 1,092 г/мл. Процессами гидролиза пренебречь.

Решение:

Пусть массы исходных растворов были по 100 г. Определяем массу конечного раствора и рассчитываем количество вещества выпавшего хлорида серебра:

$$m(\text{конечного раствора}) = 100 \cdot 1,8565 = 185,65 \text{ г};$$

$$m(\text{AgCl}) = 200 - 185,65 = 14,35 \text{ г};$$

$$n(\text{AgCl}) = \frac{14,35}{143,5} = 0,1 \text{ моль.}$$

Молярная масса нитрат-иона больше, чем молярная масса иона натрия, поэтому условие равенства массовых долей, а следовательно, и масс катионов и анионов в конечном растворе выполнимо только тогда, когда в конечном растворе содержится также катион с большой молярной массой. Отсюда делаем вывод, что нитрат серебра должен быть в избытке. Обозначим количество вещества нитрата серебра в исходном растворе за  $x$ , запишем уравнение реакции и определим  $x$ .

$$\text{Было:} \quad x \quad 0,1$$



$$\text{Прореагировало:} \quad 0,1 \quad 0,1 \quad \text{стало:} \quad 0,1 \quad 0,1 \quad x - 0,1$$

Приравниваем массы катионов и анионов в конечном растворе:

$$0,1 \cdot 23 + (x - 0,1) \cdot 108 = 62 \cdot x; \quad 46x = 8,5; \quad x = 0,185.$$

Рассчитываем массовые доли веществ в исходных растворах и молярные концентрации ионов в конечном растворе:

$$\omega(\text{NaCl}) = \frac{0,1 \cdot 58,5}{100} = 0,0585; \quad \omega(\text{AgNO}_3) = \frac{0,185 \cdot 170}{100} = 0,314;$$

$$V(\text{конечного раствора}) = \frac{185,65}{1,092} = 170 \text{ мл} = 0,17 \text{ л};$$

$$c(\text{Na}^+) = \frac{0,1}{0,17} = 0,588 \text{ моль/л}; \quad c(\text{Ag}^+) = \frac{0,085}{0,17} = 0,5 \text{ моль/л.}$$

$$c(\text{NO}_3) = \frac{0,185}{0,17} = 1,088 \text{ моль/л.}$$

Ответ:  $\omega(\text{NaCl}) = 5,85\%$ ;  $\omega(\text{AgNO}_3) = 31,4\%$ .  $c(\text{Na}^+) = 0,588 \text{ моль/л}$ ;  $c(\text{Ag}^+) = 0,5 \text{ моль/л}$ ;  $c(\text{NO}_3) = 1,088 \text{ моль/л}$ .

(169) К трем растворам равной массы, один из которых содержал 5% (по массе) гидрокарбоната лития, второй — 5% гидрокарбоната натрия, а третий — 5% гидрокарбоната рубидия, добавили по одинаковому объему соляной кислоты с концентрацией кислоты 5 моль/л и плотностью 1,1 г/мл. В результате этого из двух растворов при н. у. выделилось по 1,68 л газа, а из одного объем выделившегося газа оказался меньше. Определите массовые доли веществ в каждом из полученных растворов после окончания реакций, если известно, что гидрокарбонат натрия прореагировал полностью.

Решение:

Из условия задачи видно, что массы всех трех исходных солей равны между собой.

Пусть масса каждой исходной соли равна  $x$ , тогда  $n(\text{LiHCO}_3) = \frac{x}{68} = 0,0147x$ ;  $n(\text{NaHCO}_3) = \frac{x}{84} = 0,0119x$ ;  $n(\text{RbHCO}_3) = \frac{x}{146,5} = 0,00683x$ .

$n(\text{LiHCO}_3) > n(\text{NaHCO}_3) > n(\text{RbHCO}_3)$ , следовательно наименьший объем газа выделился из  $\text{RbHCO}_3$ , иначе  $\text{NaHCO}_3$  не смог бы прореагировать полностью.

$n(\text{NaHCO}_3) = n(\text{CO}_2) = n(\text{HCl})$ , иначе из  $\text{LiHCO}_3$  выделилось бы больше газа, что противоречило бы условию задачи.

$$n(\text{CO}_2) = \frac{1,68}{22,4} = 0,075 \text{ моль}; \quad x = 0,075 \cdot 84 = 6,3 \text{ г};$$

$$m(\text{исходных растворов солей}) = \frac{6,3}{0,05} = 126 \text{ г};$$

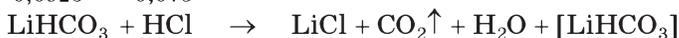
$$V(\text{растворов HCl}) = \frac{0,075}{5} = 0,015 \text{ л} = 15 \text{ мл};$$

$$m(\text{растворов HCl}) = 15 \cdot 1,1 = 16,5 \text{ г};$$

$$n(\text{LiHCO}_3) = \frac{6,3}{68} = 0,0926 \text{ моль};$$

$$n(\text{RbHCO}_3) = \frac{146,5}{6,3} = 0,043 \text{ моль}.$$

Было: 0,0926      0,075



Прореагировало: 0,075      0,075      стало: 0,075      0,075      0,0176

$$m(\text{конечного раствора}) = 126 + 16,5 - 0,075 \cdot 44 = 139,2 \text{ г};$$

$$m(\text{LiCl}) = 0,075 \cdot 42,5 = 3,19 \text{ г}; \quad \omega(\text{LiCl}) = \frac{3,19}{139,2} = 0,0229;$$

$$m(\text{LiHCO}_3) = 0,0176 \cdot 68 = 1,2 \text{ г}; \quad \omega(\text{LiHCO}_3) = \frac{1,2}{139,2} = 0,00862.$$

Было: 0,075 0,075



Прореагировало: 0,075 0,075 стало: 0,075 0,075

$$m(\text{конечного раствора}) = 126 + 16,5 - 0,075 \cdot 44 = 139,2 \text{ г};$$

$$m(\text{NaCl}) = 0,075 \cdot 58,5 = 4,39 \text{ г}; \omega(\text{NaCl}) = \frac{4,39}{139,2} = 0,0315.$$

Было: 0,043 0,075



Прореагировало: 0,043 0,043 стало: 0,043 0,043 0,032

$$m(\text{конечного раствора}) = 126 + 16,5 - 0,043 \cdot 44 = 140,6 \text{ г};$$

$$m(\text{RbCl}) = 0,043 \cdot 121 = 5,2 \text{ г}; \omega(\text{RbCl}) = \frac{5,2}{140,6} = 0,037;$$

$$m(\text{HCl}) = 0,032 \cdot 36,5 = 1,17 \text{ г}; \omega(\text{HCl}) = \frac{1,17}{140,6} = 0,00832.$$

Ответ: 1-й раствор:  $\omega(\text{LiCl}) = 2,29\%$ ;  $\omega(\text{LiHCO}_3) = 0,86\%$ . 2-й раствор:  $\omega(\text{NaCl}) = 3,15\%$ ; 3-й раствор:  $\omega(\text{RbCl}) = 3,7\%$ ;  $\omega(\text{HCl}) = 0,83\%$ .

#### 4.2.5. Растворимость

(180) Продукты сгорания 6,16 л бутана (н. у.) в избытке кислорода растворили в 100 мл раствора гидроксида натрия с массовой долей щелочи 40% и плотностью 1,4 г/мл. Определите массу выпавшего осадка и массовые доли веществ в оставшемся растворе, если известно, что в данных условиях растворимость карбоната натрия и гидрокарбоната натрия составляют 22 г и 9,5 г на 100 г воды соответственно, а карбонат натрия выпадает в виде десятиводного кристаллогидрата.

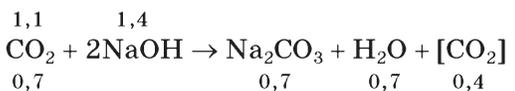
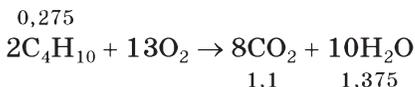
Решение:

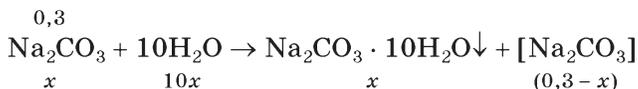
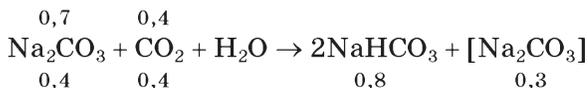
$$n(\text{C}_4\text{H}_{10}) = \frac{6,16}{22,4} = 0,275 \text{ моль};$$

$$m(\text{раствора NaOH}) = 100 \cdot 1,4 = 140 \text{ г};$$

$$n(\text{NaOH}) = \frac{140 \cdot 0,4}{40} = 1,4 \text{ моль};$$

$$m(\text{воды в растворе NaOH}) = 140 \cdot 0,6 = 84 \text{ г};$$





$$m(\text{воды в конечном растворе}) = 84 + (1,375 + 0,7 - 0,4) \cdot 18 - 10x \cdot 18 = 114,15 - 180x;$$

$$\begin{array}{lll} 22 \text{ г } \text{Na}_2\text{CO}_3 & \text{растворяется} & \text{в } 100 \text{ г воды} \\ (0,3 - x) \cdot 106 & \text{—} & \text{в } 114,15 - 180x \end{array}$$

$$(114,15 - 180x) \cdot 0,22 = (0,3 - x) \cdot 106; 66,4x = 6,687; x = 0,101.$$

$$m(\text{воды в конечном растворе}) = 114,15 - 180 \cdot 0,101 = 95,97 \text{ г};$$

$$m(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O, выпавшего в осадок}) = 0,101 \cdot 286 = 28,89 \text{ г};$$

$$m(\text{Na}_2\text{CO}_3, \text{ оставшегося в растворе}) = (0,3 - 0,101) \cdot 106 = 21,1 \text{ г};$$

$$\begin{array}{lll} 9,5 \text{ г } \text{NaHCO}_3 & \text{растворяется} & \text{в } 100 \text{ г воды} \\ y & \text{—} & \text{в } 95,97 \end{array}$$

$$y = \frac{9,5 \cdot 95,97}{100} = 9,12 \text{ г}; m(\text{NaHCO}_3, \text{ выпавшего в осадок}) = 0,8 \cdot 84 - 9,12 = 58,08 \text{ г};$$

$$m(\text{осадка}) = 28,89 + 58,08 = 86,97 \text{ г};$$

$$m(\text{конечного раствора}) = 95,97 + 21,1 + 9,12 = 126,19;$$

$$\omega(\text{Na}_2\text{CO}_3) = \frac{21,1}{126,19} = 0,1672; \omega(\text{NaHCO}_3) = \frac{9,12}{126,19} = 0,0723.$$

Ответ:  $m(\text{осадка}) = 86,97 \text{ г}; \omega(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 16,72\%; \omega(\text{NaHCO}_3) = 7,23\%$ .

**(195)** Нитробензол, полученный из 7,8 г бензола, перемешивали с 102,6 мл соляной кислоты с массовой долей кислоты 36,5% и плотностью 1,17 г/мл и с 22,4 г железных опилок до окончания всех реакций. В полученный раствор пропустили 26,88 л аммиака (н. у.), осадок отфильтровали, а выделившийся из раствора анилин отделили. Определите массы веществ, выделившихся из раствора, если известно, что растворимость анилина и хлорида аммония в данных условиях составляет 3 г и 60 г на 100 г воды соответственно.

Решение:

$$n(\text{C}_6\text{H}_6) = \frac{7,8}{78} = 0,1 \text{ моль};$$

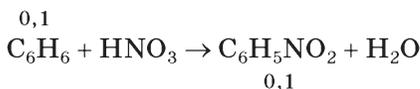
$$m(\text{раствора HCl}) = 102,6 \cdot 1,17 = 120 \text{ г};$$

$$m(\text{HCl}) = 120 \cdot 0,365 = 42,8 \text{ г};$$

$$n(\text{HCl}) = \frac{43,8}{36,5} = 1,2 \text{ моль};$$

$$n(\text{Fe}) = \frac{22,4}{56} = 0,4 \text{ моль};$$

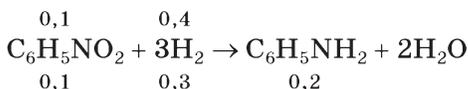
$$n(\text{NH}_3) = \frac{26,88}{22,4} = 1,2 \text{ моль};$$



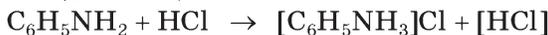
Было: 0,4 1,2



Прореагировало: 0,4 0,8 стало: 0,4 0,4 0,4



Было: 0,1 0,4



Прореагировало: 0,1 0,1 стало: 0,1 0,3

Было: 0,3 1,2



Прореагировало: 0,3 0,3 стало: 0,3 0,9

Было: 0,1 0,9



Прореагировало: 0,1 0,1 стало: 0,1 0,4 0,8

Было: 0,4 0,8



Прореагировало: 0,4 0,8 0,8 стало: 0,4 1,2

$$m(\text{Fe}(\text{OH})_2) = 0,4 \cdot 90 = 36 \text{ г};$$

$$m(\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2) = 0,1 \cdot 93 = 9,3 \text{ г};$$

$$m(\text{NH}_4\text{Cl}) = 1,2 \cdot 53,5 = 64,2 \text{ г};$$

$$m(\text{H}_2\text{O в конечном растворе}) = 120 - 43,8 + 0,2 \cdot 18 - 0,8 \cdot 18 = 65,4 \text{ г}.$$

3 г  $\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2$  растворяется в 100 г воды

x г  $\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2$  — в 65,4 г воды

$$100x = 3 \cdot 65,4; x = 1,96;$$

$$m(\text{выделившегося из раствора } \text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2) = 9,3 - 1,96 = 7,34 \text{ г};$$

60 г  $\text{NH}_4\text{Cl}$  растворяется в 100 г воды

y г  $\text{NH}_4\text{Cl}$  — в 65,4 г воды

$$100y = 60 \cdot 65,4; \quad y = 39,24;$$

$$m(\text{выпавшего из раствора } \text{NH}_4\text{Cl}) = 64,2 - 39,24 = 25 \text{ г.}$$

Ответ:  $m(\text{выделившегося из раствора } \text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2) = 7,34 \text{ г}; m(\text{выпавшего из раствора } \text{NH}_4\text{Cl}) = 25 \text{ г}; m(\text{Fe}(\text{OH})_2) = 36 \text{ г.}$

#### 4.2.6. Последовательно соединенные промывные сосуды

(198) Через два последовательно соединенных промывных сосуда, в первом из которых содержалось 250 г раствора карбоната натрия, а во втором — 100 г раствора гидроксида натрия, пропустили 33,6 л (н. у.) смеси хлороводорода с азотом с плотностью по водороду 14,85. Определите массовые доли веществ в исходных растворах, если известно, что в первом сосуде образовался раствор с равными массовыми долями двух солей, а во втором — раствор с равными молярными концентрациями двух солей.

Решение:

$$n(\text{газа}) = \frac{33,6}{22,4} = 1,5 \text{ моль}; \quad M_{\text{ср.}}(\text{газа}) = 14,85 \cdot 2 = 29,7 \text{ г/моль.}$$

Пусть  $n(\text{HCl}) = x$ , а  $n(\text{N}_2) = y$ :

$$\begin{cases} x + y = 1,5 \\ 36,5x + 28y = 29,7 \cdot 1,5 \end{cases} \quad \left| \begin{array}{l} y = 1,2 \\ x = 0,3 \end{array} \right.$$

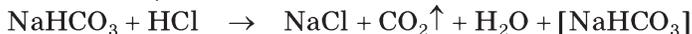
Первый сосуд:

Было:  $z$                       0,3



Прореагировало:  $z$                        $z$  стало:  $z$                        $z$                       0,3 -  $z$

Было:  $z$                       0,3 -  $z$



Прореагировало: 0,3 -  $z$                       0,3 -  $z$  стало: 0,3                      0,3 -  $z$                        $2z - 0,3$

Если равны массовые доли двух веществ в одном растворе, то равны и их массы:  $0,3 \cdot 58,5 = (2z - 0,3) \cdot 84$ ;  $168z = 42,75$ ;  $z = 0,2545$ ;

$$\omega(\text{Na}_2\text{CO}_3 \text{ в исходном растворе}) = \frac{0,2545 \cdot 106}{250} = 0,108;$$

$$n(\text{CO}_2) = 0,3 - 0,2545 = 0,0455 \text{ моль.}$$

Второй сосуд:

Было:  $k$                       0,0455



Прореагировало:  $k$                       0,5 $k$  стало: 0,5 $k$                       0,0455 - 0,5 $k$

Было: 0,5 $k$                       0,0455 - 0,5 $k$



Прореагировало: 0,0455 - 0,5 $k$                       0,0455 - 0,5 $k$  стало: 0,091 -  $k$                        $k - 0,0455$

Если в одном растворе равны молярные концентрации двух веществ, то равны и их количества веществ:  $0,091 - k = k - 0,0455$ ;  $k = 0,06825$ .

$$\omega(\text{NaOH в исходном растворе}) = \frac{0,06825 \cdot 40}{100} = 0,0273.$$

Ответ:  $\omega(\text{Na}_2\text{CO}_3 \text{ в исходном растворе}) = 10,8\%$ .  $\omega(\text{NaOH в исходном растворе}) = 2,73\%$ .

### 4.2.7. Термическое разложение солей

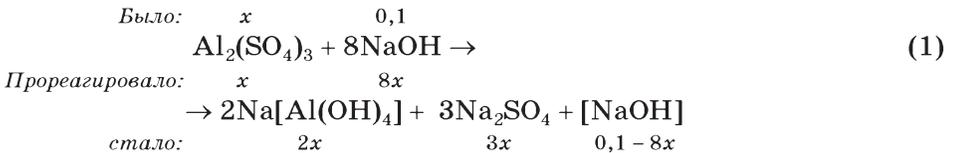
(229) Некоторое количество восемнадцативодного кристаллогидрата сульфата алюминия растворили в 28,07 мл раствора гидроксида натрия с плотностью 1,14 г/мл и массовой долей щелочи 12,5%. К полученному раствору добавили 74,2 г раствора азотной кислоты с плотностью 1,06 г/мл и концентрацией 2 моль/л, затем пропустили аммиак до насыщения. Образовавшуюся смесь веществ выпарили и прокалили, получив 8,04 г сухого остатка. Рассчитайте массу исходного кристаллогидрата и массовые доли веществ в растворе перед пропуском в него аммиака.

Решение:

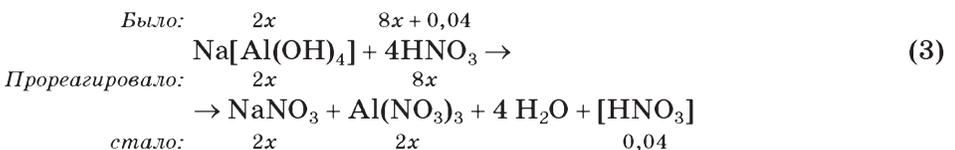
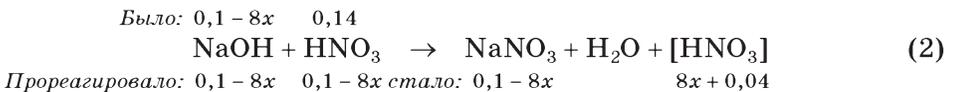
$$m(\text{раствора NaOH}) = 28,07 \cdot 1,14 = 32 \text{ г};$$

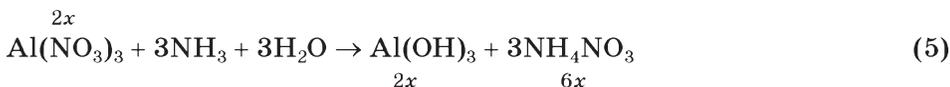
$$n(\text{NaOH}) = \frac{32 \cdot 0,125}{40} = 0,1 \text{ моль}.$$

Поскольку кристаллогидрат растворился, произошло образование комплексной соли и щелочь, вероятно, была в избытке. Обозначим количество вещества кристаллогидрата за  $x$ .



$n(\text{HNO}_3) = \frac{74,2 \cdot 2}{1,06 \cdot 1000} = 0,14 \text{ моль}$ . Азотная кислота в избытке по отношению к щелочи.





$$m(\text{остатка после прокаливания}) = (0,1 - 6x) \cdot 69 + 3x \cdot 142 + 102x = 8,04; 114x = 1,14; x = 0,01;$$

$$m(\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}) = 0,01 \cdot 558 = 5,58 \text{ г};$$

$$m(\text{раствора перед пропусканьем аммиака}) = 5,58 + 32 + 74,2 = 111,8 \text{ г}.$$

$$\omega(\text{Na}_2\text{SO}_4) = \frac{0,03 \cdot 142}{111,8} = 0,0381;$$

$$\omega(\text{NaNO}_3) = \frac{0,04 \cdot 85}{111,8} = 0,0304;$$

$$\omega(\text{Al}(\text{NO}_3)_3) = \frac{0,02 \cdot 213}{111,8} = 0,0381;$$

$$\omega(\text{HNO}_3) = \frac{0,04 \cdot 63}{111,8} = 0,0225.$$

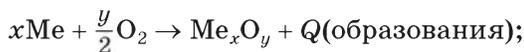
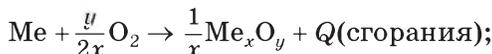
Ответ:  $\omega(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 3,81\%$ ;  $\omega(\text{NaNO}_3) = 3,04\%$ ;  $\omega(\text{Al}(\text{NO}_3)_3) = 3,81\%$ ;  
 $\omega(\text{HNO}_3) = 2,25\%$ .

**(235)** При прокаливании на воздухе 72 г кристаллогидрата нитрата металла, в котором массовая доля безводной соли составляет 62,5%, было получено 20 г твердого оксида. Определите массы веществ, которые образуются при прокаливании с последующим медленным охлаждением такой же массы исходного кристаллогидрата в закрытом сосуде, заполненном аргоном. Известно, что теплота сгорания металла до полученного в первом случае оксида в два раза меньше теплоты образования этого оксида, а на его полное восстановление до металла требуется вдвое большее количество аммиака.

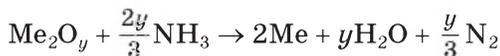
Решение:

Пусть формула оксида  $\text{Me}_x\text{O}_y$ . Определим  $x$  и  $y$ . Для этого запишем термохимические уравнения реакций сгорания металла и

образования оксида и уравнение реакции восстановления оксида металла аммиаком:



$$Q(\text{образования}) = x \cdot Q(\text{сгорания}); \quad x = 2$$



$$\frac{2y}{3} = 2; \quad y = 3. \quad \text{Формула оксида } \text{Me}_2\text{O}_3.$$

Определим металл и формулу исходного кристаллогидрата:

$$m(\text{кристаллизационной воды}) = 72 \cdot (1 - 0,625) = 27 \text{ г.} \quad n(\text{кристалли-} \\ \text{зационной воды}) = \frac{27}{18} = 1,5 \text{ моль};$$

$$m(\text{безводной соли}) = 72 - 27 = 45 \text{ г.}$$

Если это нитрат металла(III), то уравнение его термического разложения следующее:



$$\text{Пусть молярная масса металла равна } M, \text{ тогда } n(\text{Me}(\text{NO}_3)_3) = \\ \frac{45}{M + 62 \cdot 3} \text{ и } n(\text{Me}_2\text{O}_3) = \frac{20}{2M + 48}.$$

$$\frac{45}{M + 62 \cdot 3} = \frac{2 \cdot 20}{2M + 48}; \quad 45 \cdot (2M + 48) = 40 \cdot (M + 62 \cdot 3);$$

$90M + 2160 = 40M + 7440$ ;  $50M = 5280$ ;  $M = 105,6$ . Такого металла нет, поэтому остается предположить, что это был нитрат металла(II).



$$n(\text{Me}(\text{NO}_3)_2) = \frac{45}{M + 62 \cdot 2}; \quad \frac{45}{M + 62 \cdot 2} = \frac{2 \cdot 20}{2M + 48};$$

$$45 \cdot (2M + 48) = 40 \cdot (M + 62 \cdot 2);$$

$$90M + 2160 = 40M + 4960; \quad 50M = 2800; \quad M = 56. \quad \text{Металл — Fe.}$$

$$n(\text{Fe}(\text{NO}_3)_2) = \frac{45}{180} = 0,25 \text{ моль.}$$

$$\text{Fe}(\text{NO}_3)_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}. \quad n = \frac{1,5}{0,25} = 6.$$

Формула кристаллогидрата:  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ .

При прокаливании кристаллогидрата в закрытом сосуде и последующем охлаждении протекают следующие реакции:

Было: 0,25



Прореагировало: 0,25

стало: 0,125      0,5    0,0625    1,5

Было: 0,5      1,5    0,0625



Прореагировало: 0,25      0,125    0,0625    стало:      0,25      0,25      1,375

Было: 0,25      1,375



Прореагировало: 0,25      0,0833    стало:    0,167      0,0833    1,2917

Было: 0,125      0,417



Прореагировало: 0,0695      0,417    стало:    0,139      1,5      0,0555

$$m(\text{Fe}(\text{NO}_3)_3) = 0,139 \cdot 242 = 33,6 \text{ г};$$

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

$$m(\text{NO}) = 0,0833 \cdot 30 = 2,5 \text{ г};$$

$$m(\text{Fe}_2\text{O}_3) = 0,0555 \cdot 160 = 8,88 \text{ г}.$$

Ответ:  $m(\text{Fe}(\text{NO}_3)_3) = 33,6 \text{ г}; m(\text{H}_2\text{O}) = 27 \text{ г}; m(\text{NO}) = 2,5 \text{ г}; m(\text{Fe}_2\text{O}_3) = 8,88 \text{ г}.$

### 4.3. Определение формулы вещества

#### 4.3.1. Определение элемента

(236) Массовые доли кислорода в нитрате и нитрите некоторого металла относятся как 1,2073 : 1. Определите формулу нитрата и объем газов (н. у.), который выделится при нагревании 32,8 г этого нитрата.

Решение:

$$\text{Me}(\text{NO}_3)_x : \omega(\text{O}) = \frac{16 \cdot 3x}{M + 62x};$$

$$\text{Me}(\text{NO}_2)_x : \omega(\text{O}) = \frac{16 \cdot 2x}{M + 46x};$$

$$\frac{16 \cdot 3x}{M + 62x} : \frac{16 \cdot 2x}{M + 46x} = 1,2073 : 1;$$

$M = 20x$ . При  $x = 2$   $M = 40$  г/моль. Следовательно, металл — кальций.



$$n(\text{O}_2) = n(\text{Ca}(\text{NO}_3)_2) = \frac{32,8}{164} = 0,2 \text{ моль};$$

$$V(\text{O}_2) = 22,4 \cdot 0,2 = 4,48 \text{ л}.$$

Ответ:  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2; V(\text{O}_2) = 4,48 \text{ л}.$

(242) Образец неизвестного металла растворили в избытке раствора очень разбавленной азотной кислоты и получили 628,3 мл раствора с плотностью 1,025 г/мл, содержащего две соли с массовыми долями 4,484% и 0,3727% соответственно. Определите металл и массовую долю азотной кислоты в исходном растворе, если известно, что суммарная молярная концентрация ионов в растворе в результате реакции уменьшилась на 22%. Изменением объема раствора пренебречь и считать, что процесс идет строго по одному уравнению реакции.

Решение:

Единственный вариант, в котором при растворении металла в азотной кислоте образуются две соли, — это одновременное образование нитрата этого металла и нитрата аммония. Запишем реакцию:



$$m(\text{конечного раствора}) = 628,3 \cdot 1,025 = 644 \text{ г};$$

$$m(\text{NH}_4\text{NO}_3) = 644 \cdot 0,003727 = 2,4 \text{ г};$$

$$n(\text{NH}_4\text{NO}_3) = \frac{2,4}{8} = 0,03 \text{ моль};$$

$$m(\text{Me}(\text{NO}_3)_x) = 644 \cdot 0,04484 = 28,88 \text{ г};$$

$$M(\text{Me}(\text{NO}_3)_x) = \frac{28,88x \cdot 0,03}{8} = 120,3x;$$

$$M(\text{Me}) = 120,3x - 62x = 58,3x. \text{ Для } x = M = 175 \text{ г/моль; Me = Lu.}$$

$$m(\text{Lu}) = 175 \cdot 0,08 = 14 \text{ г};$$

$$m(\text{раствора HNO}_3) = 644 - 14 = 630 \text{ г.}$$

Предположим, что  $n(\text{HNO}_3) = y$  моль, тогда  $n(\text{ионов}) = 2y$  моль и изменение  $n(\text{ионов}) = 0,22 \cdot 2y = 0,44y$ . Изменение  $n(\text{ионов})$  по реакции  $= 0,3 \cdot 2 - 0,08 \cdot 4 - 0,03 \cdot 2 = 0,22$  моль;  $0,22 = 0,44y$ ;  $y = 0,5$ .

$$\omega(\text{HNO}_3) = \frac{63 \cdot 0,5}{630} = 0,05.$$

Ответ: Металл — Lu;  $\omega(\text{HNO}_3) = 5\%$ .

#### 4.3.2. Определение формулы неорганического вещества

(252) Образец кристаллогидрата соли, состоящей из трех элементов, нагрели. В результате его термического разложения образовалось 4,928 л (н. у.) газовой смеси с плотностью по азоту 1,396, выделилось 5,4 г воды и осталось 2,55 г смеси хлорида и оксида металла(II), в которой массовая доля металла как элемента составляет 47,06%. Определите формулу кристаллогидрата, если известно, что массовая доля кислорода в нем составляет 67,67%.

Решение:

Судя по продуктам разложения, исходный кристаллогидрат содержал металл, хлор, кислород и воду:  $\text{Me}_x\text{Cl}_y\text{O}_z \cdot n\text{H}_2\text{O}$ .  $n$ (газовой смеси) =  $\frac{4,928}{22,4} = 0,22$  моль;

$M$ (газовой смеси) =  $1,396 \cdot 28 = 39,09$  г/моль. Судя по высокой молярной массе, смесь состоит из кислорода и хлора. Пусть  $n(\text{O}_2) = x$ ;  $n(\text{Cl}_2) = y$ .

$$\begin{cases} x + y = 0,22 \\ 32x + 71y = 39,09 \cdot 0,22 = 8,6 \end{cases} \quad \left| \begin{array}{l} y = 0,04, \\ x = 0,18. \end{array} \right.$$



$$m(\text{кристаллогидрата}) = m(\text{H}_2\text{O}) + m(\text{газов}) + m(\text{MeCl}_2 + \text{MeO}) = 5,4 + 8,6 + 2,55 = 16,55 \text{ г};$$

$$n(\text{H}_2\text{O}) = \frac{5,4}{18} = 0,3 \text{ моль};$$

$$m(\text{O в кристаллогидрате}) = 16,55 \cdot 0,6767 = 11,2 \text{ г}; \quad n(\text{O в кристаллогидрате}) = \frac{11,2}{16} = 0,7 \text{ моль};$$

$$n(\text{O в безводной соли}) = n(\text{O в кристаллогидрате}) - n(\text{O в воде}) = 0,7 - 0,3 = 0,4 \text{ моль};$$

$$n(\text{O в MeO}) = n(\text{O в безводной соли}) - n(\text{O в O}_2) = 0,4 - 0,18 \cdot 2 = 0,04 \text{ моль} = n(\text{MeO});$$

$$m(\text{Me}) = 2,55 \cdot 0,4706 = 1,2 \text{ г};$$

$$m(\text{Cl в соли}) = m(\text{кристаллогидрата}) - m(\text{H}_2\text{O}) - m(\text{Me}) - m(\text{O в безводной соли}) = 16,55 - 5,4 - 1,2 - 0,4 \cdot 16 = 3,55 \text{ г};$$

$$n(\text{Cl в соли}) = \frac{3,55}{35,5} = 0,1 \text{ моль};$$

$$n(\text{MeCl}_2) = \frac{0,1 - 0,04 \cdot 2}{2} = 0,01 \text{ моль};$$

$$n(\text{Me}) = 0,04 + 0,01 = 0,05 \text{ моль};$$

$$M(\text{Me}) = \frac{1,2}{0,05} = 24 \text{ г/моль: металл — Mg.}$$

$$x : y : z : n = 0,05 : 0,1 : 0,4 : 0,3 = 1 : 2 : 8 : 6. \quad \text{Mg}(\text{ClO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}.$$

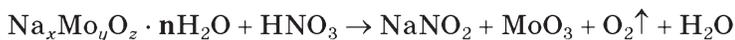
Ответ:  $\text{Mg}(\text{ClO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ .

(264) Образец кристаллогидрата соли, состоящей из трех элементов, массой 19,3 г растворили в избытке азотной кислоты. Раствор упарили и остаток прокалили. В результате прокаливания выделилось 1,12 л газа (н. у.), поддерживающего горение и имеющего плотность по воздуху 1,103, и осталось 14,1 г нелетучего вещества, содержащего нитрит натрия и 51,06% (по массе) оксида элемента(VI), в котором массовая доля элемента равна 66,67%. Определите формулу исходного кристаллогидрата.

Решение:

$$\text{ЭО}_3: M(\text{ЭО}_3) = \frac{48}{1 - 0,6667} = 144 \text{ г/моль}; M(\text{Э}) = 144 - 48 = 96 \text{ г/моль}; \\ \text{Э} = \text{Мо}.$$

$$M(\text{газа}) = 1,103 \cdot 29 = 32 \text{ г/моль}; \text{Газ} — \text{O}_2. n(\text{O}_2) = \frac{1,12}{22,4} = 0,05 \text{ моль};$$



$$m(\text{MoO}_3) = 14,1 \cdot 0,5106 = 7,2 \text{ г}; n(\text{MoO}_3) = \frac{7,2}{144} = 0,05 \text{ моль};$$

$$n(\text{Mo}) = 0,05 \text{ моль};$$

$$m(\text{NaNO}_2) = 14,1 - 7,2 = 6,9 \text{ г}; n(\text{NaNO}_2) = \frac{6,9}{69} = 0,1 \text{ моль};$$

$$n(\text{Na}) = 0,1 \text{ моль};$$

$$m(\text{HNO}_3) = 0,1 \cdot 63 = 6,3 \text{ г};$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 19,3 + 6,3 - 14,1 - 0,05 \cdot 32 = 9,9 \text{ г}; n(\text{H}_2\text{O}) = \frac{9,9}{18} = 0,55 \text{ моль};$$

$$n(\text{кристаллизационной воды}) = 0,55 - \frac{0,1}{2} = 0,5 \text{ моль};$$

$$m(\text{O}) = 19,3 - 0,5 \cdot 18 - 0,05 \cdot 96 - 0,1 \cdot 23 = 3,2 \text{ г};$$

$$n(\text{O}) = \frac{3,2}{16} = 0,2 \text{ моль}.$$

$$x : y : z : n = 0,1 : 0,05 : 0,2 : 0,5 = 2 : 1 : 4 : 10.$$

Формула кристаллогидрата —  $\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ .

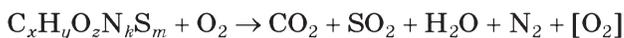
Ответ:  $\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ .

### 4.3.3. Определение формулы органического вещества

(277) Образец органического вещества массой 4,84 г сожгли в избытке кислорода. Полученную газопаровую смесь обработали 40 г раствора гидроксида натрия с плотностью 1,4 г/мл и концентрацией щелочи 14 моль/л, в результате чего образовалось 50,36 г раствора, в котором массовые доли сульфита и гидроксида натрия составили 10% и 6,35% соответственно. Не растворившаяся в щелочи газовая смесь содержала азот, имела объем 2,464 л (н. у.) и плотность по воздуху 1,0784. Предложите структурную формулу сожженного вещества.

Решение:

Судя по условиям задачи, неизвестное вещество содержит углерод, водород, кислород, азот и серу. Обозначим его формулу как  $\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z\text{N}_k\text{S}_m$ :



$$n(\text{NaOH в исходном растворе}) = \frac{40}{1,4 \cdot 1000} \cdot 14 = 0,4 \text{ моль};$$

$$n(\text{Na}_2\text{SO}_3) = \frac{50,36 \cdot 0,1}{126} = 0,04 \text{ моль};$$

$$n(\text{SO}_2) = 0,04 \text{ моль};$$

$$n(\text{S}) = 0,04 \text{ моль};$$

$$n(\text{NaOH оставшегося}) = \frac{50,36 \cdot 0,0635}{40} = 0,08 \text{ моль};$$

$$n(\text{NaOH, пошедшего на реакцию с CO}_2) = 0,4 - 0,08 - 0,04 \cdot 2 = 0,24 \text{ моль};$$

$$n(\text{CO}_2) = 0,12 \text{ моль}; \quad n(\text{C}) = 0,12 \text{ моль};$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 50,36 - 40 - 0,04 \cdot 64 - 0,12 \cdot 44 = 2,52 \text{ г};$$

$$n(\text{H}_2\text{O}) = \frac{2,52}{18} = 0,14 \text{ моль}; \quad n(\text{H}) = 0,28 \text{ моль};$$

$$n(\text{O}_2 + \text{N}_2) = \frac{2,464}{22,4} = 0,11 \text{ моль};$$

$$M_{\text{ср.}}(\text{O}_2 + \text{N}_2) = 1,0784 \cdot 29 = 31,27 \text{ г/моль.}$$

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

$$\begin{cases} a + b = 0,11 \\ 28a + 32b = 31,27 \cdot 0,11 \end{cases} \quad \begin{cases} b = 0,09, \\ a = 0,02. \end{cases}$$

$$n(\text{N}_2) = 0,02 \text{ моль}; \quad n(\text{N}) = 0,04 \text{ моль};$$

$$m(\text{O}) = 4,84 - 0,12 \cdot 12 - 0,28 \cdot 1 - 0,04 \cdot 32 - 0,04 \cdot 14 = 1,28 \text{ г};$$

$$n(\text{O}) = \frac{1,28}{16} = 0,08 \text{ моль.}$$

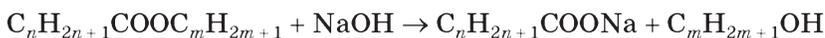
$$x : y : z : k : m = 0,12 : 0,28 : 0,08 : 0,04 : 0,04 = 3 : 7 : 2 : 1 : 1. \\ \text{C}_3\text{H}_7\text{O}_2\text{NS.}$$

Ответ:  $\text{HSCH}_2\text{CH}(\text{NH}_2)\text{COOH}$  — цистеин.

**(318)** 52,8 г смеси трех изомерных насыщенных сложных эфиров обработали 204,3 мл раствора гидроксида натрия с массовой долей щелочи 15% и плотностью 1,175 г/мл. После завершения реакций массовые доли щелочи и соли кислоты с наименьшей молярной массой в полученном растворе составили 4,1% и 5,806% соответственно, а суммарная массовая доли спиртов — 9,187%. Определите качественный и количественный состав исходной смеси эфиров.

Решение:

Общая формула насыщенных сложных эфиров  $\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{COOC}_m\text{H}_{2m+1}$ .



$$m(\text{раствора NaOH}) = 204,3 \cdot 1,175 = 240 \text{ г};$$

$$n(\text{NaOH}) = \frac{240 \cdot 0,15}{40} = 0,9 \text{ моль};$$

$$m(\text{конечного раствора}) = 52,8 + 240 = 292,8 \text{ г};$$

$$n(\text{непрореагировавшего NaOH}) = 292,8 \cdot 0,041 : 40 = 0,3 \text{ моль};$$

$$n(\text{сложных эфиров}) = n(\text{прореагировавшего NaOH}) = 0,9 - 0,3 = 0,6 \text{ моль};$$

$$M(\text{сложных эфиров}) = \frac{52,8}{0,6} = 88 \text{ г/моль}; \quad 14n + 14m + 46 = 88;$$

$$n + m = 3.$$

$$n = 0, \quad m = 3: \text{HCOOC}_3\text{H}_7;$$

$$n = 1, \quad m = 2: \text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5;$$

$$n = 2, \quad m = 1 \text{ C}_2\text{H}_5\text{COOCH}_3.$$

$$m(\text{HCOONa}) = 292,8 \cdot 0,05806 = 17 \text{ г}; \quad n(\text{HCOONa}) = \frac{17}{68} = 0,25 \text{ моль};$$

$$m(\text{спиртов}) = 292,9 \cdot 0,09187 = 26,9 \text{ г};$$

$$m(\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}) = 0,25 \cdot 60 = 15 \text{ г};$$

$$n(\text{CH}_3\text{OH}) = x; \quad n(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = y.$$

$$\begin{cases} x + y = 0,6 - 0,25 = 0,35 & | \quad y = 0,05, \\ 32x + 46y = 26,9 - 15 = 11,9 & | \quad x = 0,3. \end{cases}$$

$$n(\text{HCOOC}_3\text{H}_7) = 0,25 \text{ моль}; \quad n(\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5) = 0,05 \text{ моль};$$

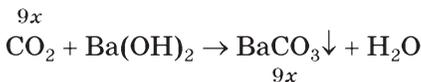
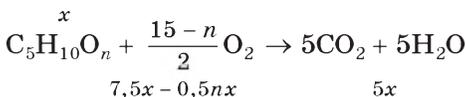
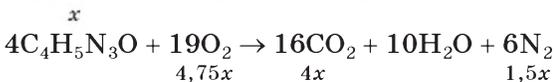
$$n(\text{C}_2\text{H}_5\text{COOCH}_3) = 0,3 \text{ моль}.$$

Ответ:  $n(\text{HCOOCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3) + n(\text{HCOOCH}(\text{CH}_3)_2) = 0,25 \text{ моль};$   
 $n(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOCH}_3) = 0,3 \text{ моль}; \quad n(\text{CH}_3\text{OOCCH}_2\text{CH}_3) = 0,05 \text{ моль}.$

**(325)** Органические продукты гидролиза мононуклеотида, содержащего остаток цитозина и фосфатную группу только в одном положении, сожгли в 2,688 л кислорода (н. у.). Полученную газовую смесь пропустили через избыток раствора гидроксида бария, после чего выпало 17,73 г осадка и осталось 0,728 л газа (н. у.). Предложите название этого нуклеотида, если известно, что на нейтрализацию неорганического продукта его гидролиза потребовалось 25,23 мл раствора гидроксида калия с массовой долей щелочи 12% и плотностью 1,11 г/мл.

Решение:

Пусть  $n(\text{мононуклеотида}) = x:$



$$n(\text{BaCO}_3) = \frac{17,73}{197} = 0,09 \text{ моль}; \quad 9x = 0,09; \quad x = 0,01 \text{ моль};$$

$$n(\text{O}_2) = \frac{2,688}{22,4} = 0,12 \text{ моль};$$

$$n(\text{оставшегося газа}) = \frac{0,728}{22,4} = 0,0325 \text{ моль};$$

$$n(\text{N}_2) = 1,5 \cdot 0,01 = 0,015 \text{ моль};$$

$$n(\text{не прореагировавшего O}_2) = 0,0325 - 0,015 = 0,0175 \text{ моль};$$

$$n(\text{O}_2, \text{ вступившего в реакцию}) = 0,12 - 0,0175 = 0,1025 \text{ моль};$$

$$4,75 \cdot 0,01 + 7,5 \cdot 0,01 - 0,5 \cdot 0,01 \cdot n = 0,1025 - 0,005n = 0,1025 - 0,0475 - 0,025 = 0,02; \quad n = \frac{0,02}{0,005} = 4.$$

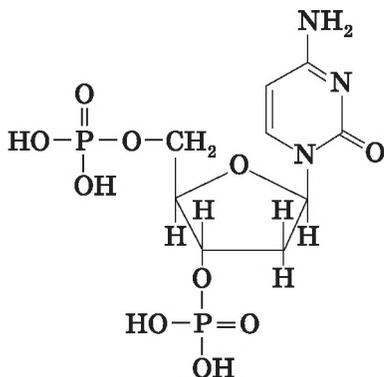
Моносахарид — дезоксирибоза.

$$n(\text{KOH}) = \frac{25,23 \cdot 1,11 \cdot 0,12}{56} = 0,06 \text{ моль};$$

$$n(\text{H}_3\text{PO}_4) = \frac{0,06}{3} = 0,02 \text{ моль}.$$

В состав нуклеотида входит  $\frac{0,02}{0,01} = 2$  остатка фосфорной кислоты.

Ответ: Нуклеотид — дезоксицитидиндифосфат, например:

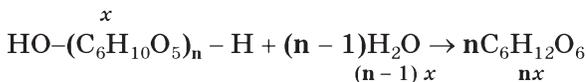


#### 4.3.4. Определение числа фрагментов в высокомолекулярном соединении

(334) Продукт неполного гидролиза крахмала (декстрин) нагревали до окончания химических реакций с 43,86 мл раствора серной кислоты с массовой долей кислоты 20% и плотностью 1,14 г/мл. В результате этого был получен раствор, в котором массовая доля воды составила 16,76%. Одну двадцатую часть этого раствора отобрали, кислоту нейтрализовали и нагревали с избытком аммиачного раствора оксида серебра, при этом образовалось 8,1 г осадка. Определите число моносахаридных фрагментов, входивших в молекулу декстрина.

Решение:

Пусть  $n$ (декстрина) =  $x$ . Количество остатков глюкозы —  $n$ .



$m$ (раствора серной кислоты) =  $43,86 \cdot 1,14 = 50$  г;  $m(\text{H}_2\text{O}$  в растворе серной кислоты) =  $50 \cdot 0,8 = 40$  г;

$$m(\text{декстрина}) = 162nx + 18x;$$

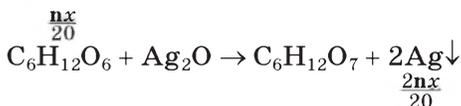
$$m(\text{полученного раствора}) = 162nx + 18x + 50;$$

$$m(\text{H}_2\text{O}, \text{ вступившей в реакцию}) = (nx - x) \cdot 18;$$

$$m(\text{H}_2\text{O} \text{ в полученном растворе}) = 40 - 18nx + 18x;$$

$$40 - 18nx + 18x = (162nx + 18x + 50) \cdot 0,1676;$$

$$45,15nx - 14,98x = 31,62;$$



$$n(\text{Ag}) = \frac{8,1}{108} = 0,075 \text{ моль}; n(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = 0,0325 \text{ моль};$$

$$\frac{nx}{20} = 0,0325. \quad nx = 0,75; \quad 45,15 \cdot 0,75 - 14,98x = 31,62;$$

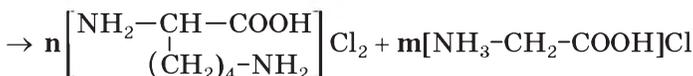
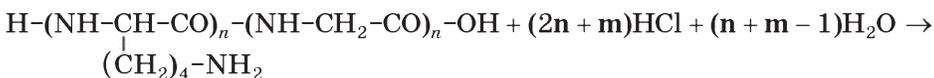
$$x = \frac{2,24}{14,98} = 0,15 \text{ моль}; \quad n = \frac{0,75}{0,15} = 5.$$

Ответ: 5 остатков глюкозы.

**(336)** Образец полипептида, состоящего из фрагментов глицина и лизина, массой 24,38 г растворили в 50 мл раствора соляной кислоты с массовой долей кислоты 36,5% и плотностью 1,2 г/мл и нагревали до полного окончания гидролиза полипептида. Был получен раствор с плотностью 1,125 г/мл, в котором концентрация хлороводорода составила 2,67 моль/л, а массовая доля воды — 38,97%. Определите общее число аминокислотных фрагментов в молекуле полипептида.

Решение:

Пусть  $n$ (пептида) =  $x$  моль, число фрагментов лизина =  $n$  и число фрагментов глицина =  $m$ .



$$m(\text{раствора HCl}) = 50 \cdot 1,2 = 60 \text{ г}; \quad n(\text{HCl}) = \frac{60 \cdot 0,365}{36,5} = 0,6 \text{ моль};$$

$$m(\text{конечного раствора}) = 60 + 24,38 = 84,38 \text{ г};$$

$$V(\text{конечного раствора}) = \frac{84,38}{1,125} = 75 \text{ мл} = 0,075 \text{ л};$$

$$n(\text{оставшегося HCl}) = 0,075 \cdot 2,67 = 0,2 \text{ моль};$$

$$n(\text{HCl, вступившего в реакцию}) = 0,6 - 0,2 = 0,4 \text{ моль};$$

$$m(\text{H}_2\text{O в исходном растворе}) = 60 \cdot 0,635 = 38,1 \text{ г};$$

$$m(\text{H}_2\text{O в конечном растворе}) = 84,38 \cdot 0,3897 = 32,88 \text{ г};$$

$$m(\text{H}_2\text{O, вступившей в реакцию}) = 38,1 - 32,88 = 5,22 \text{ г};$$

$$n(\text{H}_2\text{O, вступившей в реакцию}) = \frac{5,22}{18} = 0,29 \text{ моль};$$

$$\begin{cases} 2nx + mx = 0,4 \\ nx + mx - x = 0,29 \\ 128nx + 57mx + 18x = 24,38 \end{cases} \quad \begin{cases} x = 0,01, \\ n = \frac{0,1}{0,01} = 10, \\ m = \frac{0,2}{0,01} = 20. \end{cases}$$

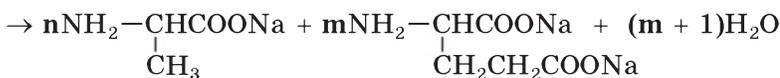
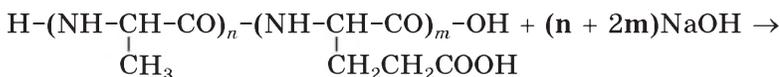
$$n + m = 30.$$

Ответ: 30 аминокислотных остатков.

**(338)** Образец полипептида массой 23,73 г, состоящего из фрагментов аланина и глутаминовой кислоты в численном соотношении 3 : 2, поместили в раствор гидроксида натрия объемом 64 мл с массовой долей щелочи 25% и плотностью 1,25 г/мл. После нагревания смеси до полного окончания гидролиза полипептида был получен раствор, имеющий плотность 1,153 г/мл, в котором концентрация гидроксида натрия составила 1,67 моль/л. Определите общее число аминокислотных остатков в молекуле полипептида.

Решение:

Пусть  $n(\text{пептида}) = x$  моль, число фрагментов аланина =  $n$  и число фрагментов глутаминовой кислоты =  $m$ .



$$m(\text{раствора NaOH}) = 64 \cdot 1,25 = 80 \text{ г};$$

$$n(\text{исходного NaOH}) = \frac{80 \cdot 0,25}{40} = 0,5 \text{ моль};$$

$$m(\text{конечного раствора}) = 80 + 23,73 = 103,73 \text{ г}; \quad V(\text{конечного раствора}) = \frac{103,73}{1,153} = 90 \text{ мл};$$

$n(\text{оставшегося NaOH}) = 1,67 \cdot 0,09 = 0,15$  моль;  $n(\text{NaOH, вступившего в реакцию}) = 0,5 - 0,15 = 0,35$  моль;

$$\begin{cases} 2n = 3m \\ nx + 2mx = 0,35 \end{cases} \quad \left| \begin{array}{l} m = \frac{0,1}{x}, \\ n = \frac{0,15}{x}. \end{array} \right.$$

$$71nx + 129mx + 18x = 23,73;$$

$$x = 0,01. \quad n = 15. \quad m = 10. \quad n + m = 25.$$

Ответ: 25 аминокислотных остатков.

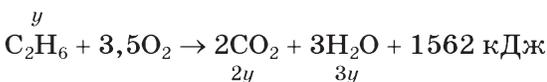
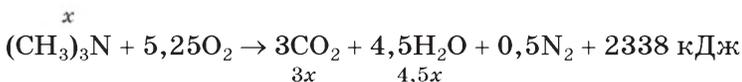
#### 4.4. Тепловые эффекты химических реакций

(355) Смесь триметиламина с этаном с плотностью по кислороду 1,3 сожгли в избытке кислорода, в результате чего выделилось 93,62 кДж теплоты. Продукты сгорания обработали 74,86 г раствора гидроксида натрия с плотностью 1,31 г/мл и концентрацией щелочи 3,5 моль/л. Определите массовые доли веществ в полученном растворе, если известно, что теплоты сгорания триметиламина и этана равны 2338 и 1562 кДж/моль соответственно.

Решение:

Пусть  $n((\text{CH}_3)_3\text{N}) = x$  и  $n(\text{C}_2\text{H}_6) = y$ .

$$M_{\text{ср.}} = 1,3 \cdot 32 = 41,6 \text{ г/моль.}$$

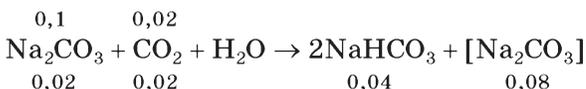
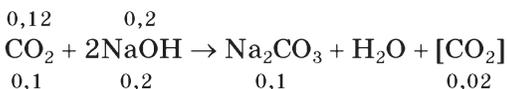


$$\begin{cases} 59x + 30y = 41,6 \cdot (x + y) \\ 2338x + 1562y = 93,62 \end{cases} \quad \left| \begin{array}{l} x = 0,02, \\ y = 0,03. \end{array} \right.$$

$$n(\text{CO}_2) = 3x + 2y = 0,06 + 0,06 = 0,12 \text{ моль;}$$

$$n(\text{H}_2\text{O}) = 4,5x + 3y = 0,09 + 0,09 = 0,18 \text{ моль;}$$

$$n(\text{NaOH}) = \frac{74,86}{1310} \cdot 3,5 = 0,2 \text{ моль;}$$



$$m(\text{конечного раствора}) = 74,86 + 0,12 \cdot 44 + 0,18 \cdot 18 = 83,38 \text{ г.}$$

$$\omega(\text{Na}_2\text{CO}_3) = \frac{0,08 \cdot 106}{83,38} = 0,1017.$$

$$\omega(\text{NaHCO}_3) = \frac{0,04 \cdot 84}{83,38} = 0,0403.$$

Ответ:  $\omega(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 10,17\%$ ;  $\omega(\text{NaHCO}_3) = 4,03\%$ .

**(368)** Два из трех газов (сероводород, кислород и водород) смешали и получили газовую смесь, плотность которой равна плотности третьего газа. Полученную газовую смесь смешали с равным объемом третьего газа и под давлением поместили в сосуд емкостью 2,8 л, заполненный водородом при н. у., и сосуд закрыли. В результате поджигания смеси газов в сосуде выделилось 219 кДж теплоты. Определите объемы взятых газов (н. у.), если известно, что теплота окисления сероводорода до серы и воды равна 246 кДж/моль, а теплоты сгорания водорода и сероводорода равны 286 и 560 кДж/моль соответственно.

Решение:

Плотность газовой смеси может оказаться равной плотности третьего газа только в том случае, когда ее средняя молярная масса равна молярной массе третьего газа, поэтому смесь состояла из сероводорода ( $M = 34$  г/моль) и водорода ( $M = 2$  г/моль), а третьим газом был кислород ( $M = 32$  г/моль).

Пусть  $n(\text{O}_2) = x$ ,  $n(\text{H}_2\text{S}) = y$  и  $n(\text{H}_2 \text{ в исходной смеси}) = z$ ;

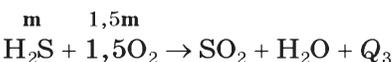
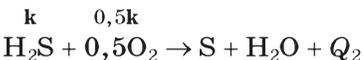
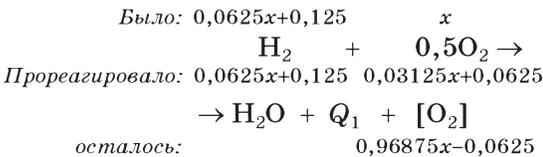
$$n(\text{H}_2\text{S}) + n(\text{H}_2 \text{ в исходной смеси}) = n(\text{O}_2).$$

$$\begin{cases} y + z = x \\ 34y + 2z = 32x \end{cases} \quad \left| \begin{array}{l} y = 0,9375x, \\ z = 0,0625x. \end{array} \right.$$

$$n(\text{H}_2 \text{ в сосуде}) = \frac{2,8}{22,4} = 0,125 \text{ моль};$$

$$n(\text{H}_2 \text{ общее}) = 0,125 + 0,0625x.$$

Пусть до серы окислилось  $k$  моль  $\text{H}_2\text{S}$ , а до  $\text{SO}_2$  —  $m$  моль  $\text{H}_2\text{S}$ .



$$\begin{cases} k + m = 0,9375x \\ 0,5k + 1,5m = 0,96875x - 0,0625 \end{cases} \quad \left| \begin{array}{l} 2m = x - 0,125 \\ k = 0,0625 + 0,4375x \end{array} \right.$$

$$Q_1 \cdot n(\text{H}_2) + Q_2 \cdot k + Q_3 \cdot m = 219 \text{ кДж};$$

$$286 \cdot (0,0625x + 0,125) + 246 \cdot (0,0625 + 0,4375x) + 560 \cdot (0,5x - 0,0625) = 219;$$

$$405,5x = 202,9; \quad x = 0,5;$$

$$V(\text{O}_2) = 22,4 \cdot 0,5 = 11,2 \text{ л};$$

$$V(\text{H}_2\text{S}) = 0,9375 \cdot 0,5 \cdot 22,4 = 10,5 \text{ л};$$

$$V(\text{H}_2) = 0,0625 \cdot 0,5 \cdot 22,4 = 0,7 \text{ л}.$$

Ответ:  $V(\text{O}_2) = 11,2 \text{ л}; V(\text{H}_2\text{S}) = 10,5 \text{ л}; V(\text{H}_2) = 0,7 \text{ л}.$

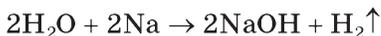
#### 4.5. Скорость химических реакций

(375) Растворением метилацетата в воде приготовили раствор с плотностью 0,92 г/мл. От этого раствора отделили 5 мл и обработали избытком натрия, в результате чего выделилось 560 мл газа. К оставшемуся раствору добавили каплю серной кислоты и выдерживали при 50 °С в течение 45 минут, затем раствор охладили, отделили от него еще 5 мл и также обработали избытком натрия, в результате чего выделилось 672 мл газа. Остальной раствор нагревали при 60 °С еще 10 минут. Определите массы метилацетата в исходном и конечном растворах, если известно, что масса метанола в конечном растворе составила 18,9 г. Температурный коэффициент скорости реакции равен 2,5, зависимостью скорости от концентраций пренебречь.

Решение:

$$m(5 \text{ мл смеси}) = 5 \cdot 0,92 = 4,6 \text{ г};$$

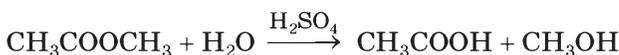
$$n_1(\text{H}_2) = \frac{0,560}{22,4} = 0,025 \text{ моль};$$



$$n(\text{H}_2\text{O}) = 0,05 \text{ моль}. \quad m(\text{H}_2\text{O}) = 0,05 \cdot 18 = 0,9 \text{ г};$$

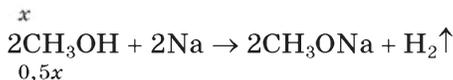
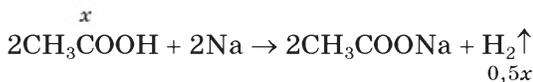
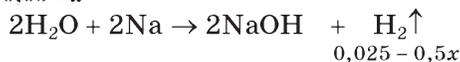
$$m(\text{CH}_3\text{COOCH}_3) = 4,6 - 0,9 = 3,7 \text{ г}; \quad n(\text{CH}_3\text{COOCH}_3) = \frac{3,7}{74} = 0,05 \text{ моль};$$

$$c_1(\text{CH}_3\text{COOCH}_3) = \frac{0,05}{0,005} = 10 \text{ моль/л};$$



Пусть  $n(\text{CH}_3\text{COOH})$  во второй пробе =  $x$ , тогда в ней содержится  $x$  моль  $\text{CH}_3\text{OH}$  и  $0,05 - x$  моль  $\text{H}_2\text{O}$ .

$$0,05 - x$$



$$n_2(\text{H}_2) = \frac{0,672}{22,4} = 0,03 \text{ моль}; \quad (0,025 - 0,5x) + 0,5x + 0,5x = 0,03;$$

$$0,5x = 0,005; \quad x = 0,01;$$

$$c(\text{CH}_3\text{COOH}) = \frac{0,01}{0,005} = 2 \text{ моль/л};$$

$$v = \frac{2}{0,75} = 2,667 \text{ моль/л} \cdot \text{ч};$$

$$v(60^\circ) = 2,667 \cdot 2,5^1 = 6,667 \text{ моль/л} \cdot \text{ч};$$

$$\Delta c_2 = \frac{6,667 \cdot 1}{6} = 1,11 \text{ моль/л};$$

$$\Delta c(\text{общее}) = 2 + 1,11 = 3,11 \text{ моль/л};$$

$$n(\text{CH}_3\text{OH}) = \frac{18,9}{32} = 0,591 \text{ моль};$$

$$V(\text{конечного раствора}) = \frac{0,591}{3,11} = 0,19 \text{ л} = 190 \text{ мл};$$

$$V(\text{исходного раствора}) = 190 + 5 + 5 = 200 \text{ мл} = 0,2 \text{ л};$$

$$n(\text{CH}_3\text{COOCH}_3 \text{ в исходном растворе}) = 10 \cdot 0,2 = 2 \text{ моль};$$

$$m(\text{CH}_3\text{COOCH}_3 \text{ в исходном растворе}) = 2 \cdot 74 = 148 \text{ г};$$

$$c(\text{CH}_3\text{COOCH}_3 \text{ в конечном растворе}) = 10 - 3,11 = 6,89 \text{ моль/л};$$

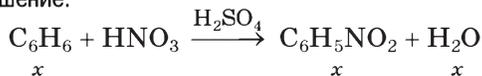
$$n(\text{CH}_3\text{COOCH}_3 \text{ в конечном растворе}) = 6,89 \cdot 0,19 = 1,31 \text{ моль};$$

$$m(\text{CH}_3\text{COOCH}_3 \text{ в конечном растворе}) = 1,31 \cdot 74 = 96,9 \text{ г}.$$

Ответ:  $m(\text{CH}_3\text{COOCH}_3 \text{ в исходном растворе}) = 148 \text{ г};$   $m(\text{CH}_3\text{COOCH}_3 \text{ в конечном растворе}) = 96,9 \text{ г}.$

**(384)** В цилиндрический стакан диаметром 12 см, содержащий 100 мл водного раствора смеси азотной и серной кислот с массовой долей последней 40% и с плотностью 1,45 г/мл, сверху налили толстый слой бензола. После стояния в течение 100 часов при 20 °С массовая доля серной кислоты в водном слое увеличилась и стала 40,25%. Определите время, необходимое для получения 184,5 г нитробензола при температуре 50 °С и при площади контакта двух жидкостей 1500 см<sup>2</sup>. Температурный коэффициент скорости реакции равен 2,2. Нитробензол в водном слое нерастворим.

Решение:



$$m(\text{раствора кислот}) = 100 \cdot 1,45 = 145 \text{ г}; \quad m(\text{H}_2\text{SO}_4) = 145 \cdot 0,4 = 58 \text{ г};$$

$$m(\text{раствора кислот после реакции}) = \frac{58}{0,4025} = 144,1 \text{ г};$$

$$\Delta m = 145 - 144,1 = 0,9 \text{ г}.$$

Пусть образовалось  $x$  моль нитробензола:  $\Delta m = 63x - 18x = 45x$ ;  
 $45x = 0,9$ ;  $x = 0,02$  моль;

$$v_1 = \frac{0,02}{6^2 \cdot 3,14 \cdot 100} = 0,00000177 \text{ моль/см}^2 \cdot \text{ч};$$

$$v_2 = 0,00000177 \cdot 2,2^3 = 030000188 \text{ моль/см}^2 \cdot \text{ч};$$

$$n(\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2) = \frac{184,5}{123} = 1,5 \text{ моль};$$

$$t = \frac{1,5}{0,0000188 \cdot 1500} = 53,2 \text{ ч}.$$

Ответ:  $t = 53,2$  ч.

## 4.6. Химическое равновесие

(396) Некоторое количество медного колчедана ( $\text{CuFeS}_2$ ) прокалили в избытке кислорода и образовавшуюся газовую смесь нагревали в присутствии оксида ванадия(V) до установления химического равновесия. Равновесную смесь быстро охладили и пропустили через 50 мл раствора серной кислоты с массовой долей кислоты 96% и плотностью 1,8 г/мл, в результате чего образовался олеум с массовой долей оксида серы(VI) 7,02% и осталось 8,96 л газовой смеси с плотностью 1,786 г/л (н. у.). Определите массу взятого медного колчедана и объем израсходованного кислорода. Растворимость оксида серы(IV) в олеуме пренебечь.

Решение:

$$m(\text{раствора H}_2\text{SO}_4) = 50 \cdot 1,8 = 90 \text{ г}; \quad m(\text{H}_2\text{SO}_4) = 90 \cdot 0,96 = 86,4 \text{ г};$$

$$n(\text{H}_2\text{O}) = \frac{90 - 86,4}{18} = 0,2 \text{ моль};$$

Было:  $x$   $y$



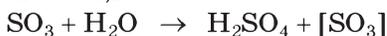
Прореагировало:  $x$   $3,75x$  стало:  $2x$   $y - 3,75x$

Было:  $2x$   $y - 3,75x$



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

Было:  $z = 0,2$



Прореагировало:  $0,2$        $0,2$  стало:  $0,2$        $z - 0,2$

$$m(\text{образовавшейся } \text{H}_2\text{SO}_4) = 0,2 \cdot 98 = 19,6 \text{ г};$$

$$m(\text{H}_2\text{SO}_4 \text{ в олеуме}) = 86,4 + 19,6 = 106 \text{ г};$$

$$m(\text{SO}_3 \text{ в олеуме}) = \frac{106}{100 - 7,02} \cdot 7,02 = 8 \text{ г};$$

$$n(\text{SO}_3 \text{ в олеуме}) = \frac{8}{80} = 0,1 \text{ моль};$$

$$m(\text{SO}_3 \text{ в равновесной смеси}) = 0,1 + 0,2 = 0,3 \text{ моль}; \quad z = 0,3;$$

$$n(\text{оставшейся газовой смеси}) = \frac{8,96}{22,4} = 0,4 \text{ моль};$$

$$m(\text{оставшейся газовой смеси}) = 8,96 \cdot 1,786 = 16 \text{ г};$$

$$n(\text{SO}_2 \text{ в оставшейся газовой смеси}) = 2x - 0,3;$$

$$n(\text{O}_2 \text{ в оставшейся газовой смеси}) = y - 3,75x - 0,15;$$

$$\begin{cases} 2x - 0,3 + y - 3,75x - 0,15 = 0,4 \\ (2x - 0,3) \cdot 64 + (y - 3,75x - 0,15) \cdot 32 = 16 \end{cases} \quad \begin{cases} x = 0,2, \\ y = 1,2. \end{cases}$$

$$m(\text{CuFeS}_2) = 0,2 \cdot 184 = 36,8 \text{ г};$$

$$V(\text{израсходованного } \text{O}_2) = 1,1 \cdot 22,4 = 24,64 \text{ л}.$$

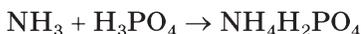
Ответ:  $V(\text{O}_2) = 24,64 \text{ л}$ .  $m(\text{CuFeS}_2) = 36,8 \text{ г}$ .

**(403)** 17,1 г смеси азота, водорода и аммиака с плотностью по водороду 9,5 нагрели в присутствии железного катализатора до установления равновесия, затем равновесную смесь быстро охладили и пропустили через избыток фосфорной кислоты, причем образовалось 34,5 г соли. Определите состав исходной и равновесной газовых смесей в % по объему, если известно, что плотность исходной газовой смеси на 22,2% больше плотности равновесной (н. у.).

Решение:

$$M_{\text{ср.}}(\text{исходной газовой смеси}) = 9,5 \cdot 2 = 19 \text{ г/моль};$$

$$n(\text{исходной газовой смеси}) = \frac{17,1}{19} = 0,9 \text{ моль};$$



$$n(\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4) = \frac{34,5}{115} = 0,3 \text{ моль};$$

$$n(\text{NH}_3 \text{ в равновесной смеси}) = 0,3 \text{ моль};$$

$$\rho(\text{исходной газовой смеси}) = 1,222 \cdot \rho(\text{равновесной газовой смеси});$$

Поскольку масса газовой смеси не изменилась,

$$\frac{1}{V(\text{исходной газовой смеси})} = \frac{1,222}{V(\text{равновесной газовой смеси})}$$

$$V(\text{равновесной газовой смеси}) = 1,222 \cdot V(\text{исходной газовой смеси}).$$

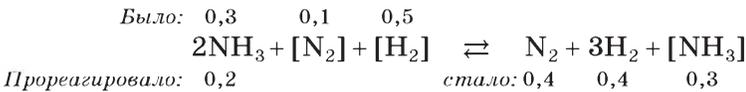
Для газов соотношение объемов равно соотношению количеств веществ:  $n(\text{равновесной газовой смеси}) = 1,222 \cdot n(\text{исходной газовой смеси})$ ;  $n(\text{равновесной газовой смеси}) = 1,222 \cdot 0,9 = 1,1$  моль;

$$n(\text{разложившегося } \text{NH}_3) = \Delta n = 0,2 \text{ моль};$$

$$n(\text{NH}_3 \text{ в исходной смеси}) = 0,3 + 0,2 = 0,5 \text{ моль}.$$

Обозначим:  $n(\text{H}_2 \text{ в исходной смеси}) = x$  и  $n(\text{N}_2 \text{ в исходной смеси}) = y$ .

$$\begin{cases} x + y = 0,9 - 0,5 = 0,4 \\ 2x + 28y = 17,1 - 0,5 \cdot 17 = 8,6 \end{cases} \quad \begin{cases} x = 0,1, \\ y = 0,3. \end{cases}$$



$$\varphi(\text{NH}_3 \text{ в исходной смеси}) = \frac{0,5}{0,9} = 0,5556;$$

$$\varphi(\text{H}_2 \text{ в исходной смеси}) = \frac{0,1}{0,9} = 0,1111;$$

$$\varphi(\text{N}_2 \text{ в исходной смеси}) = \frac{0,3}{0,9} = 0,3333;$$

$$\varphi(\text{NH}_3 \text{ в равновесной смеси}) = \frac{0,3}{1,1} = 0,2727;$$

$$\varphi(\text{H}_2 \text{ в равновесной смеси}) = \varphi(\text{N}_2 \text{ в равновесной смеси}) = \frac{0,4}{1,1} = 0,3637.$$

Ответ: Равновесная смесь:  $\varphi(\text{H}_2) = \varphi(\text{N}_2) = 36,37\%$ ;  $\varphi(\text{NH}_3) = 27,27\%$ ; исходная смесь:  $\varphi(\text{H}_2) = 11,11\%$ ;  $\varphi(\text{N}_2) = 33,33\%$ ;  $\varphi(\text{NH}_3) = 55,56\%$

**(416)** В сосуд емкостью 5 л под давлением при некоторой температуре поместили смесь кислорода и оксида азота(II) с плотностью по водороду 15,5, при этом плотность газовой смеси в сосуде составила 3,1 г/л. Через некоторое время концентрация оксида азота(IV) в сосуде составила 0,02 моль/л, а скорость прямой реакции, измеренной по кислороду, была в 2 раза больше скорости обратной реакции, измеренной по оксиду азота(IV). Определите молярные концентрации веществ в смеси после достижения равновесия, если известно, что скорость прямой реакции прямо пропорциональна произведению концентраций исходных веществ, а скорость обратной реакции прямо пропорциональна концентрации продукта реакции.

Решение:

$$M_{\text{ср.}}(\text{газовой смеси}) = 15,5 \cdot 2 = 31 \text{ г/моль}; m(\text{газовой смеси}) = 3,1 \cdot 5 = 15,5 \text{ г};$$

$$n(\text{газовой смеси}) = \frac{15,5}{31} = 0,5 \text{ моль. Пусть в ней } n(\text{NO}) = x \text{ и } n(\text{O}_2) = y.$$

$$\begin{cases} x + y = 0,5 \\ 30x + 32y = 15,5 \end{cases} \quad \left| \begin{array}{l} x \quad 0,25, \\ y \quad 0,25. \end{array} \right.$$

$$n(\text{NO}) = 0,25 \text{ моль}; n(\text{O}_2) = 0,25 \text{ моль}; n(\text{NO}_2) = 0,02 \cdot 5 = 0,1 \text{ моль.}$$

$$\text{Было: } 0,25 \quad 0,25$$



$$\text{Прореагировало: } 0,1 \quad 0,05 \text{ стало: } 0,1 \quad 0,15 \quad 0,2$$

$$c(\text{NO}) = \frac{0,15}{5} = 0,03 \text{ моль/л}; c(\text{O}_2) = \frac{0,2}{5} = 0,04 \text{ моль/л};$$

$$v(\text{прямой реакции, измеренная по O}_2) =$$

$$\frac{v(\text{прямой реакции, измеренная по NO}_2)}{2};$$

$$\frac{v(\text{прямой реакции, измеренная по NO}_2)}{2} = 2 \cdot v(\text{обратной реакции, измеренная по NO}_2);$$

$$v(\text{прямой реакции}) = 4 \cdot v(\text{обратной реакции});$$

$$v(\text{прямой реакции}) = k_1 \cdot 0,03 \cdot 0,04 = k_1 \cdot 0,0012;$$

$$v(\text{обратной реакции}) = k_2 \cdot 0,02;$$

$$k_1 \cdot 0,0012 = 4 \cdot k_2 \cdot 0,02; k_1 = k_2 \cdot \frac{0,08}{0,0012} = 66,67k_2;$$

Пусть к моменту достижения равновесия образовалось еще  $z$  моль  $\text{NO}_2$ , тогда

$$c(\text{NO}_2) = \frac{0,1+z}{5} = 0,02 + 0,2z; c(\text{NO}) = \frac{0,15-z}{5} = 0,03 - 0,2z;$$

$$c(\text{O}_2) = \frac{0,2-0,5z}{5} = 0,04 - 0,1z.$$

В условиях химического равновесия  $v(\text{прямой реакции}) = v(\text{обратной реакции});$

$$k_1 \cdot (0,03 - 0,2z) \cdot (0,04 - 0,1z) = k_2 \cdot (0,02 + 0,2z);$$

$$66,67 \cdot (0,03 - 0,2z) \cdot (0,04 - 0,1z) = 0,02 + 0,2z;$$

$$200 \cdot (0,03 - 0,2z) \cdot (0,04 - 0,1z) = 3 \cdot (0,02 + 0,2z);$$

$$0,24 - 1,6z - 0,6z + 4z^2 = 0,06 + 0,6z;$$

$$4z^2 - 2,8z + 0,18 = 0; D = 7,84 - 2,88 = 4,96;$$

$$z_1 = \frac{2,8+2,227}{8} = 0,628 \text{ — этот корень не подходит, так как такое}$$

$$\text{количество NO}_2 \text{ образоваться не может; } z_2 = \frac{2,8-2,227}{8} = 0,0716.$$

$$c(\text{NO}_2) = 0,02 + 0,2 \cdot 0,0716 = 0,0343 \text{ моль/л};$$

$$c(\text{NO}) = 0,03 - 0,2 \cdot 0,0716 = 0,0157 \text{ моль/л};$$

$$c(\text{O}_2) = 0,04 - 0,1 \cdot 0,0716 = 0,0328 \text{ моль/л}.$$

Ответ:  $c(\text{NO}_2) = 0,0343$  моль/л;  $c(\text{NO}) = 0,0157$  моль/л;

$c(\text{O}_2) = 0,0328$  моль/л.

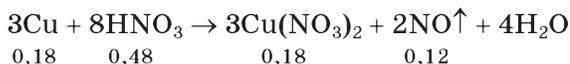
## 4.7. Вытеснение одного металла другим

(437) В раствор с плотностью 1,2 г/мл, содержащий нитрат серебра с концентрацией 0,8 моль/л и азотную кислоту с концентрацией 2,5 моль/л, поместили медные опилки. Через некоторое время опилки отделили от раствора. Определите массовые доли веществ в исходном растворе и молярные концентрации веществ в конечном растворе, если известно, что в результате происшедших реакций выделилось 2,688 л газа с плотностью по водороду 15, а масса и объем раствора не изменились.

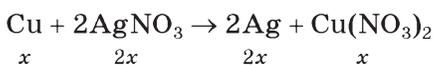
Решение:

$$n(\text{газа}) = \frac{2,688}{22,4} = 0,12 \text{ моль}; M(\text{газа}) = 15 \cdot 2 = 30 \text{ г/моль}.$$

Газ — NO.



$$\Delta m = 0,18 \cdot 64 - 0,12 \cdot 30 = 7,92 \text{ г}.$$



$$2x \cdot 108 - x \cdot 64 = 7,92; 152x = 7,92; x = 0,0521;$$

$$V(\text{исходного раствора}) = \frac{0,48}{2,5} = 0,192 \text{ л} = 192 \text{ мл};$$

$$m(\text{исходного раствора}) = 192 \cdot 1,2 = 230,4 \text{ г};$$

$$\omega(\text{HNO}_3) = \frac{0,48 \cdot 63}{230,4} = 0,1313;$$

$$n(\text{AgNO}_3 \text{ в исходном растворе}) = 0,192 \cdot 0,8 = 0,1536 \text{ моль};$$

$$\omega(\text{AgNO}_3) = \frac{0,1536 \cdot 170}{230,4} = 0,1133;$$

$$n(\text{AgNO}_3, \text{ оставшегося в растворе}) = 0,1536 - 0,0521 \cdot 2 = 0,0494 \text{ моль};$$

$$c(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2) = \frac{0,18 + 0,0521}{0,192} = 0,451 \text{ моль/л};$$

$$c(\text{AgNO}_3, \text{ оставшегося в растворе}) = \frac{0,0494}{0,192} = 0,257 \text{ моль/л}.$$

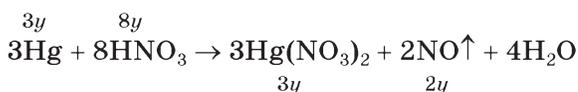
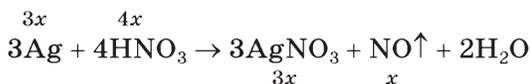
Ответ:  $\omega(\text{HNO}_3) = 13,13\%$ ;  $\omega(\text{AgNO}_3) = 11,33\%$ .  $c(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2) = 0,451$  моль/л;  
 $c(\text{AgNO}_3, \text{ оставшегося в растворе}) = 0,257$  моль/л.

(443) Амальгаму серебра (сплава с ртутью) растворили в 56,5 мл раствора азотной кислоты с массовой долей кислоты 20% и плотностью 1,115 г/мл, в результате чего массовая доля кислоты уменьшилась до 7,064% и выделилось 0,672 л газа (н. у.). Полученный раствор поместили в медный сосуд массой 150 г. Через некоторое время раствор слили и сосуд взвесили, его масса оказалась равной 154,455 г. Определите массовые доли веществ в конечном растворе.

Решение:

$$m(\text{исходного раствора HNO}_3) = 56,5 \cdot 1,115 = 63 \text{ г};$$

$$n(\text{исходной HNO}_3) = \frac{63 \cdot 0,2}{63} = 0,2 \text{ моль. Пусть } n(\text{Ag}) = 3x \text{ и } n(\text{Hg}) = 3y.$$



$$m(\text{раствора после растворения амальгамы}) = 63 + 3x \cdot 108 + 2y \cdot 201 - (x + 2y) \cdot 30 = 63 + 294x + 543y;$$

$$n(\text{HNO}_3, \text{ оставшейся после растворения амальгамы}) = 0,2 - 4x - 8y;$$

$$m(\text{HNO}_3, \text{ оставшейся после растворения амальгамы}) = (0,2 - 4x - 8y) \cdot 63 = 12,6 - 252x - 504y;$$

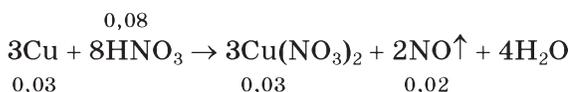
$$12,6 - 252x - 504y = 0,07064 \cdot (63 + 294x + 543y);$$

$$272,8x + 542,4y = 8,15;$$

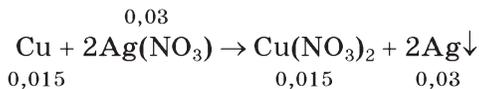
$$n(\text{NO}) = \frac{0,672}{22,4} = 0,03 \text{ моль; } x + 2y = 0,03.$$

$$\begin{cases} x + 2y = 0,03 \\ 272,8x + 542,4y = 8,15 \end{cases} \quad \left| \begin{array}{l} x = 0,01, \\ y = 0,01. \end{array} \right.$$

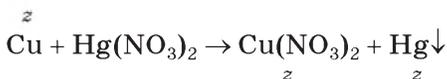
$$n(\text{HNO}_3, \text{ оставшейся после растворения амальгамы}) = 0,2 - 4x - 8y = 0,2 - 0,04 - 0,008 = 0,08 \text{ моль.}$$



$$\Delta m(\text{сосуда}) = 0,03 \cdot 64 = 1,92 \text{ г; } m(\text{сосуда после этой реакции}) = 50 - 1,92 = 48,08 \text{ г;}$$



$\Delta m(\text{сосуда}) = 108 \cdot 0,03 - 64 \cdot 0,015 = 2,28 \text{ г}$ ;  $m(\text{сосуда после этой реакции}) = 48,08 + 2,28 = 50,36 \text{ г}$ ;



$\Delta m(\text{сосуда после этой реакции}) = 51,73 - 50,36 = 1,37 \text{ г}$ ;  $200,5z - 64z = 1,37$ ;  $z = 0,01$ .

Итого в конечном растворе содержится  $0,03 + 0,015 + 0,01 = 0,055$  моль  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$  и  $0,03 - 0,01 = 0,02$  моль  $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$ .

$m(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2) = 0,055 \cdot 188 = 10,34 \text{ г}$ ;  $m(\text{Hg}(\text{NO}_3)_2) = 0,02 \cdot 224,5 = 4,45 \text{ г}$ ;

$m(\text{конечного раствора}) = 63 + 9,25 - 0,05 \cdot 30 - 1,73 = 69 \text{ г}$ ;

$$\omega(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2) = \frac{10,34}{69} = 0,15;$$

$$\omega(\text{Hg}(\text{NO}_3)_2) = \frac{4,45}{69} = 0,0645.$$

Ответ:  $\omega(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2) = 15\%$ ;  $\omega(\text{Hg}(\text{NO}_3)_2) = 6,45\%$ .

## 4.8. Электролиз

(472) В 30 мл раствора с плотностью 1,2 г/мл, содержащего (по массе) 18,75% хлорида меди(II) и 13,33% сульфата меди(II), погрузили железную пластинку и выдерживали в нем до тех пор, пока ее масса не увеличилась на 0,4 г. Через полученный раствор пропускали постоянный электрический ток, после отключения которого масса катода увеличилась на 4,16 г, а на аноде выделилось 1,68 л газов (н. у.). Определите массовые доли веществ в растворе, оставшемся в электролизере.

Решение:

$$m(\text{исходного раствора}) = 30 \cdot 1,2 = 36 \text{ г};$$

$$n(\text{CuCl}_2) = \frac{36 \cdot 0,1875}{135} = 0,05 \text{ моль};$$

$$n(\text{CuSO}_4) = \frac{36 \cdot 0,1333}{160} = 0,03 \text{ моль}. \text{ В растворе содержится } 0,08 \text{ моль}$$

ионов  $\text{Cu}^{2+}$ , 0,1 моль ионов  $\text{Cl}^-$  и 0,03 моль ионов  $\text{SO}_4^{2-}$ .



Пусть выделилось  $x$  моль меди, тогда  $64x - 56x = 0,4$ ;  $x = 0,05$ .

В растворе осталось 0,03 моль ионов  $\text{Cu}^{2+}$  и появилось 0,05 моль ионов  $\text{Fe}^{2+}$ .



Решение:

$$n(\text{K}_2\text{S}) = \frac{150 \cdot 0,257}{110} = 0,35 \text{ моль};$$

$$n(\text{Hg}(\text{NO}_3)_2) = \frac{149 \cdot 0,0436}{324,5} = 0,02 \text{ моль}.$$

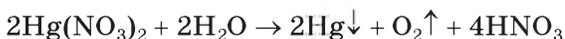
Последовательное соединение электролизеров означает, что через оба электролизера проходит за одно и то же время одинаковое количество электричества, т. е. одинаковое число моль электронов.

*Первый электролизер:*



В этом процессе на один моль  $\text{K}_2\text{S}$  через электролизер проходит 2 моль электронов. Изменение массы раствора в расчете на один моль электронов составляет  $\frac{32 + 2}{2} = 17 \text{ г/моль}$ .

*Второй электролизер:*



В этом процессе на два моль  $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$  через электролизер проходит 4 моль электронов. Изменение массы раствора в расчете на один моль электронов составляет  $\frac{200,5 \cdot 2 + 32}{4} = 108 \text{ г/моль}$ .

К моменту окончания электролиза нитрата ртути через электролизеры пройдет по  $0,02 \cdot 2 = 0,04$  моль электронов. Изменение массы раствора в первом электролизере составит  $17 \cdot 0,04 = 0,68 \text{ г}$ , а во втором электролизере —  $108 \cdot 0,04 = 4,32 \text{ г}$ . Масса первого раствора будет равна  $150 - 0,68 = 149,32 \text{ г}$ , а масса второго раствора —  $149 - 4,32 = 144,68 \text{ г}$ . Разница в массах растворов к этому моменту составит  $149,32 - 144,68 = 4,64 \text{ г}$ .

После того как нитрат ртути полностью исчезнет из второго электролизера, в нем начнется электролиз воды:



В этом процессе на два моль воды проходит 4 моль электронов и изменение массы раствора в расчете на один моль электронов составит  $\frac{36}{4} = 9 \text{ г/моль}$ .

Пусть через оба электролизера прошло еще  $x$  моль электронов, тогда изменение массы в первом составит  $17x \text{ г}$ , а во втором —  $9x \text{ г}$ . Для того чтобы массы растворов сравнялись, необходимо, чтобы

$$17x - 9x = 4,64; \quad x = 0,58 \text{ моль}.$$

Всего через первый электролизер пройдет  $0,04 + 0,58 = 0,62$  моль электронов, и масса раствора в нем составит  $150 - 17 \cdot 0,62 = 139,46$  г. В растворе образуется  $0,62$  моль KOH и останется  $0,35 \cdot \frac{0,62}{2} = 0,04$  моль  $K_2S$ .

Во втором электролизере образуется  $0,04$  моль  $HNO_3$ . После смешивания растворов произойдет нейтрализация азотной кислоты и масса раствора составит  $139,46 \cdot 2 = 278,9$  г.

Было: 0,04      0,62



Прореагировало: 0,04      0,04      стало: 0,04      0,58

$$V(\text{конечного раствора}) = \frac{278,9}{1,1} = 253,5 \text{ мл} = 0,2535 \text{ л};$$

$$c(KNO_3) = c(K_2S) = \frac{0,04}{0,2535} = 0,158 \text{ моль/л};$$

$$c(KOH) = \frac{0,58}{0,2535} = 2,29 \text{ моль/л}.$$

Ответ:  $c(KNO_3) = c(K_2S) = 0,158$  моль/л.  $c(KOH) = 2,29$  моль/л.

## ОТВЕТЫ

1.  $\rho = 1,329$  г/л.
2.  $\eta = 67,2\%$ ;  $V(\text{смеси}) = 301,6$  л.
3.  $V(\text{CH}_4) = 26,88$  л.
4.  $m(\text{C}) = 0,6$  г.
5.  $\eta = 57,14\%$ .
6. Исходная смесь:  $V((\text{CH}_3)_3\text{N}) = 0,896$  л;  $V(\text{O}_2) = 5,824$  л.  
Конечная смесь:  $V(\text{CO}_2) = 2,688$  л;  $V(\text{N}_2) = 0,448$  л;  $V(\text{O}_2) = 1,12$  л.
7. Исходная смесь:  $V((\text{CH}_3)_3\text{N}) = 35,84$  л;  $V(\text{O}_2) = 26,88$  л.  
Конечная смесь:  $V(\text{CO}_2) = 10,752$  л;  $V(\text{N}_2) = 1,792$  л;  $V(\text{O}_2) = 8,064$  л.
8. Исходная смесь:  $V((\text{CH}_3)_3\text{N}) = 2,24$  л;  $V(\text{O}_2) = 13,6$  л.  
Конечная смесь:  $V(\text{CO}_2) = 6,72$  л;  $V(\text{N}_2) = 1,12$  л;  $V(\text{O}_2) = 1,84$  л.
9. Исходная смесь:  $V((\text{CH}_3)_2\text{NH}) = 2,24$  л;  $V(\text{O}_2) = 11,2$  л.  
Конечная смесь:  $V(\text{CO}_2) = 4,48$  л;  $V(\text{N}_2) = 1,12$  л;  $V(\text{O}_2) = 2,8$  л.
10.  $V(\text{O}_2) = 6,72$  л.
11.  $m(\text{CH}_3\text{NH}_2) = 3,875$  г;  $\varphi(\text{O}_3) = 8,53\%$ .
12.  $V(\text{O}_2) = 22,4$  л.  $\varphi(\text{O}_3) = 33,33\%$ .
13.  $V(\text{O}_2) = 33,6$  л.  $\varphi(\text{O}_3) = 8,33\%$ ;  $\varphi(\text{N}_2) = 17,36\%$ ;  $\varphi(\text{O}_2) = 39,6\%$ ;  $\varphi(\text{CO}_2) = 34,7\%$ .
14.  $\omega(\text{HNO}_3) = 66,72\%$ ;  $\omega(\text{NO}) = 7,48\%$ ;  $\omega(\text{H}_2\text{O}) = 25,79\%$ .
15.  $\omega(\text{HNO}_3) = 48,46\%$ ;  $\omega(\text{NH}_4\text{NO}_3) = 30,77\%$ .
16.  $V(\text{исходной газовой смеси}) = 3,136$  л.  $\omega(\text{C}_2\text{H}_4(\text{OH})_2) = 2,52\%$ ;  
 $\omega(\text{C}_3\text{H}_6(\text{OH})_2) = 2,32\%$ ;  $\omega(\text{KBr}) = 16,94\%$ .
17.  $\omega(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = 4,61\%$ ;  $\omega(\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}) = 3,01\%$ .  $\omega(\text{NaCl}) = 14,66\%$ .  $\omega(\text{NaOH}) = 4\%$ .
18.  $\varphi(\text{N}_2) = 20\%$ ;  $\varphi(\text{H}_2) = 30\%$ ;  $\varphi(\text{CH}_4) = 50\%$ .
19.  $V(\text{CH}_4) = 20$  мл,  $V(\text{CH}_3\text{NH}_2) = 40$  мл и  $V(\text{N}_2) = 40$  мл.
20.  $\varphi(\text{N}_2) = 40\%$ ;  $\varphi(\text{C}_2\text{H}_6) = 6,67\%$ ;  $\varphi(\text{CH}_3\text{NH}_2) = 53,34\%$ .  $\omega(\text{N}_2) = 37\%$ ;  
 $\omega(\text{C}_2\text{H}_6) = 6,61\%$ ;  $\omega(\text{CH}_3\text{NH}_2) = 56,39\%$ .
21.  $\omega(\text{NH}_3) = 41,98\%$ ,  $\omega(\text{CH}_3\text{NH}_2) = 38,27\%$ ,  $\omega(\text{CH}_4) = 19,75\%$ .  
 $c(\text{NH}_3) = 0,02232$  моль/л,  $c(\text{CH}_3\text{NH}_2) = c(\text{CH}_4) = 0,01116$  моль/л.
22.  $\varphi(\text{CH}_3\text{NH}_2) = 22,22\%$ ;  $\varphi(\text{CH}_4) = 44,44\%$ ;  $\varphi(\text{CH}_3\text{OCH}_3) = 33,34\%$ .
23.  $\varphi(\text{N}_2) = 50\%$ ;  $\varphi(\text{C}_2\text{H}_6) = 16,67\%$ ;  $\varphi(\text{CH}_3\text{NH}_2) = 33,33\%$ .  $\omega(\text{N}_2) = 47,73\%$ ;  
 $\omega(\text{C}_2\text{H}_6) = 17,05\%$ ;  $\omega(\text{CH}_3\text{NH}_2) = 35,22\%$ .
24. Исходная смесь:  $\varphi(\text{C}_2\text{H}_4) = 77,77\%$ ;  $\varphi(\text{H}_2) = 22,23\%$ .  
Конечная смесь:  $\varphi(\text{C}_2\text{H}_6) = 83,33\%$ ;  $\varphi(\text{H}_2) = 16,67\%$ .
25.  $\varphi(\text{C}_4\text{H}_{10}) = 56,25\%$ ;  $\varphi(\text{C}_3\text{H}_8) = 18,75\%$ ;  $\varphi(\text{C}_4\text{H}_8) = 25\%$ .
26.  $\omega(\text{C}_3\text{H}_8) = 25,58\%$ ;  $\omega(\text{CH}_3\text{NH}_2) = 74,42\%$ .
27.  $\omega(\text{C}_2\text{H}_2) = 54,17\%$ ;  $\omega(\text{H}_2) = 12,5\%$ ;  $\omega(\text{CH}_4) = 33,33\%$ .

28.  $\varphi(\text{C}_2\text{H}_6) = 50\%$ ;  $\varphi(\text{H}_2) = 50\%$ .
29.  $\varphi(\text{H}_2) = 50\%$ ;  $\varphi(\text{CO}) = 38\%$ ;  $\varphi(\text{C}_2\text{H}_4) = 12\%$ .
30.  $\omega(\text{C}_2\text{H}_6) = 20,55\%$ ;  $\omega(\text{C}_3\text{H}_6) = 38,36\%$ ;  $\omega(\text{HCOH}) = 41,1\%$ .
31.  $c(\text{C}_2\text{H}_6) = 0,0103$  моль/л;  $c(\text{C}_3\text{H}_6) = 0,0137$  моль/л;  $c(\text{HCOH}) = 0,0206$  моль/л.
32.  $\varphi(\text{CH}_4) = 20\%$ ;  $\varphi(\text{C}_2\text{H}_2) = 10\%$ ;  $\varphi(\text{H}_2\text{CO}) = 15\%$ ;  $\varphi(\text{H}_2) = 55\%$ .
33.  $m(\text{S}) = 8$  г;  $m(\text{SO}_2) = 16$  г;  $m(\text{H}_2\text{O}) = 9$  г.
34.  $m(\text{S}) = 12,8$  г;  $m(\text{SO}_2) = 76,8$  г;  $m(\text{H}_2\text{O}) = 14,4$  г.
35.  $m(\text{S}) = 7,5$  г;  $m(\text{SO}_2) = 15$  г;  $m(\text{H}_2\text{O}) = 9$  г.
36.  $\omega(\text{C}_2\text{H}_4) = 32,48\%$ ;  $\omega(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = 16,01\%$ ;  $\omega(\text{C}_2\text{H}_5\text{OC}_2\text{H}_5) = 51,51\%$ .
37.  $m(\text{C}_3\text{H}_6) = 8,4$  г;  $m(\text{н-C}_3\text{H}_7\text{OH}) = 1,2$  г;  $m(\text{C}_3\text{H}_7\text{OC}_3\text{H}_7) = 6,12$  г.
38.  $m(\text{C}_3\text{H}_6) = 12,6$  г;  $m(\text{н-C}_3\text{H}_7\text{OH}) = 1,8$  г;  $m(\text{C}_3\text{H}_7\text{OC}_3\text{H}_7) = 9,18$  г.
39.  $m(\text{тимина}) = 2,52$  г;  $\varphi(\text{CO}_2) = 47,62\%$ ;  $\varphi(\text{N}_2) = 9,52\%$ ;  $\varphi(\text{O}_2) = 42,88\%$ .
40.  $V(\text{O}_2) = 17,92$  л;  $\varphi(\text{CO}_2) = 61,54\%$ ;  $\varphi(\text{O}_2) = 38,46\%$ .
41.  $V(\text{O}_2) = 17,93$  л;  $\varphi(\text{CO}_2) = 61,54\%$ ;  $\varphi(\text{O}_2) = 38,46\%$ .
42.  $m(\text{цитозина}) = 1,19$  г;  $\varphi(\text{CO}_2) = 39,59\%$ ;  $\varphi(\text{N}_2) = 14,89\%$ ;  $\varphi(\text{O}_2) = 45,51\%$ .
43.  $m(\text{серина}) = 8,4$  г;  $\varphi(\text{CO}_2) = 66,67\%$ ;  $\varphi(\text{N}_2) = 11,11\%$ ;  $\varphi(\text{O}_2) = 22,22\%$ .
44.  $m(\text{валина}) = 7,02$  г;  $\varphi(\text{CO}_2) = 70,59\%$ ;  $\varphi(\text{N}_2) = 7,06\%$ ;  $\varphi(\text{O}_2) = 22,35\%$ .
45.  $V(\text{O}_2) = 56$  л;  $\varphi(\text{CO}_2) = 58,53\%$ ;  $\varphi(\text{O}_2) = 41,46\%$ .
46.  $V(\text{O}_2) = 56$  л;  $\varphi(\text{CO}_2) = 58,53\%$ ;  $\varphi(\text{O}_2) = 41,46\%$ .
47.  $\omega(\text{HNO}_3) = 50\%$ ;  $\omega(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}) = 71,04\%$ ;  $\omega(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}) = 28,96\%$ .
48.  $c(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,841$  моль/л;  $c(\text{FeSO}_4) = 1,262$  моль/л.  $\omega(\text{H}_2\text{SO}_4) = 6,81\%$ ;  $\omega(\text{FeSO}_4) = 15,84\%$ .
49.  $m(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = 21,88$  г.  $\omega(\text{CuSO}_4) = 13,14\%$ ;  $\omega(\text{H}_2\text{SO}_4) = 64,37\%$ .
50.  $\omega(\text{HNO}_3) = 6,15\%$ ;  $\omega(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2) = 38,52\%$ .
51.  $m(\text{Cu}) = 19,2$  г.  $\omega(\text{HNO}_3) = 13,34\%$ ;  $\omega(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2) = 32,19\%$ .
52.  $\omega(\text{HNO}_3) = 45\%$ ;  $\omega(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}) = 25,95\%$ ;  $\omega(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}) = 74,05\%$ .
53.  $m(\text{Ag}) = 64,8$  г;  $\omega(\text{HNO}_3) = 11,32\%$ ;  $\omega(\text{AgNO}_3) = 48,52\%$ .
54.  $m(\text{Ag}) = 54$  г;  $\omega(\text{HNO}_3) = 20,7\%$ ;  $\omega(\text{AgNO}_3) = 36,98\%$ .
55.  $m(\text{Ag}) = 37,8$  г;  $V(\text{NO}_2) = 2,8$  л;  $V(\text{NO}) = 1,68$  л.
56.  $V(\text{раствора KOH}) = 52,3$  мл.
57.  $c(\text{Mg}(\text{NO}_3)_2) = 0,208$  моль/л;  $c(\text{NH}_4\text{NO}_3) = 0,0521$  моль/л.  
 $c(\text{HNO}_3) = 0,26$  моль/л.  $c(\text{Ca}(\text{NO}_3)_2) = 0,125$  моль/л;  
 $c(\text{NH}_4\text{NO}_3) = 0,0312$  моль/л;  $c(\text{HNO}_3) = 0,469$  моль/л.  
 $c(\text{Zn}(\text{NO}_3)_2) = 0,0769$  моль/л;  $c(\text{NH}_4\text{NO}_3) = 0,192$  моль/л;  
 $c(\text{HNO}_3) = 0,589$  моль/л.
58.  $c(\text{Ca}(\text{NO}_3)_2) = 0,33$  моль/л;  $c(\text{NH}_4\text{NO}_3) = 0,0825$  моль/л;  
 $c(\text{HNO}_3) = 0,060$  моль/л.  $c(\text{Mg}(\text{NO}_3)_2) = 0,396$  моль/л;  
 $c(\text{NH}_4\text{NO}_3) = 0,099$  моль/л.  $c(\text{Zn}(\text{NO}_3)_2) = 0,203$  моль/л;  
 $c(\text{NH}_4\text{NO}_3) = 0,0508$  моль/л;  $c(\text{HNO}_3) = 0,482$  моль/л.

- 59.**  $m(\text{SO}_3) = 37 \text{ г}$ ;  $\omega(\text{SO}_3) = 31,4\%$ .
- 60.**  $V(\text{раствора } \text{H}_2\text{SO}_4) = 2865 \text{ л}$ .
- 61.**  $\omega(\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4) = 28,46\%$ ;  $\omega((\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4) = 33,25\%$ .
- 62.**  $\omega(\text{KH}_2\text{PO}_4) = 39,97\%$ ;  $\omega(\text{H}_3\text{PO}_4) = 3,96\%$ .
- 63.**  $m(\text{остатка}) = 18,6 \text{ г}$ .
- 64.**  $m(\text{CuCO}_3) = 24,8 \text{ г}$ ;  $m(\text{PbCO}_3) = 40,05 \text{ г}$ .
- 65.**  $V(\text{газа}) = 2,688 \text{ л}$ ;  $\omega(\text{KCl}) = 3,99\%$ ;  $\omega(\text{KHCO}_3) = 5,35\%$ ;  $\omega(\text{K}_2\text{CO}_3) = 7,39\%$ .
- 66.**  $m(\text{FeS}_2) = 15 \text{ г}$ .
- 67.**  $m(\text{Fe}) = 0,224 \text{ г}$ ;  $\omega(\text{KHSO}_3) = 8,74\%$ ;  $\omega(\text{K}_2\text{SO}_3) = 11,5\%$ .
- 68.**  $\omega(\text{Li}_2\text{CO}_3) = 9,85\%$ ;  $\omega(\text{LiHCO}_3) = 18,1\%$ ;  $\omega(\text{CH}_3\text{OH}) = 52,6\%$ .
- 69.**  $m(\text{CaO}) = 33,6 \text{ г}$ ;  $\omega(\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2) = 4,32\%$ .
- 70.**  $V(\text{газовой смеси}) = 14 \text{ л}$ .
- 71.**  $V(\text{CO}_2) = 5,6 \text{ л}$ .  $\omega(\text{CH}_3\text{COONa}) = 5,88\%$ ;  $\omega(\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}) = 6,74\%$ ;  $\omega(\text{NaHCO}_3) = 10,03\%$ .
- 72.**  $V(\text{CO}_2) = 2,912 \text{ л}$ .  $\omega(\text{C}_2\text{H}_5\text{COOK}) = 7,47\%$ ,  $\omega(\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}) = 6,27\%$ ,  
 $\omega(\text{KHCO}_2) = 12,38\%$ .
- 73.**  $\omega(\text{H}_2\text{SO}_4) = 49,89\%$ ;  $\omega(\text{HNO}_3) = 40,23\%$ ;  $\omega(\text{H}_2\text{O}) = 9,88\%$ .
- 74.**  $\eta(\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2) = 62,5\%$ .  $c(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 = 4,4 \text{ моль/л}$ ;  $c(\text{NH}_4\text{NO}_3) = 4,79 \text{ моль/л}$ ;  
 $c(\text{NH}_3) = 2,38 \text{ моль/л}$ .
- 75.**  $m(\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2) = 74,4 \text{ г}$ ;  $\eta(\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2) = 62,4\%$ .
- 76.**  $\eta(\text{CH}_3\text{C}_6\text{H}_4\text{NO}_2) = 57,14\%$ ;  $\eta(\text{CH}_3\text{C}_6\text{H}_3(\text{NO}_2)_2) = 42,86\%$ .
- 77.**  $m([\text{C}_6\text{H}_7\text{O}_2(\text{OH})(\text{ONO}_2)_2]_n) = 25,2 \text{ г}$ ;  $m([\text{C}_6\text{H}_7\text{O}_2(\text{ONO}_2)_3]_n) = 59,4 \text{ г}$ .
- 78.**  $m(\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3) = 46 \text{ г}$ .
- 79.**  $m([\text{C}_6\text{H}_7\text{O}_2(\text{OH})(\text{ONO}_2)_2]_n) = 50,4 \text{ г}$ ;  $m([\text{C}_6\text{H}_7\text{O}_2(\text{ONO}_2)_3]_n) = 118,8 \text{ г}$ .
- 80.**  $m([\text{C}_6\text{H}_7\text{O}_2(\text{OH})(\text{ONO}_2)_2]_n) = 126 \text{ г}$ ;  $m([\text{C}_6\text{H}_7\text{O}_2(\text{ONO}_2)_3]_n) = 74,25 \text{ г}$ .
- 81.**  $\eta(\text{мононитропроизводного}) = 60\%$ ;  $\eta(\text{динитропроизводного}) = 40\%$ .  
 $\omega(\text{HNO}_3) = 31,88\%$ ;  $\omega(\text{H}_2\text{SO}_4) = 54,21\%$ .
- 82.**  $\eta(\text{хлоропропана}) = 60\%$ ;  $\eta(\text{дихлоропропана}) = 20\%$ .
- 83.**  $m(\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3) = 27,6 \text{ г}$ ;  $m(\text{Br}_2) = 136 \text{ г}$ .  $\eta(\text{C}_6\text{H}_5\text{CHBr}_2) = 16,7\%$ ;  $\eta(\text{C}_6\text{H}_5\text{CBr}_3) = 83,3\%$ .
- 84.**  $\eta(\text{C}_2\text{H}_5\text{C}_6\text{HCl}_4) = 25\%$ ;  $\eta(\text{C}_2\text{H}_5\text{C}_6\text{HCl}_5) = 75\%$ .  $m(\text{Cl}_2) = 42,6 \text{ г}$ .
- 85.**  $\omega(\text{NaCl}) = 5,55\%$ ;  $\omega([\text{H}_3\text{NCH}_2\text{COOH}]\text{Cl}) = 5,29\%$ ;  $\omega(\text{H}_2\text{NCH}_2\text{COOH}) = 3,56\%$ .
- 86.**  $V(\text{NH}_3) = 2,24 \text{ л}$ ;  $\omega(\text{NaCl}) = 12,33\%$ ;  $\omega(\text{H}_2\text{NCH}_2\text{COONa}) = 8,89\%$ ;  
 $\omega(\text{H}_2\text{NCH}_2\text{COOH}) = 8,93\%$ .
- 87.**  $V(\text{NH}_3) = 6,944 \text{ л}$ ;  $\omega(\text{NaCl}) = 5,28\%$ ;  $\omega(\text{CH}_3\text{CH}(\text{NH}_2)\text{COONa}) = 6,01\%$ ;  
 $\omega(\text{CH}_3\text{CH}(\text{NH}_2)\text{COOH}) = 3,21\%$ .
- 88.**  $\omega(\text{NH}_3) = 6,26\%$ ;  $\omega(\text{NaCl}) = 4,26\%$ ;  $\omega(\text{H}_2\text{NCH}_2\text{COONa}) = 2,36\%$ ;  
 $\omega(\text{H}_2\text{NCH}_2\text{COOH}) = 3,64\%$ .
- 89.**  $\omega(\text{NH}_3) = 17\%$ ;  $\omega(\text{NaCl}) = 12,9\%$ ;  $\omega(\text{H}_2\text{NCH}_2\text{COONa}) = 21,3\%$ ;  
 $\omega(\text{NaOH}) = 2,93\%$ .

- 90.**  $m(\text{ClCH}_2\text{COOH}) = 56,7 \text{ г}$ .  $\omega(\text{KCl}) = 16,4\%$ ;  $\omega(\text{H}_2\text{NCH}_2\text{COOK}) = 16,6\%$ ;  
 $\omega(\text{H}_2\text{NCH}_2\text{COOH}) = 5,49\%$ .
- 91.**  $\omega(\text{KCl}) = 11,95\%$ ;  $\omega(\text{K}[\text{Al}(\text{OH})_4]) = 1,08\%$ .
- 92.**  $\omega(\text{Na}_2\text{HPO}_4) = 5,19\%$ ;  $\omega(\text{NaH}_2\text{PO}_4) = 4,39\%$ .
- 93.**  $\omega(\text{K}_2\text{HPO}_4) = 1,61\%$ ;  $\omega(\text{KH}_2\text{PO}_4) = 6,92\%$ .
- 94.**  $\omega(\text{MgCl}_2) = 4,72\%$ ;  $\omega(\text{CaCl}_2) = 6,13\%$ ;  $\omega(\text{HCl}) = 1,94\%$ .
- 95.**  $m(\text{смеси солей}) = 20,14 \text{ г}$ .  $V(\text{газов}) = 3,434 \text{ л}$ .
- 96.**  $\varphi(\text{SO}_2) = 28,5$ ;  $\varphi(\text{CO}_2) = 71,5\%$ .
- 97.**  $\varphi(\text{SO}_2) = 49,8\%$ ;  $\varphi(\text{CO}_2) = 50,2\%$ .
- 98.**  $\omega(\text{C}_6\text{H}_6) = 53,06\%$ ;  $\omega(\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3) = 46,96\%$ .
- 99.**  $\eta(\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2) = 76,3\%$ ;  $\eta(\text{CH}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2) = 77,8\%$ .
- 100.**  $\omega(\text{C}_6\text{H}_5\text{C}_2\text{H}_5) = 33,3\%$ .
- 101.**  $\omega(\text{C}_6\text{H}_5\text{C}_2\text{H}_5) = 33,3\%$ .
- 102.**  $\omega(\text{CH}_3\text{CCOOCH}_3) = 62,71\%$ ;  $\omega(\text{C}_2\text{H}_5\text{CCOOCH}_3) = 37,29\%$ .
- 103.**  $\eta(\text{CH}_3\text{CCOOCH}_3) = 80\%$ ;  $\eta(\text{C}_2\text{H}_5\text{CCOOCH}_3) = 50\%$ .
- 104.**  $\eta(\text{HCOOC}_2\text{H}_5) = 60\%$ ;  $\eta(\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5) = 80\%$ .
- 105.**  $\omega(\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3) = 2,71\%$ ;  $\omega(\text{C}_{15}\text{H}_{31}\text{COONa}) = 8,19\%$ ;  $\omega(\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COONa}) = 18,02\%$ ;  
 $\omega(\text{NaOH}) = 0,196\%$ .
- 106.**  $\omega(\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3) = 2,97\%$ ;  $\omega(\text{C}_{15}\text{H}_{31}\text{COONa}) = 4,48\%$ ;  $\omega(\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COONa}) = 24,7\%$ ;  
 $\omega(\text{NaOH}) = 3,3\%$ .
- 107.**  $\omega(\text{C}_6\text{H}_2\text{Br}_3\text{ONa}) = 4,38\%$ ;  $\omega(\text{CH}_2\text{OH}-\text{CH}(\text{OH})\text{COONa}) = 3,87\%$ ;  
 $\omega(\text{CH}_2\text{OH}-\text{C}(\text{CH}_3)(\text{OH})\text{COONa}) = 3,19\%$ ;  $\omega(\text{CH}_3\text{OH}) = 0,885\%$ ;  
 $\omega(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = 0,954\%$ ;  $\omega(\text{NaBr}) = 9,97\%$ .
- 108.**  $\omega(\text{C}_6\text{H}_2\text{Br}_3\text{ONa}) = 4,38\%$ ;  $\omega(\text{CH}_2\text{OHCHOHCOONa}) = 3,87\%$ ;  
 $\omega(\text{CH}_2\text{OH}-\text{C}(\text{CH}_3)(\text{OH})\text{COONa}) = 3,19\%$ ;  $\omega(\text{CH}_3\text{OH}) = 0,885\%$ ;  
 $\omega(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = 0,954\%$ ;  $\omega(\text{NaBr}) = 9,97\%$ .
- 109.**  $\omega(\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}) = 33,57\%$ ;  $\omega(\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2) = 66,43\%$ .
- 110.**  $\omega(\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}) = 31,9\%$ ;  $\omega(\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2) = 21,04\%$ ;  $\omega(\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}=\text{CH}_2) = 47,27\%$ .
- 111.**  $\chi(\text{CH}_3\text{NH}_2) = 40\%$ ;  $\chi(\text{C}_2\text{H}_5\text{NH}_2) = 60\%$ .  $\omega(\text{MgCl}_2) = 8,77\%$ ;  
 $\omega([\text{CH}_3\text{NH}_3]\text{Cl}) = 8,31\%$ ;  $\omega([\text{C}_2\text{H}_5\text{NH}_3]\text{Cl}) = 15,05\%$ .
- 112.**  $\eta(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = 44,8\%$ .
- 113.**  $m(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = 14,4 \text{ г}$ .  $\omega(\text{C}_3\text{H}_7\text{COONa}) = 17,6\%$ ;  $\omega(\text{NaHCO}_3) = 4,19\%$ .
- 114.**  $m(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = 54 \text{ г}$ ;  $\omega(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = 8,35\%$ ;  $\omega(\text{C}_3\text{H}_7\text{COONa}) = 4,99\%$ ;  $\omega(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 28,9\%$ .
- 115.**  $m(\text{гуанина}) = 1,51 \text{ г}$ .  $\omega(\text{CaCl}_2) = 16,69\%$ ;  $\omega(\text{NH}_4\text{Cl}) = 1,34\%$ ;  $\omega(\text{HCl}) = 4,57\%$ .
- 116.**  $m(\text{цитозина}) = 3,33 \text{ г}$ .  $\omega((\text{NH}_4)_2\text{SO}_4) = 0,533\%$ ;  $\omega(\text{H}_2\text{SO}_4) = 1,74\%$ .
- 117.**  $m(\text{лизина}) = 3,212 \text{ г}$ .  $\omega((\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Ca}) = 26,85\%$ ;  $\omega(\text{CH}_3\text{COONH}_4) = 0,72\%$ ;  
 $\omega(\text{CH}_3\text{COOH}) = 1,99\%$ .
- 118.**  $m(\text{глицина}) = 2,7 \text{ г}$ .  $\omega((\text{HCOO})_2\text{Ca}) = 22,82\%$ ;  $\omega(\text{HCOONH}_4) = 0,796\%$ ;  
 $\omega(\text{HCOOH}) = 19,93\%$ .

- 119.**  $m(\text{аденина}) = 1,51 \text{ г}$ .  $\omega(\text{CaCl}_2) = 13,85\%$ ;  $\omega(\text{NH}_4\text{Cl}) = 1,2\%$ ;  $\omega(\text{HCl}) = 1,55\%$ .
- 120.**  $m(\text{капролактама}) = 1,51 \text{ г}$ .  $m(\text{Ca}) = 28 \text{ г}$ .
- 121.**  $m(\text{серина}) = 0,84 \text{ г}$ .  $m(\text{Ca}) = 5,68 \text{ г}$ .
- 122.**  $m(\text{CH}_3\text{COONH}_4) = 1,232 \text{ г}$ .  $m(\text{Ca}) = 12,08 \text{ г}$ .
- 123.**  $c(\text{PH}_3) = 0,0158 \text{ моль/л}$ ;  $c(\text{H}_2\text{S}) = 0,0289 \text{ моль/л}$ .
- 124.**  $\omega(\text{NaNO}_3) = 11,65\%$ ;  $\omega(\text{HNO}_3) = 4,32\%$ ;  $\omega(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2) = 6,44\%$ .
- 125.**  $\omega(\text{NaNO}_3) = 5,34\%$ ;  $\omega(\text{HNO}_3) = 3,96\%$ ;  $\omega(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2) = 3,94\%$ .
- 126.**  $\omega(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = 48,4\%$ ;  $\omega(\text{Na}_2\text{HPO}_4) = 6,87\%$ ;  $\omega(\text{NaH}_2\text{PO}_4) = 5,81\%$ .
- 127.**  $\omega(\text{CH}_3\text{OH}) = 43,51\%$ ;  $\omega(\text{Na}_2\text{HPO}_4) = 4,98\%$ ;  $\omega(\text{Na}_3\text{PO}_4) = 5,75\%$ .
- 128.**  $m(\text{Li}) = 7 \text{ г}$ .  $\omega(\text{Li}_2\text{SO}_4) = 11,67\%$ ;  $\omega(\text{LiH}_2\text{PO}_4) = 8,82\%$ ;  $\omega(\text{CH}_3\text{OH}) = 42,43\%$ .
- 129.**  $\omega(\text{Li}_2\text{SO}_4) = 1,02\%$ ;  $\omega(\text{LiH}_2\text{PO}_4) = 6,86\%$ ;  $\omega(\text{CH}_3\text{OH}) = 37,08\%$ .
- 130.**  $\omega(\text{HCl}) = 25,44\%$ ;  $\omega(\text{AgNO}_3) = 34\%$ .
- 131.**  $\omega(\text{K}_2\text{S}) = 47,21\%$ ;  $\omega(\text{Hg}(\text{NO}_3)_2) = 41,65\%$ .
- 132.** 1-я порция:  $c(\text{LiNO}_3) = 1,286 \text{ моль/л}$ ;  $c(\text{LiHS}) = 0,322 \text{ моль/л}$ .  
2-я порция:  $c(\text{LiNO}_3) = 0,87 \text{ моль/л}$ ;  $c(\text{HNO}_3) = 0,174 \text{ моль/л}$ ;  
 $c(\text{Hg}(\text{NO}_3)_2) = 0,174 \text{ моль/л}$ .
- 133.**  $\omega(\text{NaCl}) = 7,15\%$ ;  $\omega(\text{HCl}) = 0,235\%$ .
- 134.**  $\omega(\text{KNO}_3) = 7,39$ ;  $\omega(\text{KOH}) = 1,49\%$ .
- 135.**  $V(\text{раствора NaOH}) = 85,1 \text{ мл}$ . В первом случае  $\omega(\text{NaOH}) = 4,36\%$ .  
Во втором случае  $\omega(\text{H}_2\text{SO}_4) = 2,32\%$ .
- 136.**  $V(\text{раствора HBr}) = 90,2 \text{ мл}$ . В первом случае  $\omega(\text{KOH}) = 1,6\%$ .  
Во втором случае  $\omega(\text{HBr}) = 2,93\%$ .
- 137.**  $\omega(\text{HCl}) = 5,24\%$ ;  $\omega(\text{H}_2\text{SO}_4) = 1,76\%$ .
- 138.**  $\omega(\text{NaNO}_3) = 4,46\%$ ;  $\omega(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 0,745\%$ .
- 139.**  $c_1(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 0,388 \text{ моль/л}$ ;  $c(\text{CuSO}_4) = 0,275 \text{ моль/л}$ .  $c_2(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 0,387 \text{ моль/л}$ ;  
 $c(\text{Na}_2\text{S}) = 0,568 \text{ моль/л}$ .
- 140.**  $m_1(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = 66,4 \text{ г}$ ;  $m_2(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = 17,1 \text{ г}$ .
- 141.**  $c(\text{NaNO}_3) = 1,76 \text{ моль/л}$ ;  $c(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 0,678 \text{ моль/л}$ ;  $c(\text{HNO}_3) = 0,497 \text{ моль/л}$ .
- 142.**  $\omega(\text{Na}_2\text{S}) = 32,6\%$ ;  $\omega(\text{Pb}(\text{NO}_3)_2 \text{ в исходном растворе}) = 36,1\%$ ;  $\omega(\text{NaNO}_3) = 13,9\%$ ;  
 $\omega(\text{Pb}(\text{NO}_3)_2 \text{ в конечном растворе}) = 9,03\%$ .
- 143.**  $\omega(\text{NaNO}_3) = 8,5\%$ ;  $\omega(\text{HNO}_3) = 3,15\%$ ;  
 $\omega(\text{Hg}(\text{NO}_3)_2 \text{ в конечном растворе}) = 8,11\%$ .  
 $\omega(\text{Hg}(\text{NO}_3)_2 \text{ в исходном растворе}) = 32,45\%$ ;  
 $\omega(\text{Na}_2\text{HPO}_4 \text{ в исходном растворе}) = 35,9\%$ .
- 144.**  $m(\text{раствора Al}_2(\text{SO}_4)_3) = 11,2 \text{ г}$ ;  $\omega(\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3) = 30,54\%$ .  
 $m(\text{Ba}(\text{HCO}_3)_2) = 1002 \text{ г}$ ;  $\omega(\text{Ba}(\text{HCO}_3)_2) = 0,99\%$ .
- 145.**  $m(\text{KI}) = 33,2 \text{ г}$ ;  $m(\text{NH}_4\text{NO}_3) = 34,7 \text{ г}$ ;  $m(\text{NaNO}_3) = 28,8 \text{ г}$ ;  $m(\text{Li}_2\text{SO}_4) = 8,92 \text{ г}$ .
- 146.**  $m((\text{CF}_3\text{COO})_2\text{Ca}) = 6,65 \text{ г}$ ;  $m(\text{HCOOLi}) = 1,15 \text{ г}$ ;  $m(\text{SrBr}_2) = 2,82 \text{ г}$ ;  
 $m(\text{KI}) = 4,25 \text{ г}$ .
- 147.**  $m(\text{CH}_3\text{COONa}) = 11,9 \text{ г}$ ;  $m(\text{KF}) = 10,2 \text{ г}$ ;  $m(\text{LiNO}_3) = 33 \text{ г}$ .

- 148.**  $c([\text{C}_2\text{H}_5\text{NH}_3]\text{Cl}) = 1,7$  моль/л;  $c(\text{HCl}) = 0,508$  моль/л;  $c(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 0,814$  моль/л;  $c(\text{KI}) = 0,616$  моль/л.
- 149.**  $c([\text{C}_4\text{H}_9\text{NH}_3]\text{NO}_3) = 1,26$  моль/л;  $c(\text{HNO}_3) = 0,242$  моль/л;  $c(\text{RbClO}_3) = 1,12$  моль/л;  $c(\text{CsI}) = 0,732$  моль/л.
- 150.**  $c(\text{HNO}_3) = 0,128$  моль/л;  $c(\text{NaBr}) = 0,653$  моль/л;  $c(\text{KI}) = 0,383$  моль/л;  $c(\text{CsNO}_3) = 0,113$  моль/л.
- 151.**  $m(\text{раствора HBr}) = 200$  г;  $m(\text{RbI}) = 89,9$  г;  $m(\text{CsCl}) = 20,2$  г;  $m(\text{Ba(OH)}_2) = 20$  г.
- 152.**  $\omega(\text{NaNO}_3) = 5,61\%$ ;  $\omega(\text{BaCl}_2) = 0,41\%$ ;  $\omega(\text{KCl}) = 2,9\%$ .
- 153.**  $\omega(\text{AgNO}_3) = 29,8\%$ ;  $\omega(\text{CaBr}_2) = 54,5\%$ ;  $\omega(\text{CH}_3\text{COOCs}) = 15,7\%$ ;  
 $c(\text{CaBr}_2) = 0,182$  моль/л;  $c(\text{Ca(NO}_3)_2) = 0,0863$  моль/л;  
 $c(\text{CH}_3\text{COOCs}) = 0,0806$  моль/л.
- 154.**  $\omega(\text{NaCl}) = 5,85\%$ ;  $\omega(\text{AgNO}_3) = 31,4\%$ .  $c(\text{Na}^+) = 0,588$  моль/л;  
 $c(\text{Ag}^+) = 0,5$  моль/л;  $c(\text{NO}_3) = 1,088$  моль/л.
- 155.**  $\omega(\text{Pb(NO}_3)_2) = 32,1\%$ ;  $\omega(\text{NaI}) = 65,08\%$ .  $c(\text{Na}^+) = 1,08$  моль/л;  
 $c(\text{Pb}^{2+}) = 0,508$  моль/л;  $c(\text{NO}_3) = 2,095$  моль/л.
- 156.**  $\omega(\text{RbI}) = 35,35\%$ ;  $\omega(\text{AgNO}_3) = 54,26\%$ .  $c(\text{Rb}^+) = 1,757$  моль/л;  
 $c(\text{I}^-) = 0,639$  моль/л;  $c(\text{NO}_3) = 1,129$  моль/л.
- 157.**  $m(\text{раствора (HCOO)}_2\text{Ba}) = 227$  г;  $m(\text{раствора } [\text{C}_2\text{H}_5\text{NH}_3]_2\text{SO}_4) = 282$  г.  
 $c(\text{HCOO}^-) = 0,432$  моль/л;  $c([\text{C}_2\text{H}_5\text{NH}_3]^+) = 0,6485$  моль/л;  
 $c(\text{SO}_4^{2-}) = 0,108$  моль/л.
- 158.**  $c([\text{H}_3\text{NCH}_2\text{COOH}]^+) = 0,947$  моль/л;  $c(\text{NO}_3) = 0,21$  моль/л;  $c(\text{Br}^-) = 0,736$  моль/л.
- 159.**  $V_1(\text{раствора CuCl}_2) = 0,1$  л;  $V_1(\text{раствора K}_2\text{SO}_3) = 0,45$  л;  $\omega(\text{CuCl}_2) = 4,28\%$ ;  
 $\omega_2(\text{KCl}) = 4,72\%$ .
- 160.**  $c(\text{NaCl}) = 3,6$  моль/л;  $c(\text{SrCl}_2) = 2,72$  моль/л;  $c(\text{AgNO}_3) = 1,58$  моль/л;  
 $\omega(\text{NaNO}_3) = 2,82\%$ ;  $\omega(\text{Sr(NO}_3)_2) = 5,29\%$ ;  $\omega(\text{AgNO}_3) = 8,18\%$ .
- 161.**  $c(\text{K}_2\text{SO}_4) = 0,718$  моль/л;  $c(\text{Rb}_2\text{SO}_4) = 0,172$  моль/л;  $c(\text{Ba(NO}_3)_2) = 0,411$  моль/л.  
 $\omega(\text{KNO}_3) = 1,76\%$ ;  $\omega(\text{RbNO}_3) = 0,615\%$ ;  $\omega(\text{Ba(NO}_3)_2) = 6,07\%$ .
- 162.**  $\omega(\text{NaHS}) = 6,97\%$ ;  $\omega(\text{NaCl}) = 7,28\%$ ;  $\omega(\text{Na}_2\text{S}) = 4,85\%$ .
- 163.**  $\omega(\text{K}_2\text{CO}_3) = 2,74\%$ ;  $\omega(\text{KOH}) = 1,11\%$ .
- 164.**  $\omega(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 0,711\%$ ;  $\omega(\text{NaOH}) = 0,805\%$ .
- 165.**  $\omega(\text{NaCl}) = 8,13\%$ ;  $\omega(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 7,36\%$ .
- 166.**  $\omega((\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Pb}) = 20,65\%$ ;  $\omega(\text{CH}_3\text{COOLi}) = 3,35\%$ .
- 167.** 1-й сосуд:  $\omega(\text{NaHCO}_3) = 1,94\%$ ;  $\omega(\text{NaCl}) = 7,26\%$ .  
2-й сосуд:  $\omega(\text{RbCl}) = 10,15\%$ ;  $\omega(\text{HCl}) = 1,4\%$ .  
3-й сосуд:  $\omega(\text{KCl}) = 9,25\%$ .
- 168.** 1-й раствор:  $\omega(\text{CsCl}) = 4\%$ ;  $\omega(\text{HCl}) = 0,282\%$ .  
2-й раствор:  $\omega(\text{NaCl}) = 1,85\%$ ;  $\omega(\text{NaHCO}_3) = 1,97\%$ .  
3-й раствор:  $\omega(\text{RbCl}) = 3,83\%$ .
- 169.** 1-й раствор:  $\omega(\text{BeCl}_2) = 5,8\%$ .  
2-й раствор:  $\omega(\text{MgCl}_2) = 6,81\%$ .  
3-й раствор:  $\omega(\text{HCl}) = 3,31\%$ ;  $\omega(\text{ZnCl}_2) = 3,61\%$ .

- 170.** 1-й раствор:  $\omega(\text{LiCl}) = 2,29\%$ ;  $\omega(\text{LiHCO}_3) = 8,62\%$ .  
2-й раствор:  $\omega(\text{NaCl}) = 3,15\%$ .  
3-й раствор:  $\omega(\text{RbCl}) = 3,7\%$ ;  $\omega(\text{HCl}) = 8,32\%$ .
- 171.** 1-й раствор:  $\omega(\text{HCOOK}) = 19,4\%$ ;  $\omega(\text{HCOOH}) = 3,25\%$ .  
2-й раствор:  $\omega(\text{CH}_3\text{COOK}) = 22,7\%$ .  
3-й раствор:  $\omega(\text{C}_3\text{H}_7\text{COOK}) = 19,3\%$ ;  $\omega(\text{KHCO}_3) = 7,12\%$ .
- 172.** 1-й раствор:  $\omega(\text{LiCl}) = 0,166\%$ ;  $\omega(\text{LiNO}_3) = 5,94\%$ .  
2-й раствор:  $\omega(\text{Mg}(\text{NO}_3)_2) = 5,43\%$ ;  $\omega(\text{AgNO}_3) = 0,952\%$ .  
3-й раствор:  $\omega(\text{Al}(\text{NO}_3)_3) = 6,17\%$ .
- 173.** 1-й раствор:  $\omega(\text{LiCl}) = 1,96\%$ ;  $\omega(\text{Li}_2\text{SO}_4) = 0,0886\%$ .  
2-й раствор:  $\omega(\text{AlCl}_3) = 2,04\%$ .  
3-й раствор:  $\omega(\text{MgCl}_2) = 2,08\%$ ;  $\omega(\text{BaCl}_2) = 0,238\%$ .
- 174.**  $s(\text{CuSO}_4) = 20,2$  г в 100 г воды.  $c(\text{Cu}^{2+}) = 1,26$  моль/л.
- 175.**  $m(\text{осадка}) = 67,6$  г.  $\omega(\text{NaH}_2\text{PO}_4) = 6,61\%$ .
- 176.**  $m(\text{осадка}) = 75,08$  г.  $\omega(\text{NaH}_2\text{PO}_4) = 5,98\%$ .
- 177.**  $m(\text{осадка}) = 83,27$  г.  $\omega(\text{NaHCO}_3) = 7,34\%$ ;  $\omega(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 14,36\%$ .
- 178.**  $V(\text{CO}_2) = 25,82$  л.
- 179.**  $m(\text{осадка}) = 24,8$  г.  $\omega(\text{NaHCO}_3) = 7,51\%$ ;  $\omega(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 9,04\%$ .
- 180.**  $m(\text{осадка}) = 86,97$  г.  $\omega(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 16,72\%$ ;  $\omega(\text{NaHCO}_3) = 7,23\%$ .
- 181.**  $m(\text{осадка}) = 72,41$  г.  $\omega(\text{NaHCO}_3) = 6,99\%$ ;  $\omega(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 15,4\%$ .
- 182.**  $\omega(\text{NaHCO}_3) = 6,39\%$ ;  $\omega(\text{NaCl}) = 15,5\%$ .
- 183.**  $m(\text{осадка}) = 107,26$  г.  $\omega(\text{NaHCO}_3) = 8,66\%$ ;  $\omega(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 3,89\%$ .
- 184.**  $m(\text{осадка}) = 79,92$  г.  $\omega(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2) = 19,3\%$ ;  $\omega(\text{HNO}_3) = 42,74\%$ .
- 185.**  $m(\text{Zn}) = 20,2$  г.
- 186.**  $m(\text{KCl}) = 5,56$  г;  $m(\text{KClO}_3) = 2,9$  г.  $c(\text{KCl}) = 3,52$  моль/л;  
 $c(\text{KClO}_3) = 0,459$  моль/л;  $c(\text{KOH}) = 1,69$  моль/л.
- 187.**  $m(\text{осадка}) = 12,53$  г.  $\omega(\text{NaHCO}_3) = 6,78\%$ ;  $\omega(\text{NH}_4\text{Cl}) = 7,52\%$ ;  
 $\omega(\text{NaCl}) = 17,15\%$ .
- 188.**  $c(\text{NH}_4^+) = 3,705$  моль/л;  $c(\text{Na}^+) = 2,1178$  моль/л;  $c(\text{HCO}_3^-) = 0,943$  моль/л;  
 $c(\text{Cl}^-) = 4,93$  моль/л.
- 189.**  $m(\text{осадка}) = 62,39$  г.  $c(\text{NH}_4^+) = 4,5$  моль/л;  $c(\text{Na}^+) = 0,964$  моль/л;  
 $c(\text{HCO}_3^-) = 1,33$  моль/л;  $c(\text{Cl}^-) = 4,14$  моль/л.
- 190.**  $m(\text{осадка}) = 23,94$  г.
- 191.**  $c(\text{Ba}^{2+}) = 0,4257$  моль/л.
- 192.**  $m(\text{осадка}) = 11,16$  г.
- 193.**  $c(\text{Li}^+) = 3,642$  моль/л;  $c(\text{NO}_3^-) = 5,337$  моль/л;  $c(\text{Cu}^{2+}) = 1,524$  моль/л;  
 $c(\text{SO}_4^{2-}) = 0,677$  моль/л.
- 194.**  $m(\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2) = 2,29$  г;  $\omega(\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2) = 1,724\%$ ;  $m(\text{NH}_4\text{Cl}) = 45,9$  г;  $\omega(\text{NH}_4\text{Cl}) = 34,5\%$ ;  
 $m(\text{NH}_3) = 9,35$  г;  $\omega(\text{NH}_3) = 7,02\%$ .
- 195.**  $m(\text{выделившегося из раствора } \text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2) = 7,34$  г;  
 $m(\text{выпавшего из раствора } \text{NH}_4\text{Cl}) = 25$  г;  $m(\text{Fe}(\text{OH})_2) = 36$  г

196.  $\omega(\text{CH}_3\text{COONa}) = 8,15\%$ ;  $\omega(\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}) = 6,18\%$ ;  $\omega(\text{NaHCO}_3) = 7,42\%$ .
197.  $\omega(\text{CH}_3\text{COONa}) = 8,15\%$ ;  $\omega(\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}) = 6,18\%$ ;  $\omega(\text{NaHCO}_3) = 7,43\%$ .  
 $m(\text{CH}_3\text{COOC}_6\text{H}_5) = 20,4 \text{ г}$ .
198.  $\omega(\text{Na}_2\text{CO}_3 \text{ в исходном растворе}) = 10,8\%$ .  
 $\omega(\text{NaOH в исходном растворе}) = 2,73\%$ .
199.  $\omega(\text{K}_2\text{CO}_3 \text{ в исходном растворе}) = 11,5\%$ .  
 $\omega(\text{KOH в исходном растворе}) = 6,63\%$ .
200.  $V(\text{газа}) = 26,88 \text{ л}$ . В первом сосуде  $\omega(\text{KBr}) = 13,3\%$ ;  $\omega(\text{KHCO}_3) = 5,59\%$ .  
Во втором сосуде  $\omega(\text{KHCO}_3) = 5,98\%$ ;  $\omega(\text{K}_2\text{CO}_3) = 8,25\%$ .
201.  $V(\text{газа}) = 82,3 \text{ л}$ . В первом сосуде  $\omega(\text{KCl}) = 22,3\%$ ;  $\omega(\text{KHS}) = 5,17\%$ .  
Во втором сосуде  $\omega(\text{H}_2\text{SO}_4) = 11,2\%$ ;  $\omega(\text{CuSO}_4) = 6,54\%$ .
202.  $V(\text{газа}) = 38,08 \text{ л}$ . В первом сосуде  $\omega(\text{KCl}) = 8,73\%$ ;  $\omega(\text{KHS}) = 4,22\%$ .  
Во втором сосуде  $\omega(\text{KHS}) = 4,32\%$ ;  $\omega(\text{K}_2\text{S}) = 6,6\%$ .
203.  $V(\text{газа}) = 61,44 \text{ л}$ . В первом сосуде  $\omega(\text{NaCl}) = 9,32\%$ ;  $\omega(\text{NaHS}) = 2,14\%$ .  
Во втором сосуде  $\omega(\text{H}_2\text{SO}_4) = 6,53\%$ ;  $\omega(\text{CuSO}_4) = 3,82\%$ .
204.  $V(\text{газа}) = 134,6 \text{ л}$ . В первом сосуде  $\omega(\text{H}_2\text{SO}_4) = 62,5\%$ .  
Во втором сосуде  $\omega(\text{H}_2\text{SO}_4) = 8,61\%$ ;  $\omega(\text{CuSO}_4) = 3,51\%$ .
205.  $V(\text{газа}) = 159,7 \text{ л}$ . В первом сосуде  $\omega(\text{H}_2\text{SO}_4) = 62,5\%$ .  
Во втором сосуде  $\omega(\text{H}_2\text{SO}_4) = 8,61\%$ ;  $\omega(\text{CuSO}_4) = 3,51\%$ .
206.  $m(\text{NH}_4\text{NO}_3) = 12 \text{ г}$ ;  $m(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2) = 18,8 \text{ г}$ .
207.  $V(\text{CO}_2) = 3,36 \text{ л}$ .
208.  $\omega(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2) = 36,29\%$ ;  $\omega(\text{KNO}_3) = 39\%$ ;  $\omega(\text{Cu}) = 24,7\%$ .
209.  $V(\text{раствора Cu}(\text{NO}_3)_2) = V(\text{раствора NaNO}_3) = 100 \text{ мл}$ .  $\omega(\text{CuO}) = 53,7\%$ ;  
 $\omega(\text{NaNO}_2) = 46,3\%$ .
210.  $\omega(\text{AgNO}_3) = 1,72\%$ ;  $\omega(\text{Ca}(\text{NO}_2)_2) = 5,81\%$ ;  $\omega(\text{Pb}(\text{NO}_3)_2) = 5,26\%$ ;  
 $\omega(\text{HNO}_3) = 1,1\%$ .
211.  $V(\text{O}_2) = 6,16 \text{ л}$ ;  $V(\text{NO}_2) = 11,2 \text{ л}$ ;  $\omega(\text{KNO}_2) = 44,35\%$ ;  $\omega(\text{CuO}) = 55,65\%$ .
212.  $\omega(\text{O}) = 30,39\%$ .
213.  $\omega(\text{NaAlO}_2) = 75,58\%$ ;  $\omega(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 24,42\%$ .
214.  $\omega(\text{NaNO}_3) = 3,65\%$ ;  $\omega(\text{Pb}(\text{NO}_3)_2) = 4,74\%$ ;  $m(\text{осадка}) = 12,165 \text{ г}$ .
215.  $\omega(\text{KNO}_3) = 9,36\%$ ;  $\omega(\text{Mn}(\text{NO}_3)_2) = 5,53\%$ ;  $m(\text{осадка}) = 26,625 \text{ г}$ .
216.  $\omega(\text{NaNO}_3) = 6,39\%$ ;  $\omega(\text{Cr}(\text{NO}_3)_3) = 11,92\%$ ;  $m(\text{осадка}) = 3,32 \text{ г}$ .
217.  $\omega(\text{NH}_4\text{NO}_3) = 5,01\%$ ;  $\omega(\text{AgNO}_3) = 13,52\%$ ;  $m(\text{осадка}) = 20,95 \text{ г}$ .
218.  $\omega(\text{Na}_2\text{SiO}_3) = 43,42\%$ ;  $\omega(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 56,58\%$ .
219.  $m(\text{осадка}) = 2,64 \text{ г}$ .  $\omega(\text{KNO}_3) = 1,78\%$ ,  $\omega(\text{Hg}(\text{NO}_3)_2) = 2,86\%$ .
220.  $\omega(\text{O}) = 35,61\%$ .  $\rho(\text{газовой смеси}) = 1,735 \text{ г/л}$ .
221.  $\omega(\text{NaNO}_3) = 5,26\%$ ,  $\omega(\text{Fe}(\text{NO}_3)_3) = 4,99\%$ .  $D_{\text{возд}} = 1,379$ .
222.  $\omega(\text{BaSO}_4) = 55,49\%$ ;  $\omega(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 12,62\%$ ;  $\omega(\text{BaO}) = 31,88\%$ .
223.  $\omega(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 84,13\%$ ;  $\omega(\text{NaOH}) = 15,87\%$ .
224.  $\omega(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 46,9\%$ ;  $\omega(\text{NaOH}) = 53,1\%$ .

- 225.**  $\omega(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 91,38\%$ ;  $\omega(\text{NaOH}) = 8,62\%$ .
- 226.**  $m(\text{Na}_2\text{ZnO}_2) = 14,3 \text{ г}$ ;  $m(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 37,1 \text{ г}$ ;  $m(\text{NaOH}) = 12 \text{ г}$ .
- 227.**  $\omega(\text{Na}_2\text{ZnO}_2) = 22,1\%$ ;  $\omega(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 65,5\%$ ;  $\omega(\text{NaOH}) = 12,4\%$ .
- 228.**  $m(\text{K}_2\text{BeO}_2) = 11,9 \text{ г}$ ;  $m(\text{K}_2\text{CO}_3) = 69 \text{ г}$ ;  $m(\text{KOH}) = 16,8 \text{ г}$ .
- 229.**  $\omega(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 3,77\%$ ;  $\omega(\text{NaNO}_3) = 3,01\%$ ;  $\omega(\text{Al}(\text{NO}_3)_3) = 3,77\%$ ;  
 $\omega(\text{HNO}_3) = 2,23\%$ .  $m(\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}) = 6,66 \text{ г}$ .
- 230.**  $\omega(\text{K}_2\text{SO}_4) = 5,7\%$ ;  $\omega(\text{KNO}_3) = 8,08\%$ ;  $\omega(\text{Cr}(\text{NO}_3)_3) = 5,19\%$ ;  $\omega(\text{HNO}_3) = 1,15\%$ .  
 $m(\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}) = 42,96 \text{ г}$ .
- 231.**  $\omega(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 2,58\%$ ;  $\omega(\text{NaNO}_3) = 7,22\%$ ;  $\omega(\text{Zn}(\text{NO}_3)_2) = 3,44\%$ ;  
 $\omega(\text{HNO}_3) = 1,53\%$ .  $m(\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}) = 4,3 \text{ г}$ .
- 232.**  $\omega(\text{KNO}_3) = 10,87\%$ ;  $\omega(\text{Cr}(\text{NO}_3)_3) = 3,42\%$ ;  $\omega(\text{HNO}_3) = 2,26\%$ .  
 $m(\text{Cr}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}) = 16 \text{ г}$ .
- 233.**  $\omega(\text{K}_2\text{SO}_4) = 5,85\%$ ;  $\omega(\text{KNO}_3) = 7,64\%$ ;  $\omega(\text{Al}(\text{NO}_3)_3) = 3,58\%$ ;  $\omega(\text{HNO}_3) = 2,65\%$ .  
 $m(\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}) = 18,96 \text{ г}$ .
- 234.**  $\omega(\text{K}_2\text{SO}_4) = 2,61\%$ ;  $\omega(\text{KNO}_3) = 8,34\%$ ;  $\omega(\text{Cr}(\text{NO}_3)_3) = 1,79\%$ ;  $\omega(\text{HNO}_3) = 2,84\%$ .  
 $m(\text{KCr}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}) = 12,475 \text{ г}$ .
- 235.**  $m(\text{Fe}(\text{NO}_3)_3) = 33,6 \text{ г}$ ;  $m(\text{H}_2\text{O}) = 27 \text{ г}$ ;  $m(\text{NO}) = 2,5 \text{ г}$ ;  $m(\text{Fe}_2\text{O}_3) = 8,88 \text{ г}$ .
- 236.**  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot \text{V}(\text{O}_2) = 4,48 \text{ л}$ .
- 237.**  $\text{ZnS}$ .
- 238.**  $\text{Al}$ .
- 239.**  $\text{Sc}$ .
- 240.**  $\text{Mg}$  или  $\text{Ti}$ .
- 241.** Металл — индий.  $\omega(\text{HNO}_3) = 5\%$ .
- 242.** Металл — лютетий.  $\omega(\text{HNO}_3) = 5\%$ .
- 243.** Металл — цинк.  $\omega(\text{NaHCO}_3) = 8,92\%$ ;  $\omega(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 11,25\%$ ;  
 $\omega(\text{NaNO}_3) = 7,2\%$ ;  $\omega(\text{NaNO}_2) = 9,02\%$ .
- 244.**  $\text{Co}_3\text{O}_4$ .
- 245.** Кристаллогидрат —  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ .  $m(\text{Fe}(\text{NO}_3)_3) = 33,6 \text{ г}$ ;  $m(\text{H}_2\text{O}) = 27 \text{ г}$ ;  
 $m(\text{NO}) = 2,5 \text{ г}$ ;  $m(\text{Fe}_2\text{O}_3) = 8,88 \text{ г}$ .
- 246.**  $\text{HIO}_3$ .
- 247.**  $(\text{CuOH})_2\text{CO}_3$ .
- 248.**  $(\text{CuOH})_2\text{CO}_3$ .
- 249.**  $(\text{CuOH})_2\text{CO}_3$ .
- 250.**  $(\text{MgOH})_2\text{CO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ .
- 251.**  $(\text{MgOH})_2\text{CO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ .
- 252.**  $\text{Mg}(\text{ClO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ .
- 253.**  $\text{Mg}(\text{ClO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ .
- 254.**  $\text{Mg}(\text{ClO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ .
- 255.**  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ .

- 256.**  $K_2B_4O_7 \cdot 5H_2O$ .
- 257.**  $Na_2Cr_2O_7 \cdot 2H_2O$ .
- 258.**  $Na_2Cr_2O_7 \cdot 2H_2O$ .
- 259.**  $Na_3RhCl_6 \cdot 12H_2O$ .
- 260.**  $Na_3RhCl_6 \cdot 12H_2O$ .
- 261.**  $Na_2SiO_3 \cdot 9H_2O$ .
- 262.**  $Ca_3(AsO_4)_2 \cdot 3H_2O$ .
- 263.**  $Na_2SnO_3 \cdot 3H_2O$ .
- 264.**  $Na_2MoO_4 \cdot 10H_2O$ .
- 265.**  $Na_2MoO_4 \cdot 10H_2O$ .
- 266.**  $KAuO_2 \cdot 3H_2O$ .
- 267.**  $KAuO_2 \cdot 3H_2O$ .
- 268.**  $Na_2CrO_4 \cdot 10H_2O$ .
- 269.**  $Ba(AuO_2)_2 \cdot 5H_2O$ .
- 270.**  $NaAuCl_4 \cdot 2H_2O$ .
- 271.**  $NaAuCl_4 \cdot 2H_2O$ .
- 272.**  $(NH_4)_2Fe(SO_4)_2 \cdot 10H_2O$ .
- 273.**  $(NH_4)_2Co(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$ .
- 274.**  $C_3H_7O_2N$  — аланин или нитропропан.
- 275.**  $C_7H_5O_6N_3$  — тринитротолуол.
- 276.**  $C_7H_5O_6N_3$  — тринитротолуол.
- 277.**  $HSCH_2CH(NH_2)COOH$  — цистеин.
- 278.**  $HSCH_2CH(NH_2)COOH$  — цистеин.
- 279.**  $C_3H_{10}O_2NCl$  — метиламмонийная соль хлорпропионовой кислоты.
- 280.**  $C_3H_{10}O_4N_2 (NH_4OOCCH_2COONH_4)$ .
- 281.**  $C_2H_5O_2N$  — глицин.
- 282.**  $C_5H_{11}O_2N$  — валин.
- 283.**  $C_3H_7O_2N$  — аланин.
- 284.**  $C_3H_7O_3N$  — серин.
- 285.**  $C_3H_8O_3NCl$  — гидрохлорид серина.
- 286.**  $C_3H_7O_3N$  — серин.  $C_3H_8O_3NCl$  — гидрохлорид серина.
- 287.**  $C_3H_8O_3NCl$  — гидрохлорид серина.
- 288.**  $[NH_3CH_2CH_2CH_2CH_2CH(NH_3)COOH]F_2$  — дигидрофторид лизина.
- 289.**  $C_9H_{12}O_2NCl$  — гидрохлорид фенилаланина.
- 290.**  $C_5H_{12}O_2NCl$  — гидрохлорид валина.
- 291.**  $C_5H_{10}O_4N_2$  — глицилсерин или серилглицин.
- 292.**  $C_5H_5ON_5$  — гуанин.

- 293.**  $C_5H_6O_2N_2$  — тимин.
- 294.**  $C_5H_6O_2N_2$  — тимин.
- 295.**  $C_4H_5ON_3$  — цитозин.
- 296.**  $C_5H_6O_2N_2$  — тимин.
- 297.**  $C_5H_6O_2N_2$  — тимин.
- 298.**  $C_5H_5ON_5$ , — гуанин.
- 299.**  $C_5H_{10}$  — пентен-1,  $C_5H_{12}O$  пентанол-2.
- 300.**  $C_6H_{10}$  — гексадиен-1,5.
- 301.**  $C_7H_{12}$  — 2,3-диметилпентадиен-1,3.
- 302.**  $C_4H_{10}O$  — бутанол-2, ди(втор-бутиловый) эфир,  
 $C_4H_8$  — бутен-1 и цис-, транс-бутены-2.
- 303.** Этанол и бутанол.
- 304.** Этанол и пропанол.
- 305.**  $m(CH_3OH) = 9,6$  г;  $m(C_3H_7OH) = 12$  г.
- 306.**  $\omega(C_3H_6(OH)_2) = 76\%$ . Пропандиол-1,2 или пропандиол-1,3.
- 307.** Бутандиол-1,2; бутандиол-1,3; бутандиол-1,4;  
2-метилпропандиол-1,2 и 2-метилпропандиол-1,2.
- 308.** Бутандиол-1,2; бутандиол-1,3; бутандиол-1,4;  
2-метилпропандиол-1,2 и 2-метилпропандиол-1,2.
- 309.**  $\omega(CH_3OH) = 34,8\%$ ;  $\omega(C_3H_7OH) = 65,2\%$ .
- 310.**  $\omega(CH_3OH) = 61,5\%$ ;  $\omega(C_3H_7OH) = 38,5\%$ .
- 311.**  $\omega(CH_3OH) = 48,39\%$ ;  $\omega(C_3H_7OH) = 51,61\%$ .
- 312.**  $\omega(CH_3OH) = 44,44\%$ ;  $\omega(C_3H_7OH) = 55,56\%$ .
- 313.**  $n(CH_3OH) = 0,2$  моль;  $n(C_4H_9OH) = 0,1$  моль.
- 314.**  $HOOC(CH_2)_4COOH$ .
- 315.**  $n(HCOOC_3H_7) = 0,624$  моль;  $n(CH_3COOC_2H_5) = 0,1876$  моль.
- 316.**  $HCOOCH_2CH_2CH_3$ ;  $HCOOCH(CH_3)_2$ ;  $CH_3COOC_2H_5$  и  $C_2H_5COOCH_3$ .
- 317.**  $n(HCOOC_4H_9) = 0,05$  моль;  $n(CH_3COOC_3H_7) = 0,2$  моль;  
 $n(CH_3CH_2COOC_2H_5) = 0,1$  моль.
- 318.**  $n(HCOOCH_2CH_2CH_3) + n(HCOOCH(CH_3)_2) = 0,25$  моль;  
 $n(CH_3CH_2COOCH_3) = 0,3$  моль.
- 319.**  $n(HCOOCH_2CH_2CH_3) = 0,1$  моль;  $n(HCOOCH(CH_3)_2) = 0,1$  моль;  
 $n(CH_3COOC_2H_5) = 0,2$  моль.
- 320.**  $n(HCOOCH_2CH_2CH_3) = 0,1$  моль;  $n(HCOOCH(CH_3)_2) = 0,1$  моль;  
 $n(CH_3CH_2COOCH_3) = 0,1$  моль.
- 321.** Жир содержит два остатка линолевой кислоты и один остаток олеиновой кислоты, расположенный либо на краю, либо в центре.
- 322.**  $m(\text{жира}) = 219$  г.  $n(\text{линоленовой кислоты}) : n(\text{олеиновой кислоты}) = 2 : 1$ .
- 323.**  $C_5H_{10}O_4$  — дезоксирибоза.

- 324.**  $C_5H_{10}O_5$  — дезоксирибоза.
- 325.** Дезоксицитидиндифосфат.
- 326.** Аденозинтрифосфат.
- 327.** Дезоксигуанозиндифосфат.
- 328.** Тимидиндифосфат.
- 329.** Дезоксицитидиндифосфат.
- 330.** Цитидинтрифосфат.
- 331.** Гуанозинмонофосфат.
- 332.** Нуклеотид — дезокситимидиндифосфат.
- 333.** Дезоксиаденозинмонофосфат.
- 334.** 5 остатков глюкозы.
- 335.** 6 остатков глюкозы.
- 336.** 30 аминокислотных остатков.
- 337.** 10 аминокислотных остатков (6 остатков лизина и 4 остатка серина).
- 338.** 25 аминокислотных остатков.
- 339.** 14 аминокислотных остатков (6 остатков фенилаланина и 8 остатков глутаминовой кислоты).
- 340.** 2 остатка глицина, 3 остатка серина и 2 остатка глутаминовой кислоты.
- 341.** 3 остатка глицина и по два остатка фенилаланина и глутаминовой кислоты.
- 342.**  $N(\text{тимина}) : N(\text{цитозина}) = 1,5 : 1$ .
- 343.**  $N(\text{аденина}) : N(\text{гуанина}) = 0,7 : 1$ .
- 344.**  $N(\text{цитозина}) : N(\text{аденина}) = 1,22 : 1$ .
- 345.**  $N(\text{тимина}) : N(\text{гуанина}) = 1 : 1,88$ .
- 346.**  $Q(\text{сгорания сахарозы}) = 5670$  кДж/моль.
- 347.**  $m(\text{ди(втор-пентилового) эфира}) = 7,9$  г.
- 348.**  $\varphi(N_2) = 80,81\%$ ;  $\varphi(O_2) = 14,61\%$ ;  $\varphi(O_3) = 4,58\%$ .
- 349.**  $\varphi(N_2) = 81,87\%$ ;  $\varphi(O_2) = 10,88\%$ ;  $\varphi(O_3) = 7,25\%$ .  
 $Q(\text{образования озона}) = (-145$  кДж/моль).
- 350.**  $\varphi(N_2) = 55,56\%$ ;  $\varphi(O_2) = 36,11\%$ ;  $\varphi(O_3) = 8,33\%$ .  
 $Q(\text{образования озона}) = (-145$  кДж/моль).
- 351.**  $V(\text{исходной смеси}) = 5,6$  л;  $\varphi(N_2) = 55,56\%$ ;  $\varphi(O_2) = 36,11\%$ ;  $\varphi(O_3) = 8,33\%$ .
- 352.**  $V(\text{исходной смеси}) = 5,6$  л;  $\varphi(N_2) = 55,56\%$ ;  $\varphi(O_2) = 36,11\%$ ;  $\varphi(O_3) = 8,33\%$ .
- 353.**  $V(\text{исходной смеси}) = 8,06$  л;  $\varphi(\text{Ar}) = 47,1\%$ ;  $\varphi(O_2) = 41,2\%$ ;  $\varphi(O_3) = 11,8\%$ .
- 354.**  $\omega(\text{P}) = 59,62\%$ ;  $\omega(\text{Si}) = 40,38\%$ .  
 $c((\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4) = c(\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4) = 0,939$  моль/л.
- 355.**  $\omega(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 10,17\%$ ;  $\omega(\text{NaHCO}_3) = 4,03\%$ .
- 356.**  $\omega(\text{KHCO}_3) = 18,17\%$ ;  $\omega(\text{K}_2\text{CO}_3) = 8,36\%$ .

- 357.**  $V(\text{O}_2) = 0,56$  л.  $\omega(\text{Na}_3\text{PO}_4) = 6,86\%$ ;  $\omega(\text{Na}_2\text{SO}_3) = 7,03\%$ .
- 358.**  $\omega(\text{NaHCO}_3) = 8,84\%$ ;  $\omega(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 4,46\%$ .
- 359.**  $\omega(\text{H}_2\text{S}) = 58,62\%$ ;  $\omega(\text{O}_2) = 41,38\%$ .  $c((\text{NH}_4)_2\text{SO}_3) = c(\text{NH}_4\text{HSO}_3) = 3,47$  моль/л.
- 360.**  $V(\text{H}_2\text{S}) = 6,72$  л;  $V(\text{O}_2) = 7,84$  л.
- 361.**  $V(\text{H}_2\text{S}) = 11,2$  л;  $V(\text{O}_2) = 10,08$  л.
- 362.**  $Q(\text{сгорания сероводорода до оксида серы(IV)}) = 560$  кДж/моль.
- 363.**  $Q(\text{сгорания сероводорода до оксида серы(IV)}) = 560$  кДж/моль.
- 364.**  $\omega(\text{CH}_3\text{OH}) = 35\%$ ;  $\omega(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = 33,6\%$ ;  $\omega(\text{C}_6\text{H}_{14}) = 31,4\%$ .
- 365.**  $V(\text{CO}_2) = 29,12$  л.
- 366.**  $\omega(\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2) = 20,31\%$ ;  $\omega(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = 60,26\%$ ;  
 $\omega(\text{CH}_3\text{CH}(\text{NH}_2)\text{COOH}) = 19,43\%$ .
- 367.**  $m(\text{раствора}) = 45,8$  г.
- 368.**  $V(\text{O}_2) = 11,2$  л;  $V(\text{H}_2\text{S}) = 10,5$  л;  $V(\text{H}_2) = 0,7$  л.
- 369.**  $V(\text{сосуда}) = 22,4$  л;  $m(\text{H}_2\text{O}) = 54$  г;  $m(\text{S}) = 16$  г;  $m(\text{SO}_2) = 64$  г.
- 370.**  $k = 0,00133$  л/(моль · мин).
- 371.**  $\nu = 0,025$  моль/(л · мин).
- 372.**  $\nu = 0,167$  моль/(л · мин).
- 373.**  $t = 6$  мин.
- 374.**  $m(\text{CH}_3\text{COOH}) = 35,46$  г;  $m(\text{CH}_3\text{OH}) = 18,9$  г;  $m(\text{CH}_3\text{COOCH}_3) = 96,9$  г.
- 375.**  $m(\text{CH}_3\text{COOCH}_3$  в исходном растворе) = 148 г;  
 $m(\text{CH}_3\text{COOCH}_3$  в конечном растворе) = 96,9 г.
- 376.**  $\eta(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = 30\%$ .  $c(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = 0,48$  моль/л.
- 377.**  $t = 34,1$  ч.
- 378.**  $t = 67,2$  ч.
- 379.**  $\eta(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = 75\%$ .  $m(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = 1656$  г.
- 380.**  $\eta(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = 20\%$ .  $m(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = 368$  г.
- 381.**  $t = 0,404$  ч.
- 382.**  $t = 4,68$  ч.
- 383.**  $\eta(\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2) = 35,6\%$ .
- 384.**  $t = 53,2$  ч.
- 385.**  $n(\text{жирных кислот}) = 0,5961$  моль.
- 386.**  $m(\text{C}_{17}\text{H}_{31}\text{COOH}) = 411,6$  г.
- 387.**  $n(\text{жирных кислот}) = 0,533$  моль.
- 388.**  $m(\text{C}_{17}\text{H}_{29}\text{COOH}) = 255,7$  г.
- 389.**  $n(\text{жирных кислот}) = 0,241$  моль.
- 390.**  $c(\text{O}_2) = 0,0833$  моль/л;  $c(\text{SO}_2) = 0,167$  моль/л;  $c(\text{SO}_3) = 0,148$  моль/л;  
 $c(\text{N}_2) = 0,0446$  моль/л.
- 391.**  $c(\text{O}_2) = 0,0223$  моль/л;  $c(\text{SO}_2) = c(\text{SO}_3) = 0,00893$  моль/л.

- 392.**  $m(S) = 1,6 \text{ г}$ .  $c(\text{SO}_2) = c(\text{SO}_3) = 0,00893 \text{ моль/л}$ ;  $c(\text{O}_2) = 0,0223 \text{ моль/л}$ .
- 393.**  $m(\text{SO}_3) = 160 \text{ г}$ .  $c(\text{O}_2) = 0,0893 \text{ моль/л}$ ;  $c(\text{SO}_2) = c(\text{SO}_3) = 0,179 \text{ моль/л}$ ;  
 $c(\text{N}_2) = 0,0446 \text{ моль/л}$ .
- 394.**  $V(\text{O}_2) = 8,4 \text{ л}$ .
- 395.**  $m(S) = 43,2 \text{ г}$ .  $V(\text{O}_2) = 53,76 \text{ л}$ .
- 396.**  $V(\text{O}_2) = 24,64 \text{ л}$ .  $m(\text{CuFeS}_2) = 36,8 \text{ г}$ .
- 397.**  $V(\text{O}_2) = 33,6 \text{ л}$ .
- 398.**  $V(\text{O}_2) = 16,8 \text{ л}$ .  $m(\text{ZnS}) = 29,1 \text{ г}$ .
- 399.**  $\omega(\text{SO}_3) = 73,21\%$ .
- 400.**  $c(\text{O}_2) = 0,00797 \text{ моль/л}$ ;  $c(\text{SO}_2) = 0,0319 \text{ моль/л}$ .  $\omega(\text{H}_2\text{SO}_4) = 94,23\%$ .
- 401.**  $m(\text{FeS}_2) = 18 \text{ г}$ .  $V(\text{исходной газовой смеси}) = 53,2 \text{ л}$ .
- 402.**  $c(\text{SO}_2) = 0,0117 \text{ моль/л}$ ;  $c(\text{SO}_3) = 0,0151 \text{ моль/л}$ ;  $c(\text{O}_2) = 0,0103 \text{ моль/л}$ .
- 403.** Равновесная смесь:  $\varphi(\text{H}_2) = \varphi(\text{N}_2) = 36,36\%$ ;  $\varphi(\text{NH}_3) = 27,27\%$ ;  
исходная смесь:  $\varphi(\text{H}_2) = 11,11\%$ ;  $\varphi(\text{N}_2) = 33,33\%$ ;  $\varphi(\text{NH}_3) = 55,56\%$ .
- 404.**  $\omega(\text{Zn}) = 23,3\%$ ;  $\omega(\text{NH}_4\text{Cl}) = 76,7\%$ .
- 405.**  $\omega(\text{Al}) = 21,4\%$ ;  $\omega((\text{NH}_4)_2\text{SO}_4) = 78,6\%$ .  $\varphi(\text{H}_2) = 75\%$ ;  $\varphi(\text{NH}_3) = 12,5\%$ ;  
 $\varphi(\text{N}_2) = 12,5\%$ .
- 406.**  $\varphi(\text{NH}_3) = 48,48\%$ ;  $\varphi(\text{N}_2) = 21,21\%$ ;  $\varphi(\text{H}_2) = 30,30\%$ .
- 407.**  $c(\text{NH}_3) = 0,0768 \text{ моль/л}$ ;  $c(\text{N}_2) = 0,0507 \text{ моль/л}$ ;  $c(\text{H}_2) = 0,0921 \text{ моль/л}$ .
- 408.**  $\omega(\text{HNO}_3) = 11,45\%$ .  $\varphi(\text{O}_2) = 33,33\%$ ;  $\varphi(\text{N}_2) = 66,67\%$ .
- 409.**  $\varphi(\text{N}_2) = 44,7\%$ ;  $\varphi(\text{O}_2) = 55,3\%$ .  $\omega(\text{HNO}_3) = 54,1\%$ .
- 410.**  $m(\text{NO}) = 6 \text{ г}$ ;  $m(\text{NO}_2) = 2,3 \text{ г}$ ;  $m(\text{O}_2) = 7,2 \text{ г}$ .
- 411.**  $m(\text{NO}) = 3 \text{ г}$ ;  $m(\text{NO}_2) = 23 \text{ г}$ ;  $m(\text{O}_2) = 6,4 \text{ г}$ .
- 412.**  $\omega(\text{NO}) = 12,56\%$ ;  $\omega(\text{NO}_2) = 54,93\%$ ;  $\omega(\text{O}_2) = 32,51\%$ .
- 413.**  $\omega(\text{AgNO}_3) = 64,39\%$ ;  $\omega(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2) = 35,61\%$ .
- 414.**  $\omega(\text{AgNO}_3) = 64,39\%$ ;  $\omega(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2) = 35,61\%$ .
- 415.**  $\omega(\text{AgNO}_3) = 64,4\%$ ;  $\omega(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2) = 35,6\%$ .  $\varphi(\text{NO}) = 30,8\%$ ;  $\varphi(\text{NO}_2) = 30,8\%$ ;  
 $\varphi(\text{O}_2) = 38,5\%$ .
- 416.**  $c(\text{NO}_2) = 0,0343 \text{ моль/л}$ ;  $c(\text{NO}) = 0,0157 \text{ моль/л}$ ;  $c(\text{O}_2) = 0,0328 \text{ моль/л}$ .
- 417.**  $c(\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5) = c(\text{H}_2\text{O}) = c(\text{CH}_3\text{COOH}) = 3,488 \text{ моль/л}$ ;  
 $c(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = 6,976 \text{ моль/л}$ .
- 418.**  $\omega(\text{CH}_3\text{COOH}) = 34,29\%$ ;  $\omega(\text{CH}_3\text{OH}) = 18,29\%$ ;  $\omega(\text{CH}_3\text{COOCH}_3) = 42,29\%$ ;  
 $\omega(\text{H}_2\text{O}) = 5,14\%$ .
- 419.**  $c(\text{HCOOCH}_3) = 3 \text{ моль/л}$ ;  $c(\text{HCOOH}) = 2 \text{ моль/л}$ ;  $c(\text{CH}_3\text{OH}) = 17 \text{ моль/л}$ .
- 420.**  $\omega(\text{Cl}_3\text{CCOOH}$  в исходном растворе) = 75,4%;  
 $\omega(\text{CH}_3\text{OH}$  в исходном растворе) = 24,6%;  
 $\omega(\text{Cl}_3\text{CCOOH}$  в конечном растворе) = 25,1%;  
 $\omega(\text{CH}_3\text{OH}$  в конечном растворе) = 14,8%;  
 $\omega(\text{Cl}_3\text{CCOOCH}_3$  в конечном растворе) = 54,6%;  $\omega(\text{H}_2\text{O}) = 5,53\%$ .

421.  $\omega(\text{CF}_3\text{COOH}) = 9,73\%$ ;  $\omega(\text{CH}_3\text{OH}) = 2,73\%$ ;  $\omega(\text{CF}_3\text{COOCH}_3) = 5,46\%$ ;  
 $c(\text{CF}_3\text{COOH}) = c(\text{CH}_3\text{OH}) = 0,939$  моль/л;  $c(\text{CF}_3\text{COOCH}_3) = 0,469$  моль/л.
422.  $\omega(\text{HCOOH}) = \omega(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = 16,7\%$ ;  $\omega(\text{HCOOC}_2\text{H}_5) = 53,6\%$ ;  $\omega(\text{H}_2\text{O}) = 13,0\%$ .
423.  $c(\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5) = 0,05625$  моль/л;  $c(\text{CH}_3\text{COOH}) = c(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = 0,09375$  моль/л.
424.  $c(\text{HCOOCH}_3) = c(\text{H}_2\text{O}) = 0,197$  моль/л;  $c(\text{HCOOH}) = 0,103$  моль/л;  
 $c(\text{CH}_3\text{OH}) = 24,8$  моль/л.
425.  $\varphi(\text{CO}) = 20\%$ ;  $\varphi(\text{H}_2) = 60\%$ ;  $\varphi(\text{CH}_4) = \varphi(\text{H}_2\text{O}) = 10\%$ .
426. Триметиламин в 3 раз более сильное основание, чем аммиак.  
 $\omega(\text{NH}_4\text{Cl}) = 15,74\%$ ;  $\omega([\text{(CH}_3)_3\text{NH}]\text{Cl}) = 84,26\%$ .
427. Хлоруксусная кислота в 4 раза сильнее муравьиной.  
 $m(\text{ClCH}_2\text{COOK}) = 3,52$  г;  $m(\text{HCOOK}) = 1,36$  г.
428. Метиламин в 5 раз более сильное основание, чем аммиак.  
 $\omega(\text{Al}(\text{OH})_3) = 28,5\%$ ;  $\omega([\text{CH}_3\text{NH}_2]\text{Cl}) = 61,8\%$ ;  $\omega(\text{NH}_4\text{Cl}) = 9,8\%$ .
429. Диметиламин в 9 раз более сильное основание, чем аммиак.  
 $m(\text{Fe}(\text{OH})_2) = 22,5$  г;  $m(\text{NH}_4\text{Cl}) = 2,675$  г;  $m([\text{(CH}_3)_2\text{NH}_2]\text{Cl}) = 36,675$  г.
430. Уксусная кислота в 3 раза слабее муравьиной.  $\omega(\text{NaCl}) = 55,1\%$ ;  
 $\omega(\text{HCOONa}) = 32\%$ ;  $\omega(\text{CH}_3\text{COONa}) = 12,9\%$ .
431. Хлоруксусная кислота в 4 раза сильнее муравьиной.  
 $m(\text{ClCH}_2\text{COOK}) = 31,8$  г;  $m(\text{HCOOK}) = 5,04$  г;  $m(\text{KNO}_3) = 35,35$  г.
432.  $\omega(\text{Al}) = 27,95\%$ ;  $\omega(\text{Fe}_3\text{O}_4) = 72,05\%$ .
433.  $\omega(\text{Al}) = 31,38\%$ .
434.  $m(\text{сплава}) = 23,45$  кг;  $\omega(\text{Al}) = 34,54\%$ ;  $\omega(\text{Fe}) = 23,88\%$ ;  $\omega(\text{Zn}) = 41,58\%$ .
435.  $\text{Co}_3\text{O}_4$ .
436.  $\omega(\text{Fe}(\text{NO}_3)_3) = 1,23\%$ ;  $\omega(\text{Fe}(\text{NO}_3)_2) = 7,32\%$ ;  $\omega(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2) = 1,91\%$ ;  
 $\omega(\text{AgNO}_3) = 2,59\%$ .
437.  $\omega(\text{HNO}_3) = 13,13\%$ ;  $\omega(\text{AgNO}_3 \text{ в исходном растворе}) = 11,33\%$ .  
 $c(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2) = 0,451$  моль/л;  
 $c(\text{AgNO}_3, \text{ оставшегося в растворе}) = 0,257$  моль/л.
438.  $c(\text{HCl}) = 4,375$  моль/л;  $c(\text{Ni}(\text{NO}_3)_2) = 1,375$  моль/л;  $V(\text{H}_2) = 3,92$  л;  
 $\omega(\text{MgCl}_2) = 16,63\%$ ;  $\omega(\text{Mg}(\text{NO}_3)_2) = 16,28\%$ .
439.  $\omega((\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Pb}) = 17,33\%$ ;  $\omega(\text{HNO}_3) = 6,05\%$ .  $c(\text{Cd}(\text{NO}_3)_2) = 0,48$  моль/л;  
 $c((\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Pb}) = 0,1024$  моль/л;  $c((\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Cd}) = 0,5378$  моль/л.
440.  $\omega(\text{Cu}) = 22,24\%$ ;  $\omega(\text{Ag}) = 77,76\%$ .
441.  $\omega(\text{MgSO}_4) = 38,6\%$ ;  $\omega(\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3) = 6,67\%$ .
442.  $\omega(\text{Cu}) = 16,2\%$ ;  $\omega(\text{Ag}) = 27,3\%$ ;  $\omega(\text{Zn}) = 56,6\%$ .
443.  $\omega(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2) = 15\%$ ;  $\omega(\text{Hg}(\text{NO}_3)_2) = 6,45\%$ .
444.  $c(\text{HNO}_3) = 4,32$  моль/л,  $c(\text{HgSO}_4) = 0,175$  моль/л.  $\omega(\text{Cu}(\text{NO}_3)_3) = 9,4\%$ ,  
 $\omega(\text{CuSO}_4) = 2,59\%$ .
445.  $c(\text{HNO}_3) = 0,9$  моль/л,  $c(\text{CuSO}_4) = 1,488$  моль/л.  $\omega(\text{Fe}(\text{NO}_3)_3) = 5,4\%$ ,  
 $\omega(\text{FeSO}_4) = 20,19\%$ .
446.  $m(\text{Ag}) = 52,92$  г.  $n(\text{NO}_2) = 0,205$  моль;  $n(\text{NO}) = 0,095$  моль.

447.  $V(\text{H}_2) = 15,52$  л;  $\omega(\text{Al}) = 36,7\%$ ;  $\omega(\text{HgS}) = 25,3\%$ ;  $\omega(\text{Hg}) = 10,9\%$ ;  
 $\omega(\text{Al}(\text{OH})_3) = 27\%$ .
448.  $V(\text{H}_2) = 3,86$  л;  $\omega(\text{Al}) = 36,8\%$ ;  $\omega(\text{HgS}) = 25,4\%$ ;  $\omega(\text{Hg}) = 11\%$ ;  $\omega(\text{Al}(\text{OH})_3) = 27\%$ .
449.  $V(\text{H}_2) = 351$  л;  $V(\text{O}_2) = 175,5$  л.
450.  $V(\text{H}_2) = 28,2$  л;  $V(\text{O}_2) = 14,1$  л.  $\omega(\text{Na}_3\text{PO}_4) = 3,11\%$ ;  $\omega(\text{Na}_2\text{HPO}_4) = 5,39\%$ .
451.  $V(\text{CO}_2) = 0,354$  л.
452.  $\omega(\text{FeCl}_2) = 21,16\%$ ;  $\omega(\text{FeCl}_3) = 13,54\%$ .
453.  $\omega(\text{CrSO}_4) = 10,37\%$ ;  $\omega(\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3) = 9,16\%$ .
454.  $\omega(\text{CoSO}_4) = 12,4\%$ ;  $\omega(\text{Co}_2(\text{SO}_4)_3) = 21,1\%$ .
455.  $\omega(\text{CoSO}_4) = 23,25\%$ ;  $\omega(\text{Co}_2(\text{SO}_4)_3) = 10,15\%$ .
456.  $c(\text{CuSO}_4) = 1,07$  моль/л.
457.  $c(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2) = 1,75$  моль/л.  $\omega(\text{NaNO}_3) = 6,2\%$ ;  $\omega(\text{Na}_2\text{HPO}_4) = 5,92\%$ .
458.  $V(\text{раствора Cu}(\text{NO}_3)_2) = 0,2$  л.  $\omega(\text{KNO}_3) = 6,73\%$ ;  $\omega(\text{K}_2\text{HPO}_4) = 6,63\%$ .
459.  $\omega(\text{NaHCO}_3) = 2,11\%$ ;  $\omega(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 1,99\%$ .
460.  $m(\text{CaCO}_3) = 7$  г.  $\omega(\text{NaOH}) = 1,36\%$ ;  $\omega(\text{Ca}(\text{OH})_2) = 0,18\%$ .
461.  $m(\text{раствора}) = 115$  г.
462.  $\omega(\text{Na}_2\text{HPO}_4) = 3,01\%$ ;  $\omega(\text{NaH}_2\text{PO}_4) = 1,27\%$ .
463.  $\omega(\text{NaHCO}_3) = 5,33\%$ ;  $\omega(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 13,44\%$ ;  $\omega(\text{NaCl}) = 7,42\%$ .
464.  $c(\text{KHCO}_3) = 1,364$  моль/л;  $c(\text{K}_2\text{CO}_3) = 0,909$  моль/л.
465.  $\omega(\text{Hg}(\text{NO}_3)_2) = 3,43\%$ ;  $\omega(\text{KNO}_3) = 3,2\%$ ;  $\omega(\text{HNO}_3) = 0,66\%$ .  
 $n(\text{Hg}) = 0,02$  моль;  $n(\text{Cl}_2) = 0,015$  моль;  $n(\text{O}_2) = 0,0025$  моль.
466.  $\omega(\text{KNO}_3) = 9,41\%$ ;  $\omega(\text{KOH}) = 7,82\%$ .
467.  $\omega(\text{NaOH}) = 2,19\%$ ;  $\omega(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 7,77\%$ ;  $\omega(\text{NaCl}) = 3,2\%$ .
468.  $\omega(\text{KNO}_3) = 5,64\%$ ;  $\omega(\text{KCl}) = 4,16\%$ ;  $\omega(\text{KOH}) = 6,25\%$ .
469.  $\omega(\text{NaCl}) = 8,36\%$ ;  $n(\text{Cu}) = 0,06$  моль;  $n(\text{Cl}_2) = 0,16$  моль;  $n(\text{O}_2) = 1,67$  моль;  
 $n(\text{H}_2) = 3,43$  моль.
470.  $\omega(\text{H}_2\text{SO}_4) = 10,9\%$ ;  $\omega(\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3) = 14,54\%$ .
471.  $n(\text{Hg}) = 0,04$  моль;  $n(\text{Cu}) = 0,1$  моль;  $n(\text{Cl}_2) = 0,25$  моль;  $n(\text{H}_2) = 0,67$  моль;  
 $n(\text{O}_2) = 0,28$  моль.  $\omega(\text{NaNO}_3) = 4,32\%$ ;  $\omega(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 9,01\%$ ;  $\omega(\text{NaOH}) = 5,59\%$ .
472.  $\omega(\text{H}_2\text{SO}_4) = 7,16\%$ ;  $\omega(\text{FeSO}_4) = 5,55\%$ .
473.  $c(\text{Zn}(\text{NO}_3)_2) = 0,6$  моль/л,  $c(\text{NaCl}) = 1$  моль/л.  $\omega(\text{NaNO}_3) = 8,39\%$ .  
 $\omega(\text{HNO}_3) = 1,23\%$ .
474.  $\omega(\text{CuSO}_4) = 13,33\%$ ;  $\omega(\text{CuCl}_2) = 18,75\%$ .
475.  $\omega(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2) = 16,62\%$ ;  $\omega(\text{NaCl}) = 20,69\%$ .
476.  $\omega(\text{Cr}(\text{NO}_3)_3) = 10,74\%$ ;  $\omega(\text{KCl}) = 22,19\%$ .
477.  $c(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2) = 1,105$  моль/л.
478.  $c(\text{KNO}_3) = c(\text{K}_2\text{S}) = 0,158$  моль/л.  $c(\text{KOH}) = 2,29$  моль/л.
479.  $V(\text{I}) : V(\text{II}) = 1 : 3,26$ .

- 480.**  $m(\text{KOH}) = 27,87 \text{ г}$ ;  $\omega(\text{KOH}) = 19,68\%$ .  $m(\text{K}_2\text{S}) = 11,14 \text{ г}$ ;  $\omega(\text{K}_2\text{S}) = 7,87\%$ .  
 $m(\text{HNO}_3) = 2,52 \text{ г}$ ;  $\omega(\text{HNO}_3) = 1,78\%$ .
- 481.**  $\omega(\text{Cr}(\text{NO}_3)_3) = 19,77\%$ ;  $\omega(\text{Ba}(\text{OH})_2) = 4,54\%$ ;  $\omega(\text{HNO}_3) = 16,79\%$ .
- 482.** Первый электролизер:  $n(\text{Cd}) = 0,05 \text{ моль}$ ;  $n(\text{O}_2) = 0,05 \text{ моль}$ ;  $n(\text{H}_2) = 0,05 \text{ моль}$ .  
Второй электролизер:  $n(\text{Cl}_2) = 0,1 \text{ моль}$ ;  $n(\text{H}_2) = 0,1 \text{ моль}$ ;  
 $c(\text{Cd}(\text{NO}_3)_2) = 0,4625 \text{ г/моль}$ .
- 483.** Первый электролизер:  $n(\text{I}_2) = 0,025 \text{ моль}$ ;  $n(\text{H}_2) = 0,115 \text{ моль}$ ;  
 $n(\text{O}_2) = 0,045 \text{ моль}$ ;  $\omega(\text{KOH}) = 3,08\%$ .  
Второй электролизер:  $n(\text{Cu}) = 0,115 \text{ моль}$ ;  $n(\text{O}_2) = 0,0575 \text{ моль}$ ;  $\omega(\text{HNO}_3) = 16\%$ .
- 484.**  $\omega(\text{BaCl}_2) = 10,1\%$ .
- 485.**  $V(\text{NH}_3) = 10,08 \text{ л}$ ,  $V(\text{CH}_3\text{NH}_2) = 6,72 \text{ л}$ .  $\omega(\text{NH}_4\text{Cl}) = 11,03\%$ ;  
 $\omega([\text{CH}_3\text{NH}_3]\text{Cl}) = 9,28\%$ .
- 486.**  $m(\text{CCl}_3\text{COOLi}) = 3,777 \text{ г}$ ,  $m(\text{CsBr}) = 5,788 \text{ г}$ ,  $m(\text{Sr}(\text{NO}_3)_2) = 8,576 \text{ г}$ ;  
 $m(\text{RbNO}_3) = 6,38 \text{ г}$ .
- 487.**  $m(\text{HCOOLi}) = 10,81 \text{ г}$ ;  $m((\text{CF}_3\text{COO})_2\text{Ca}) = 52,93 \text{ г}$ ;  $m(\text{KClO}_4) = 33,22 \text{ г}$ ;  
 $m(\text{NaClO}_3) = 29,5 \text{ г}$ .
- 488.**  $\omega(\text{CsBr}) = 4,18\%$ ;  $\omega(\text{RbNO}_3) = 2,7\%$ ;  $\omega(\text{Ba}(\text{ClO}_4)_2) = 3,85\%$ .
- 489.**  $c(\text{HCl}) = 0,147 \text{ моль/л}$ ;  $c(\text{KCl}) = 1,44 \text{ моль/л}$ ;  $c((\text{CH}_3\text{NH}_3)_2\text{SO}_4) = 0,585 \text{ моль/л}$ .
- 490.**  $\omega(\text{CaCl}_2) = 2,39\%$ ;  $\omega(\text{Ca}(\text{OH})_2) = 1,23\%$ ;  $\omega((\text{CF}_3\text{COO})_2\text{Ba}) = 4,045\%$ ;  
 $\omega(\text{SrBr}_2) = 4,3\%$ .
- 491.**  $V(\text{раствора ZnI}_2) = 122,6 \text{ мл}$ ;  $V(\text{раствора AgNO}_3) = 69,2 \text{ мл}$ ;  
 $V(\text{раствора } (\text{CF}_3\text{COO})_2\text{Ba}) = 58,2 \text{ мл}$ .
- 492.**  $m(\text{BaCl}_2) = 3,18 \text{ г}$ ;  $m(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 3,35 \text{ г}$ ;  $m(\text{KNO}_3) = 2,81 \text{ г}$ .  $\omega(\text{NaCl}) = 1,15\%$ ;  
 $\omega(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 0,757\%$ ;  $\omega(\text{KNO}_3) = 1,81\%$ .
- 493.**  $\omega(\text{CH}_3\text{COOAg}$  в исходном растворе) = 7,59% ;  
 $\omega((\text{CH}_3\text{NH}_3)\text{Br}$  в исходном растворе) = 59,57% ;  
 $\omega(\text{CH}_3\text{COOAg}$  в конечном растворе) = 2,67% ;  
 $\omega(\text{CH}_3\text{COO}(\text{CH}_3\text{NH}_3)$  в конечном растворе) = 2,7% .
- 494.**  $m(\text{раствора } [\text{C}_2\text{H}_5\text{NH}_3]_2\text{SO}_4) = 587,5 \text{ г}$ ;  $m(\text{раствора BaCl}_2) = 104 \text{ г}$ ;  
 $c([\text{C}_2\text{H}_5\text{NH}_3]_2\text{SO}_4) = 0,409 \text{ моль/л}$ ;  $c([\text{C}_2\text{H}_5\text{NH}_3]\text{Cl}) = 0,156 \text{ моль/л}$ .
- 495.**  $\omega(\text{HCOO}[\text{C}_2\text{H}_5\text{NH}_3])$  в конечном растворе) = 4,07% ;  
 $\omega([\text{C}_2\text{H}_5\text{NH}_3]_2\text{SO}_4$  в конечном растворе) = 2,1% .
- 496.**  $\omega(\text{K}_2\text{SO}_4) = 23,3\%$  ;  $\omega(\text{CH}_3\text{COOK}) = 6,56\%$  ;  
 $\omega((\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Ba}$  в исходном растворе) = 32% ;  
 $\omega((\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Ba}$  в конечном растворе) = 17,96% .
- 497.**  $m(\text{раствора } [\text{CH}_3\text{CH}(\text{NH}_3)\text{COOH}]\text{I}) = 183,4 \text{ г}$ ;  $m(\text{раствора AgNO}_3) = 81,81 \text{ г}$ ;  
 $\omega([\text{CH}_3\text{CH}(\text{NH}_3)\text{COOH}]\text{I}$  в конечном растворе) = 10,71% ;  
 $\omega([\text{CH}_3\text{CH}(\text{NH}_3)\text{COOH}]\text{NO}_3$  в конечном растворе) = 9,91% .
- 498.**  $\omega(\text{C}_3\text{H}_7\text{NH}_2) = 8,08\%$  ;  $\omega(\text{C}_4\text{H}_9\text{NH}_2) = 1,68\%$  ;  $\omega([\text{C}_3\text{H}_7\text{NH}_3]\text{NO}_3) = 3,88\%$  ;  
 $\omega([\text{C}_4\text{H}_9\text{NH}_3]\text{NO}_3) = 0,8\%$  .
- 499.**  $\omega(\text{CH}_3\text{COOAg}$  в исходном растворе) =  $\omega([\text{H}_3\text{NCH}_2\text{COOH}]\text{Br}$  в исходном растворе) = 8,35% ;  
 $c([\text{H}_3\text{NCH}_2\text{COOH}]\text{Br}) = 0,395 \text{ моль/л}$ ;  
 $c([\text{H}_3\text{NCH}_2\text{COOH}]\text{NO}_3) = 0,093 \text{ моль/л}$ .

- 500.**  $c(\text{CH}_3\text{COO}[(\text{CH}_3)_2\text{NH}_2])$  в первом растворе) = 0,204 моль/л;  
 $c([(CH_3)_2NH_2]_2SO_3)$  в первом растворе) = 0,221 моль/л;  
 $c((C_nH_{2n+1}COO)_2Ba)$  во втором растворе) = 0,153 моль/л;  
 $c(\text{CH}_3\text{COO}[(\text{CH}_3)_2\text{NH}_2])$  во втором растворе) = 0,224 моль/л.
- 501.**  $V$ (первого исходного раствора  $Ba(NO_3)_2$ ) = 577 мл;  
 $V$ (второго исходного раствора  $Ba(NO_3)_2$ ) = 47,6 мл;  
 $\omega([(CH_3)_2NH_2]NO_3)$  = 1,67% и 2,95%;  $\omega([(CH_3)_2NH_2]_2SO_3)$  = 5,86%;  
 $\omega(Ba(NO_3)_2)$  = 4,96%.
- 502.**  $c(NaCl)$  в исходном растворе) = 0,873 моль/л;  
 $c(KCl)$  в исходном растворе) = 3,12 моль/л;  
 $\omega(NaNO_3)$  = 0,973%;  $\omega(KNO_3)$  = 4,133%;  $\omega(AgNO_3)$  = 5,128%.
- 503.** 4 остатка глицина, 6 остатков аланина и 5 остатков глутаминовой кислоты.
- 504.** 3 остатка глицина, 2 остатка цистеина и 4 остатка глутаминовой кислоты.
- 505.**  $n(P)$  = 0,15 моль.  $n(Si)$  = 0,2 моль.  $\omega(NH_4H_2PO_4)$  = 13,37%,  
 $\omega((NH_4)_2HPO_4)$  = 15,35%.
- 506.**  $\omega(Si)$  = 20,75%;  $\omega(NH_4Cl)$  = 79,25%.  $\varphi(H_2)$  = 75%;  $\varphi(NH_3)$  = 12,5%;  
 $\varphi(N_2)$  = 12,5%.
- 507.**  $\nu_1$  = 0,075 моль/(л · ч);  $c_1(H_2NCH(CH_3)COOH)$  = 0,0325 моль/л;  
 $c_1(H_2NCH(CH_3)CONHCH_2COOH) = c_1(H_2NCH_2COOH) = 0,0875$  моль/л;  
 $\nu_2 = 0,125$  моль/(л · ч);  
 $c_2(H_2NCH(CH_3)COOH) = c_2(H_2NCH(CH_3)CONHCH_2COOH) = 0,0625$  моль/л;  
 $c_2(H_2NCH_2COOH) = 0,1125$  моль/л.
- 508.**  $c_1(CH_3COOH) = c_1(H_2O) = 6,48$  моль/л;  $c_1(CH_3OOCCH_3) = 6,19$  моль/л;  
 $c_1(CH_3OH) = 0,92$  моль/л;  $c_2(CH_3COOH) = 9,26$  моль/л;  
 $c_2(CH_3OH) = c_2(H_2O) = 3,7$  моль/л;  $c_2(CH_3OOCCH_3) = 3,41$  моль/л.  $\gamma \approx 2$ .
- 509.**  $m(CoSO_4)$  = 15,5 г;  $m(KCl)$  = 6,258 г.
- 510.**  $m(FeSO_4)$  = 15,2 г;  $m(NaCl)$  = 4,409 г.
- 511.**  $c(Co(NO_3)_2)$  = 1,06 моль/л;  $c(KBr)$  = 0,472 моль/л.
- 512.**  $m(MnSO_4)$  = 143 г;  $m(MgBr_2)$  = 45,45 г;  
 $m$ (раствора после электролиза) = 1243,38 г.
- 513.**  $\omega(FeSO_4)$  до электролиза) = 3,12%;  $\omega(CsCl)$  до электролиза) = 1,42%;  
 $\omega(H_2SO_4)$  до электролиза) = 5%;  $\omega(FeSO_4)$  после электролиза) = 1,44%;  
 $\omega(Cs_2SO_4)$  после электролиза) = 1,55%;  $\omega(H_2SO_4)$  после электролиза) = 7,29%.
- 514.**  $m(NiSO_4)$  = 55,6 г;  $m(KI)$  = 19,6 г;  $m$ (раствора после электролиза) = 646 г.
- 515.**  $m(CoSO_4)$  = 15,4 г;  $m(NaI)$  = 4,8 г.
- 516.**  $m(Cd(NO_3)_2)$  = 319,5 г;  $m(CaBr_2)$  = 170,8 г.
- 517.**  $\omega(CuSO_4)$  = 12%;  $\omega(BaCl_2)$  = 25%.
- 518.**  $\omega(Hg(NO_3)_2)$  = 20%;  $\omega(HNO_3)$  = 3,88%;  $\omega(K_2S)$  = 10,22%.
- 519.** Соотношение объемов газов: 0,55 : 1.
- 520.**  $\omega(NaOH)$  = 2,72%;  $\omega(HNO_3)$  = 21,07%.
- 521.**  $\omega(Hg(NO_3)_2)$  в исходном растворе) = 40,57%,  $\omega(HNO_3)$  = 21,59%.
- 522.**  $m$ (исходной глюкозы) = 43,2 г;  $\eta$ (в спиртовом брожении) = 50%;  
 $\eta$ (в молочнокислом брожении) = 25%.

- 523.**  $m(\text{исходной глюкозы}) = 36 \text{ г}$ ;  $\eta(\text{в спиртовом брожении}) = 60\%$ ;  
 $\eta(\text{в маслянокислом брожении}) = 30\%$ .
- 524.**  $m(\text{исходной глюкозы}) = 18 \text{ г}$ ;  $\eta(\text{в маслянокислом брожении}) = 40\%$ ;  
 $\eta(\text{в молочнокислом брожении}) = 20\%$ .
- 525.**  $m(\text{исходной глюкозы}) = 90 \text{ г}$ ;  $\eta(\text{в маслянокислом брожении}) = 30\%$ ;  
 $\eta(\text{в молочнокислом брожении}) = 15\%$ .
- 526.**  $m(\text{глюкозы}) = m(\text{тимиона}) = 12,6 \text{ г}$ ;  $\eta(\text{в маслянокислом брожении}) = 28,57\%$ .
- 527.**  $m(\text{глюкозы}) = m(\text{аденина}) = 10,8 \text{ г}$ ;  $\eta(\text{реакции брожения}) = 66,67\%$ .
- 528.**  $\eta(\text{в спиртовом брожении}) = 80\%$ ;  $\eta(\text{в маслянокислом брожении}) = 40\%$ .
- 529.**  $\eta(\text{в спиртовом брожении}) = 75\%$ ;  $\eta(\text{в маслянокислом брожении}) = 3\%$ .
- 530.**  $m(\text{исходного раствора } [\text{NH}_3\text{CH}(\text{CH}_3)\text{COOH}]) : m(\text{исходного раствора } \text{AgNO}_3) = 1 : 2,51$ .
- 531.**  $\omega([\text{C}_2\text{H}_5\text{NH}_3]_2\text{SO}_4) = 10,77\%$ ;  $V(\text{раствора } (\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Ba}) = 373 \text{ мл}$ .
- 532.** Первый случай:  $V(\text{исходного раствора } [\text{NH}_3\text{CH}_2\text{COOH}]\text{Br}) = 319,1 \text{ мл}$ ;  
 $\omega([\text{NH}_3\text{CH}_2\text{COOH}]\text{Br в конечном растворе}) = 22,59\%$ ;  
 $\omega([\text{NH}_3\text{CH}_2\text{COOH}]\text{NO}_3 \text{ в конечном растворе}) = 5,71\%$ .  
Второй случай:  $V(\text{исходного раствора } [\text{NH}_3\text{CH}_2\text{COOH}]\text{Br}) = 27,2 \text{ мл}$ ;  
 $\omega([\text{NH}_3\text{CH}_2\text{COOH}]\text{NO}_3 \text{ в конечном растворе}) = 5,71\%$ ;  
 $\omega(\text{AgNO}_3 \text{ в конечном растворе}) = 11,3\%$ .
- 533.** Первый случай:  $V(\text{раствора } \text{CF}_3\text{COOH}) = 48,8 \text{ мл}$ ;  $\omega(\text{CF}_3\text{COO}[(\text{C}_2\text{H}_5)_3\text{NH}]) = 4,84\%$ ;  
 $\omega(\text{CF}_3\text{COO}[(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{NH}(\text{C}_3\text{H}_7)]) = 18,91\%$ .  
Второй случай:  $V(\text{раствора } \text{CF}_3\text{COOH}) = 109,8 \text{ мл}$ ;  $\omega(\text{CF}_3\text{COOH}) = 10\%$ ;  
 $\omega(\text{CF}_3\text{COO}[(\text{C}_2\text{H}_5)_3\text{NH}]) = 3,23\%$ ;  $\omega(\text{CF}_3\text{COO}[(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{NH}(\text{C}_3\text{H}_7)]) = 12,61\%$ .

# ОГЛАВЛЕНИЕ

---

---

Предисловие .....	3
Справочные материалы .....	4
<b>Часть I. Методы решения задач по химии .....</b>	<b>7</b>
Глава 1. Общие рекомендации для решения задач .....	8
1.1. Осмысление задачи .....	8
1.2. Расчеты по уравнениям химических реакций, определение избытка и недостатка .....	10
1.3. Обработка численных данных .....	12
Глава 2. Подходы к решению сложных комбинированных задач .....	15
2.1. Избыток и недостаток .....	15
2.1.1. Зависимость протекания химических реакций от количества реагентов .....	15
2.1.2. Зависимость протекания химических реакций от порядка смешивания реагентов .....	19
2.1.3. Взаимодействие газа с растворенным веществом .....	25
2.2. Постадийное определение состава смеси .....	30
2.3. Введение неизвестных величин .....	34
2.3.1. Введение одного неизвестного .....	34
2.3.2. Введение нескольких неизвестных и составление систем уравнений .....	38
2.4. Введение произвольного параметра .....	56
2.5. Метод подбора .....	67
2.6. Многовариантные задачи .....	71
2.7. Составление материального баланса .....	78
<b>Часть II. Конкурсные задачи .....</b>	<b>85</b>
Глава 3. Задачи вступительных экзаменов и олимпиад по химии, проводимых в РНИМУ .....	86
3.1. Газы .....	86
3.2. Растворы и смеси .....	93
3.2.1. Растворение простых веществ .....	93
3.2.2. Растворение сложных веществ .....	95
3.2.3. Растворение сплавов и смесей .....	101
3.2.4. Смешивание растворов .....	106
3.2.5. Растворимость .....	116
3.2.6. Последовательно соединенные промывные сосуды .....	120
3.2.7. Термическое разложение солей .....	122
3.3. Определение формулы вещества .....	127

3.3.1. Определение элемента . . . . .	127
3.3.2. Определение формулы неорганического вещества . . . . .	129
3.3.3. Определение формулы органического вещества . . . . .	134
3.3.4. Определение числа фрагментов в высокомолекулярном соединении . . . . .	145
3.4. Тепловые эффекты химических реакций . . . . .	147
3.5. Скорость химических реакций . . . . .	152
3.6. Химическое равновесие . . . . .	157
3.7. Вытеснение одного металла другим . . . . .	166
3.8. Электролиз . . . . .	169
3.9. Задачи для повторения предыдущих тем . . . . .	175
<b>Часть III. Разбор задач . . . . .</b>	<b>187</b>
<b>Глава 4. Решение некоторых конкурсных задач . . . . .</b>	<b>188</b>
4.1. Газы . . . . .	188
4.2. Растворы и смеси . . . . .	192
4.2.1. Растворение простых веществ . . . . .	192
4.2.2. Растворение сложных веществ . . . . .	194
4.2.3. Растворение сплавов и смесей . . . . .	197
4.2.4. Смешивание растворов . . . . .	200
4.2.5. Растворимость . . . . .	206
4.2.6. Последовательно соединенные промывные сосуды . . . . .	209
4.2.7. Термическое разложение солей . . . . .	210
4.3. Определение формулы вещества . . . . .	213
4.3.1. Определение элемента . . . . .	213
4.3.2. Определение формулы неорганического вещества . . . . .	214
4.3.3. Определение формулы органического вещества . . . . .	216
4.3.4. Определение числа фрагментов в высокомолекулярном соединении . . . . .	219
4.4. Тепловые эффекты химических реакций . . . . .	222
4.5. Скорость химических реакций . . . . .	224
4.6. Химическое равновесие . . . . .	226
4.7. Вытеснение одного металла другим . . . . .	230
4.8. Электролиз . . . . .	232
<b>Ответы . . . . .</b>	<b>236</b>

*Минимальные системные требования определяются соответствующими требованиями программ Adobe Reader версии не ниже 11-й либо Adobe Digital Editions версии не ниже 4.5 для платформ Windows, Mac OS, Android и iOS; экран 10"*

*Учебное электронное издание*

**Белавин Иван Юрьевич**  
**Сергеева Валентина Петровна**

**100 БАЛЛОВ ПО ХИМИИ.**  
**УЧИМСЯ РЕШАТЬ ЗАДАЧИ: ОТ ПРОСТЫХ ДО САМЫХ СЛОЖНЫХ**  
**Учебное пособие**

Редактор *А. С. Золотова*  
Художник *Е. А. Вишнякова*  
Обложка: *И. К. Дилоян*  
Технический редактор *Т. Ю. Федорова*  
Корректор *И. Н. Панкова*  
Компьютерная верстка: *Е. Г. Ивлева*

Подписано к использованию 29.04.22.  
Формат 145×225 мм

Издательство «Лаборатория знаний»  
125167, Москва, проезд Аэропорта, д. 3  
Телефон: (499) 157-5272  
e-mail: [info@pilotLZ.ru](mailto:info@pilotLZ.ru), <http://www.pilotLZ.ru>

Данное издание продолжает линейку пособий учебно-методического комплекса «**100 баллов по химии**», получившего заслуженное признание у читателей. И это неспроста, ведь эти пособия подготовлены талантливыми преподавателями химии, которые, с одной стороны, своевременно учитывают требования государственного образовательного стандарта, а с другой — не теряют обратной связи с читателями.



Издание подготовлено высококвалифицированными специалистами, сотрудниками кафедры химии РНИМУ им. Н. И. Пирогова, ведущего медицинского вуза страны, под редакцией профессора РАН, доктора химических наук, научного руководителя университетской химико-биологической школы «ХимБиоПлюс» **Вадима Витальевича Негребецкого**.

Книга ориентирована на учащихся старших классов общеобразовательных и специализированных школ, лицеев, гимназий, поступающих в вузы, студентов колледжей, слушателей химических школ и подготовительных курсов, а также преподавателей химии для подготовки учащихся к сдаче ЕГЭ и участия в олимпиадах по химии.

► *Широкий охват материала, от теории, изложенной очень доступно, до подробного разбора сложных задач — вот отличительная черта всех учебников известного авторского коллектива. Рекомендую всем для качественной подготовки не только к ЕГЭ, но и олимпиадам разного уровня.* ◀

С. З. Вацадзе, проф. РАН (МГУ им. М. В. Ломоносова)

► *Новая серия учебников авторов уже хорошо известной читателям книги «100 баллов по химии. Полный курс для поступающих в вузы» продолжает традицию создания профессионально выверенных и вместе с тем очень доступных учебников для школьников. Уникальный формат подачи теории, задач и вопросов для ЕГЭ, авторских задач олимпиадного уровня безусловно привлечет широкий круг читателей от школьников до учителей.* ◀

А. А. Корлюков, проф. РАН  
(Институт элементоорганических соединений им. А. Н. Несмеянова)