

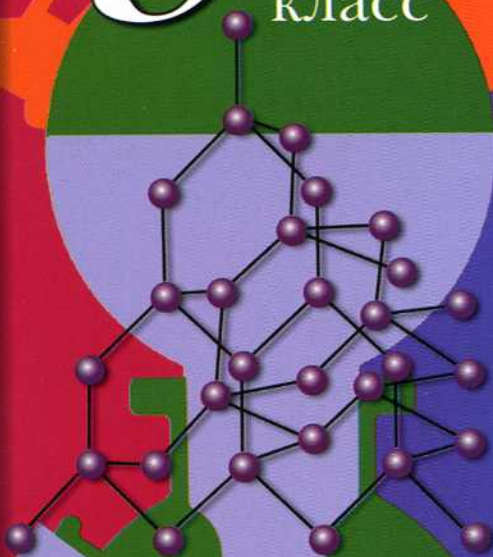
Н.Е. Кузнецова  
А.Н. Лёвкин

4±7 РОД	1s <sup>1</sup> 1	4,002602±2 ГЕЛИЙ	1s <sup>2</sup> 2
403±	 ГОСГОСТАНДАРТ	Ne 10 20,179±1 НЕОН	2s <sup>2</sup> 2p <sup>6</sup> 8
17	Ar 18 39,948±1 АРГОН	3s <sup>2</sup> 3p <sup>6</sup> 8	8
25	Mn 25 54,938±1 МАРГАНЕЦ	3d <sup>5</sup> 4s <sup>2</sup> 8	5
35	Kr 36 83,80±1 КРИПТОН	4s <sup>2</sup> 4p <sup>6</sup> 8	8
43	Tc 44 98,906±1 ТЕХНЕЦИЙ	5s <sup>1</sup> 2	1
53	Xe 54 131,29±3 КСЕНОН	5s <sup>2</sup> 5p <sup>6</sup> 8	8
75	Re 76 186,207±1 РЕНИЙ	5d <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 2	2
85	Rn 86 222,0176 РАДОН	6s <sup>2</sup> 6p <sup>6</sup> 8	8
107	Bh 108 [262] БОРИЙ	6d <sup>7</sup> 7s <sup>2</sup> 2	2
* ЛАНТАНОИДЫ			
64	Tb 65 158,9254±1 ТЕРБИЙ	4f <sup>9</sup> 6s <sup>2</sup> 8	8
** АКТИНОИДЫ			
96	Bk 97 247,0703 БЕРКЛИЙ	5f <sup>9</sup> 6d <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup> 8	8

# Задачник по химии

# 9

класс



Вентана-Граф



АЛГОРИТМ УСПЕХА

Н.Е. Кузнецова

А.Н. Лёвкин

Задачник  
по химии  
9  
класс



Москва  
Издательский центр  
«Вентана-Граф»  
2012

ББК 24я72  
К89

**Кузнецова Н.Е.**

К89 Задачник по химии : 9 класс : [для учащихся общеобразовательных учреждений] / Н.Е. Кузнецова, А.Н. Лёвкин. — М. : Вентана-Граф, 2012. — 128 с. : ил.

ISBN 978-5-360-03079-9

Задачник включен в систему «Алгоритм успеха» и содержит как типовые расчетные задачи, так и задачи, способствующие формированию определенных навыков и умений, с элементами качественного анализа, творческие и повышенного уровня сложности. Они сгруппированы по темам, изучаемым в 9 классе основной школы, и в порядке возрастания уровня сложности: от простых до задач повышенного уровня сложности и олимпиадных. В начале большинства разделов помещен перечень основных понятий. Алгоритмы решения типовых задач и примеры решения комбинированных задач приводятся в конце пособия. Разнообразие задач позволит учителю использовать их в классе дифференцированно, а учащимся организовать свою деятельность и самооценку.

Соответствует федеральному государственному образовательному стандарту основного общего образования (2010 г.).

ББК 24я72

*Учебное издание*

**Кузнецова** Нинель Евгеньевна  
**Лёвкин** Антон Николаевич

**Задачник по химии**

9 класс

Редактор *Н.Ю. Никонюк*. Внешнее оформление *А.А. Травниковой*  
Художественный редактор *Ю.Н. Маркаров*. Компьютерная верстка *Н.И. Беляевой*  
Технический редактор *Т.В. Фатюхина*. Корректоры *И.С. Дмитриева, М.В. Кузьмина*

Подписано в печать 24.02.11. Формат 70×90/16. Бумага офсетная № 1  
Печать офсетная. Гарнитура NewBaskervilleС. Печ. л. 8,0  
Тираж 5000 экз. Заказ № 1541

ООО Издательский центр «Вентана-Граф»  
127422, Москва, ул. Тимирязевская, д. 1, корп. 3  
Тел./факс: (495) 611-15-74, 611-21-56  
E-mail: info@vgf.ru, http://www.vgf.ru

Отпечатано в полном соответствии с качеством предоставленного оригинал-макета  
в ОАО «Издательско-полиграфическое предприятие „Правда Севера“»  
163002, г. Архангельск, просп. Новгородский, 32  
E-mail: zakaz@ippps.ru, http://www.ippps.ru

ISBN 978-5-360-03079-9

© Издательский центр «Вентана-Граф», 2004

## Предисловие

Дорогие друзья! Перед вами пособие по химии — сборник задач и упражнений. Этот сборник ориентирован на учебник авторского коллектива под руководством доктора педагогических наук, профессора Н.Е. Кузнецовой и входит в состав методического комплекта по химии для 9 класса общеобразовательных учреждений. Кроме того, этот задачник можно использовать и при работе по учебникам других авторов.

В сборник включены как типовые расчетные задачи, так и упражнения для работы над формированием определенных умений и навыков, задачи с элементами качественного анализа, различные творческие задания и задачи повышенного уровня сложности. Задачи в пособии сгруппированы по темам, последовательно изучаемым в 9 классе. В нем содержатся следующие главы: «Теоретические основы химических процессов», «Теория электролитической диссоциации», «Сера и соединения серы», «Азот. Соединения азота», «Фосфор. Соединения фосфора», «Углерод и кремний», «Общие сведения об органических соединениях», «Металлы», «Алгоритмы решения задач», «Примеры решения комбинированных задач».

В начале большинства глав приводится перечень основных понятий, необходимых при изучении той или иной темы, и их краткое объяснение. Мы хотим подчеркнуть, что, напоминая значение этих понятий, мы не преследуем цель заменить учебник и подробно раскрыть содержание обсуждаемых терминов. Наша задача состоит в актуализации тех терминов и понятий, которые используют учащиеся в ходе решения задач по той или иной теме.

В каждой главе сначала приведены упражнения для отработки определенных умений и навыков для закрепления изученного материала, а затем — ряд расчетных задач. Расчетные задачи расположены по возрастанию уровня сложности: от самых простых до задач повышенного уровня сложности и олимпиадных. Важно отметить, что для освоения образовательного стандарта по химии от учащегося вовсе не требуется решить все задачи по изучаемой теме. Из большого количества различных заданий преподаватель сможет выбрать те, которые соответствуют уровню подготовки учащегося и его специализации. Мы включили в наш сборник и задачи для учащихся базовых классов, и задачи, над которыми могли бы поразмышлять школьники, желающие хотя бы связать свою будущую профессию с химией. В сборник кроме разнотипных задач включено достаточно много задач одного типа для формирования базовых умений и навыков. Это позволяет разобрать ход решения нескольких однотипных задач в классе, закрепить тот или иной навык во время самостоятельной работы и проверить степень усвоения учебного материала на последующих занятиях. Каждая глава заканчивается примером контрольной работы для учащихся базовых классов. К расчетным задачам в конце сборника даны ответы. Отметим, что мы умышленно не дали ответы к задачам, которые требуют творческого подхода, оставив учащимся возможность подумать самим и поискать ответы и решения в литературе.

Задачи повышенной сложности и олимпиадные не выделены в отдельный блок, а включены в каждую главу. Мы сознательно не отметили такие задачи никакими значками, предоставив учителю возможность самому определить, кому из учащихся адресована та или иная задача.

Хочется обратить внимание, что в соответствии с программой по химии 9 класса для общеобразовательных учреждений в задачник включена глава «Общие сведения об органических соединениях». Однако в данном случае предполагается только знакомство с миром органических веществ и краткий обзор классов органических соединений. В связи с этим в задачнике содержится минимальное, но, с точки зрения авторов, достаточное количество заданий для закрепления знаний по данной теме. В этой главе нет расчетных задач, но большое количество разнообразных упражнений позволит отработать необходимые навыки, предусмотренные при изучении этой темы.

Сборник завершают главы «Алгоритмы решения типовых задач» и «Примеры решения комбинированных задач», которые окажут помощь в освоении способов решения основных типов расчетных задач. В последней, десятой, главе приводятся примеры решения комбинированных задач.

Итак, друзья, авторы задачника желают вам творческих успехов. Пусть эта книга поможет в вашей работе! Свои отзывы и замечания вы можете отправить авторам по электронной почте. Наш адрес: [andgray@yandex.ru](mailto:andgray@yandex.ru).

## 1.1. Тепловой эффект химической реакции

**Экзотермические реакции** – реакции, протекающие с выделением теплоты.

**Эндотермические реакции** – реакции, протекающие с поглощением теплоты.

**Тепловой эффект** – количество теплоты, которое выделяется или поглощается при химической реакции. Тепловой эффект реакции зависит от агрегатного состояния веществ, которое указывается в скобках рядом с соответствующими формулами или символами. Тепловой эффект прямой реакции равен тепловому эффекту обратной реакции по абсолютной величине и противоположен ему по знаку.

**Термохимическое уравнение** – уравнение, в котором указан тепловой эффект реакции. Тепловой эффект обозначается в уравнении реакции в виде  $Q$  или приводится конкретное значение теплоты, выраженное в кДж. Тепловой эффект может быть также обозначен в виде  $\Delta H^\circ$ , причем  $\Delta H^\circ = -Q$  (при постоянном давлении). Например:



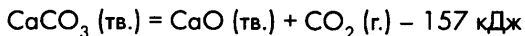
**Закон Гесса:** тепловой эффект реакции зависит только от начального и конечного состояния участвующих в реакции веществ и не зависит от промежуточных стадий процесса.

**Теплота образования соединения** – количество теплоты, которое выделяется или поглощается при образовании 1 моля данного соединения из простых веществ. Теплота образования простых веществ принята равной нулю.

Тепловой эффект химической реакции равен разности суммарного значения теплоты образования продуктов реакции и суммарного значения теплоты образования исходных веществ (следствие из закона Гесса).

### Вопросы и задания

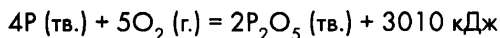
1-1. На основании термохимического уравнения разложения карбоната кальция



рассчитайте, какое количество теплоты необходимо затратить для разложения:

а) 2,5 моль; б) 10 г; в) 1 кг карбоната кальция.

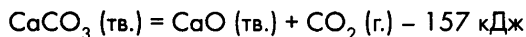
**1-2.** На основании термохимического уравнения горения фосфора



рассчитайте, какое количество теплоты выделится при окислении:

а) 3 моль; б) 24,8 г ; в) 15,5 кг фосфора.

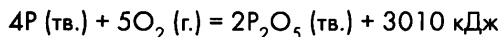
**1-3.** На основании термохимического уравнения разложения карбоната кальция



рассчитайте, какая масса карбоната кальция подверглась разложению, если в ходе реакции было затрачено:

а) 31,4 кДж; б) 78,5 кДж; в) 3140 кДж теплоты.

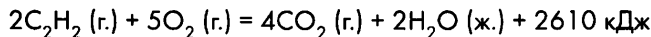
**1-4.** На основании термохимического уравнения горения фосфора



рассчитайте массу сгоревшего фосфора, если в результате реакции выделилось:

а) 75,25 кДж; б) 301 кДж; в) 45 150 кДж теплоты.

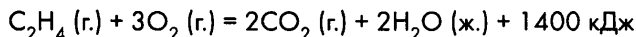
**1-5.** На основании термохимического уравнения горения ацетилена ( $C_2H_2$ )



вычислите количество теплоты, которое выделится при сгорании ацетилена:

а) массой 2,6 г; б) объемом 56 л (н. у.).

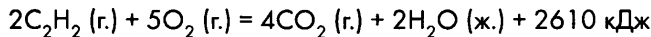
**1-6.** На основании термохимического уравнения горения этилена ( $C_2H_4$ )



вычислите количество теплоты, которое выделится при сгорании этилена:

а) массой 5,6 г; б) объемом 100,8 л (н. у.).

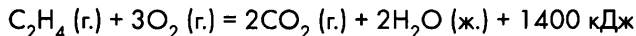
**1-7.** На основании термохимического уравнения горения ацетилена ( $C_2H_2$ )



вычислите массу и объем (н. у.) сгоревшего ацетилена, если в ходе реакции выделилось:

а) 326,25 кДж; б) 6525 кДж теплоты.

**1-8.** На основании термохимического уравнения горения этилена ( $C_2H_4$ )

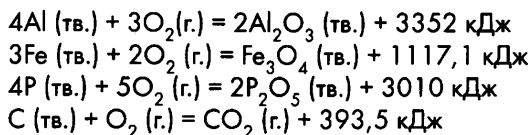


вычислите массу и объем (н. у.) сгоревшего этилена, если в ходе реакции выделилось:

а) 2450 кДж; б) 1750 кДж теплоты.

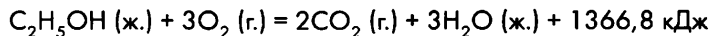
**1-9.** Сравните количество теплоты, которое выделяется при сгорании навесок магния, алюминия, железа, фосфора и графита массой 1 г на основании термохимических уравнений горения данных веществ:





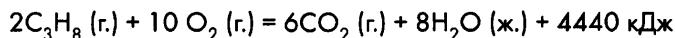
В каком случае теплоты выделится больше? Ответ подтвердите расчетами.

- 1-10. При сгорании навески натрия массой 18,4 г в хлоре в результате реакции выделилось 328,88 кДж теплоты. На основании этих данных напишите термохимическое уравнение сгорания натрия в хлоре.
- 1-11. При взаимодействии натрия массой 9,2 г с серой в результате реакции выделилось 74,06 кДж теплоты. На основании полученных данных составьте термохимическое уравнение реакции взаимодействия натрия с серой.
- 1-12. При взаимодействии навески алюминия массой 8,1 г с бромом в результате реакции выделилось 154,02 кДж теплоты. На основании полученных данных составьте термохимическое уравнение реакции.
- 1-13. В результате сгорания порции метана ( $\text{CH}_4$ , г.) объемом 56 л в избытке кислорода выделилось 2225 кДж теплоты. Составьте термохимическое уравнение реакции горения метана.
- 1-14. В результате сгорания порции сероводорода ( $\text{H}_2\text{S}$ , г.) объемом 11,2 л (н. у.) в избытке кислорода выделилось 280,85 кДж теплоты. Составьте термохимическое уравнение горения сероводорода.
- 1-15. При взаимодействии натрия массой 23 г с водой выделяется 139,8 кДж теплоты, а при взаимодействии навески калия массой 39 г выделяется 140 кДж теплоты. Составьте термохимические уравнения реакций взаимодействия натрия и калия с водой, сравните тепловые эффекты этих реакций.
- 1-16. Тепловые эффекты образования хлоридов алюминия и меди(III) соответственно равны 704,2 кДж/моль и 215,6 кДж/моль. Составьте термохимическое уравнение реакции взаимодействия алюминия с раствором хлорида меди.
- 1-17. Тепловые эффекты образования этана ( $\text{C}_2\text{H}_6$ , г.), углекислого газа и воды (ж.) соответственно равны 89,7 кДж/моль, 393,5 кДж/моль, 285,8 кДж/моль. Составьте термохимическое уравнение реакции горения этана в избытке кислорода.
- 1-18. На основании термохимического уравнения горения этилового спирта ( $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ , ж.)



вычислите, какой объем спирта потребуется, чтобы нагреть 1 л воды от 20 до 100 °С. Теплотой, затрачиваемой на нагревание сосуда, в котором находится вода, можно пренебречь. (Теплоемкость воды принять равной 4,19 кДж/(кг · К), плотность этилового спирта — 0,8 г/мл.)

- 1-19. На основании термохимического уравнения горения пропана ( $\text{C}_3\text{H}_8$ , г.)





вычислите, какой объем воды можно нагреть от 15 до 95 °С, используя теплоту, выделившуюся при сгорании 224 л (н. у.) пропана? (Расходами на нагревание посуды и потерями теплоты можно пренебречь.)

## 1.2. Скорость химической реакции

**Фаза** – отдельная однородная часть гетерогенной системы. Например, при 0 °С лёд, вода и образующийся над ними пар образуют гетерогенную систему из трех фаз: твердой – льда, жидкой – воды и газообразной – водяного пара.

**Гомогенные системы** – системы, внутри которых нет поверхностей раздела, отделяющих друг от друга части системы, которые различаются по свойствам. Системы, внутри которых такие поверхности имеются, называются **гетерогенными**.

**Скорость химической реакции** определяется изменением количества вещества реагентов и продуктов реакции за единицу времени в единице объема (для гомогенных систем) или на единице поверхности (для гетерогенных систем).

Для гомогенных систем, в которых реакции протекают во всем объеме системы:

$$v = \pm \frac{\Delta n}{V\Delta t} \quad (1)$$

где  $v$  – средняя скорость химической реакции,  $\Delta n$  – изменение количества вещества,  $V$  – объем системы,  $\Delta t$  – интервал времени, в котором определяют скорость реакции.

*Примечание.* Для того чтобы скорость реакции была величиной положительной, знак «±» перед дробью дает возможность выбора: «+» ставят, если скорость реакции определяется по изменению количества вещества продукта реакции, «-» ставят, если скорость определяется по изменению количества вещества реагента.

Отношение количества вещества к объему системы есть не что иное, как молярная концентрация данного вещества,  $C$ . Тогда равенство (1) принимает вид:

$$v = \pm \frac{\Delta C}{\Delta t} \quad (2)$$

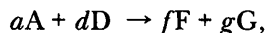
Для гетерогенных систем, в которых реакция протекает на поверхности раздела фаз:

$$v = \pm \frac{\Delta n}{S\Delta t} \quad (3)$$

где  $S$  – площадь поверхности раздела фаз, на которой идет химическая реакция.

**Закон действующих масс:** при постоянной температуре скорость данной реакции пропорциональна произведению концентраций реагирующих веществ.

Пусть идет реакция, описываемая уравнением:



где A, D, F, G – некоторые вещества в газообразном или в жидком агрегатном состоянии;  $a, d, f, g$  – стехиометрические коэффициенты в уравнении реакции.

Тогда математическое выражение закона действия масс (так называемое кинетическое уравнение) примет вид:

$$v = k \cdot C_A^n \cdot C_D^m,$$

где  $C_A$  и  $C_D$  – молярные концентрации веществ A и D;  $k$  – коэффициент пропорциональности, называемый *константой скорости* данной реакции.

Показатель степени  $n$  или  $m$  – так называемый порядок реакции по реагенту A или D соответственно, в случае простой одноактной реакции порядок реакции совпадает со стехиометрическим коэффициентом.

**Правило Вант-Гоффа:** при повышении температуры на каждые  $10^\circ\text{C}$  скорость реакции увеличивается в среднем в 2–4 раза.

$$v = v_0 \cdot \gamma^{\Delta t/10},$$

где  $v$  – скорость реакции в нагретой или охлажденной системе,  $v_0$  – начальная скорость,  $\gamma$  – температурный коэффициент Вант-Гоффа, показывающий, во сколько раз увеличится скорость данной реакции при нагревании на  $10^\circ\text{C}$ ,  $2 \leq \gamma \leq 4$ .

**Катализ** – изменение скорости реакции под действием катализаторов.

**Катализаторы** – вещества, изменяющие скорость реакции, участвующие в промежуточных стадиях реакции, но при этом не расходующиеся. Катализаторы восстанавливают свой химический состав после протекания реакции.

### Вопросы и задания

- 1-20. Скорость некоторой реакции равна  $0,01$  моль/(л · с). Какова будет концентрация одного из продуктов реакции через 10 мин после начала реакции?
- 1-21. Скорость некоторой реакции равна  $10^{-4}$  моль/(л · с). Какова будет концентрация одного из продуктов реакции через 5 мин после начала реакции?
- 1-22. Реакция  $A$  (г.) +  $B$  (г.)  $\rightarrow 2F + D$  протекает со скоростью  $4$  моль/(л · мин) при концентрациях A и B, соответственно равных  $4$  и  $5$  моль/л. Вычислите константу скорости этой реакции.
- 1-23. Реакция  $A$  (г.) +  $B$  (г.)  $\rightarrow 2F + D$  протекает со скоростью  $2$  моль/(л · мин) при концентрациях A и B, соответственно равных  $2$  и  $0,25$  моль/л. Вычислите константу скорости этой реакции.

- 1-24. В реакционном сосуде началась реакция  $A + 2B \rightarrow 3D$ . Через некоторое время концентрации веществ A и D были соответственно равны 0,5 моль/л и 0,9 моль/л. Вычислите исходную концентрацию вещества A.
- 1-25. Напишите кинетические уравнения для реакций, соответствующих приведенным ниже схемам, преобразовав эти схемы в уравнения:
- а)  $NO (г.) + O_2 (г.) \rightarrow NO_2 (г.)$       в)  $Zn (тв.) + HCl (ж.) \rightarrow ZnCl_2 + H_2 (г.)$   
б)  $H_2 (г.) + I_2 (г.) \rightarrow HI (г.)$       г)  $CaCO_3 (тв.) \rightarrow CaO (тв.) + CO_2 (г.)$
- 1-26. Некоторая химическая реакция протекает со скоростью 5 моль/(л · с) при 25 °С. При 45 °С она протекает со скоростью 45 моль/(л · с). Вычислите температурный коэффициент Вант-Гоффа для данной реакции.
- 1-27. Некоторая реакция протекает со скоростью 2 моль/(л · с) при 25 °С. Температурный коэффициент Вант-Гоффа для этой реакции равен 4. Вычислите скорость реакции при 5 °С для данной реакции.
- 1-28. Некоторая реакция заканчивается за 0,5 ч при н. у. Принимая температурный коэффициент, равным 2, вычислите, какое время потребуется, чтобы реакция закончилась при стандартных условиях.
- 1-29. Некоторая реакция протекает со скоростью 0,5 моль/(л · с) при стандартных условиях. Принимая температурный коэффициент, равным 2, вычислите, какая скорость реакции будет достигнута в системе:  
а) при 30 °С; б) при 20 °С?
- 1-30. Скорость некоторой реакции при стандартных условиях равна 10 моль/(л · с). Какова будет скорость реакции, если:  
а) систему нагреть до 45 °С; б) систему охладить до 278 К? Температурный коэффициент реакции принять равным 2.
- 1-31. Во сколько раз и как изменится скорость реакции, если температурный коэффициент равен 3, а систему, взятую при н. у.  
а) нагреть до 30 °С; б) охладить до 268 К?
- 1-32. Некоторая реакция заканчивается за 1 ч при н. у. За сколько времени она закончится при 243 К, если температурный коэффициент реакции равен 2?
- 1-33. Некоторая реакция протекает со скоростью 3 моль/(л · с) при стандартных условиях. Как изменится скорость реакции, если нагреть систему до 45 °С, а температурный коэффициент принять равным 4?
- 1-34. Некоторая реакция протекает со скоростью 5 моль/(л · с) при 25 °С. При 45 °С она протекает со скоростью 18 моль/(л · с). Вычислите температурный коэффициент Вант-Гоффа для данной реакции.
- 1-35. Некоторая реакция протекает со скоростью 2 моль/(л · с) при 25 °С. Температурный коэффициент этой реакции равен 4. Вычислите скорость этой реакции при 0 °С.
- 1-36. Температурный коэффициент некоторой реакции равен 3. Во сколько раз увеличится скорость реакции, если эта реакция проходила сначала при н. у., а затем — при стандартных условиях?
- 1-37. Чему равен температурный коэффициент реакции, если при повышении температуры на 30 °С скорость реакции возросла:  
а) в 27 раз; б) в 64 раза?

- 1-38. При 150 °С некая реакция заканчивается за 1,5 мин. Принимая температурный коэффициент, равным 3, рассчитайте, за какое время она закончится:  
а) при 170 °С; б) при 130 °С?
- 1-39. Приведите примеры каталитических реакций, имеющих важное значение в промышленности.
- 1-40. Что такое ферменты? Каковы их особенности?

### 1.3. Химическое равновесие. Принцип Ле Шателье

**Химическое равновесие** – состояние реакционной системы, в котором скорости прямой и обратной реакций равны\*.

**Равновесные концентрации веществ** – концентрации веществ в момент равновесия. Обозначаются формулой вещества, заключенного в квадратные скобки. Например,  $[N_2] = 2$  моль/л. Это значит, что в некоторой реакции концентрация азота в момент равновесия была равна 2 моль/л.

**Принцип Ле Шателье:** если на систему, находящуюся в равновесии, оказать какое-либо воздействие, то равновесие сместится в сторону той реакции, которая ослабит воздействие.

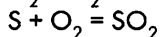
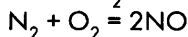
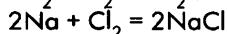
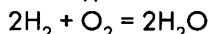
При нагревании системы равновесие смещается в сторону эндотермической реакции, при охлаждении – в сторону экзотермической.

При увеличении концентрации какого-либо из реагирующих веществ, участвующих в равновесии, равновесие смещается в сторону расходования этого вещества; при уменьшении концентрации какого-либо вещества равновесие смещается в сторону образования этого вещества.

При увеличении давления путем сжатия системы равновесие сдвигается в сторону уменьшения числа молекул газов, т. е. в сторону той реакции, в ходе которой происходит понижение давления; при уменьшении давления равновесие сдвигается в сторону возрастания числа молекул газов, т. е. в сторону увеличения давления.

#### Вопросы и задания

- 1-41. Из данного перечня выберите обратимые реакции:



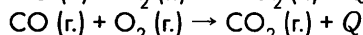
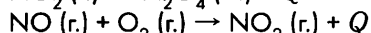
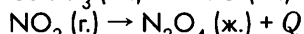
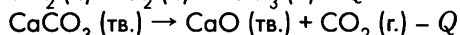
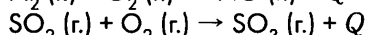
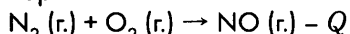
- 1-42. Ниже приведены схемы некоторых реакций. Преобразуйте данные схемы в уравнения обратимых реакций и определите, в какую сторону сместится равновесие при:

---

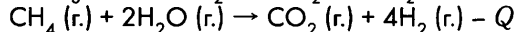
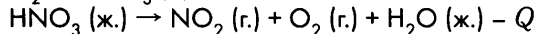
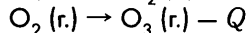
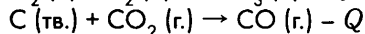
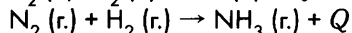
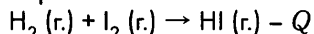
\* При этом скорости реакций отличны от нуля.

а) повышении температуры; б) повышении давления.

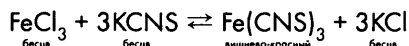
Вариант 1



Вариант 2

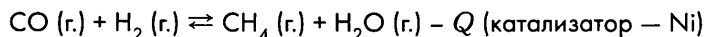


**1-43.** Как изменится интенсивность окраски раствора при добавлении в равновесную систему:



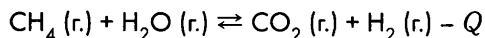
а) раствора  $\text{FeCl}_3$ ; б) раствора  $\text{KCNS}$ ; в) раствора  $\text{KCl}$ ? Ответ мотивируйте.

**1-44.** Подберите факторы, с помощью которых можно добиться увеличения выхода водорода в реакции:



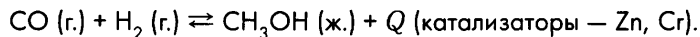
Преобразуйте данную схему в уравнение обратимой реакции, расставив коэффициенты.

**1-45.** Подберите факторы, с помощью которых можно добиться увеличения выхода водорода в реакции:



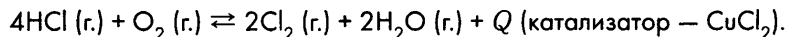
Преобразуйте данную схему в уравнение обратимой реакции, расставив коэффициенты.

**1-46.** Подберите факторы, с помощью которых можно добиться увеличения выхода метанола ( $\text{CH}_3\text{OH}$ ) в реакции:



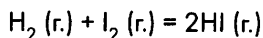
Преобразуйте данную схему в уравнение обратимой реакции, расставив коэффициенты.

**1-47.** Одним из способов получения хлора является процесс Дикона, который описывается уравнением:



Подберите факторы, с помощью которых можно добиться увеличения выхода хлора в данной реакции.

### 1-48. Равновесие в реакции синтеза иодоводорода



установилось при следующих концентрациях веществ: водород — 0,8 моль/л, иод — 1 моль/л, иодоводород — 1,8 моль/л. Определите исходные концентрации иода и водорода и рассчитайте константу равновесия.

1-49. Константа равновесия в обратимой реакции  $\text{A} (\text{г.}) + \text{B} (\text{г.}) = \text{AB} (\text{г.})$  равна 0,5. Исходные концентрации веществ А и В до начала реакции равны соответственно 2 и 3 моль/л.

Вычислите равновесные концентрации веществ А, В и АВ.

1-50. В закрытом сосуде происходит реакция синтеза аммиака из азота и водорода. Как изменится скорость прямой и обратной реакций, если сократить объем сосуда в 2 раза? Что можно сказать о смещении равновесия в этом случае?

1-51. В закрытом сосуде происходит реакция синтеза иодоводорода из иода и водорода. Как изменится скорость прямой и обратной реакций, если увеличить концентрацию иода в 4 раза? Что можно сказать о смещении равновесия в этом случае?

## Контрольная работа по теме «Теоретические основы химических процессов»

### Вариант 1

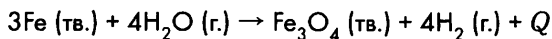
1. На основании термохимического уравнения окисления магния оксидом углерода(IV)



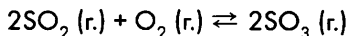
рассчитайте, какое количество теплоты выделится при окислении 36 г магния.

2. Некоторая реакция, отображаемая уравнением  $2\text{A} + \text{X} = \text{A}_2\text{X}$ , протекает в растворе. Исходная концентрация вещества А была равна 2 моль/л. Через 5 мин концентрация вещества А составляла 0,04 моль/л. Вычислите среднюю скорость данной реакции за указанный промежуток времени. Во сколько раз изменится концентрация вещества X за то же время?

3. Ниже приведены схемы некоторых реакций. Преобразуйте эти схемы в уравнения обратимых реакций. Определите, в какую сторону сместится равновесие реакций при: а) повышении температуры; б) понижении давления.

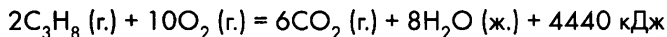


4. Подберите факторы, изменяя которые можно добиться увеличения выхода оксида серы(VI) в ходе окисления оксида серы(IV) кислородом:



## Вариант 2

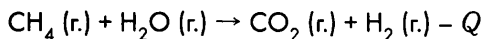
1. На основании термохимического уравнения горения пропана ( $C_3H_8$ , г.)



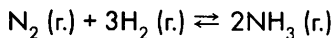
рассчитайте, какой объем (н. у.) пропана сожгли, если в результате реакции выделилось 555 кДж теплоты.

2. Некоторая реакция, отображаемая уравнением  $A + 2X = AX_2$ , протекает в растворе. Исходная концентрация вещества X была равна 4 моль/л. Через 2 мин концентрация вещества A составляла 0,5 моль/л. Вычислите среднюю скорость данной реакции за указанный промежуток времени. Во сколько раз изменится концентрация вещества A за то же время?

3. Ниже приведены схемы некоторых реакций. Преобразуйте эти схемы в уравнения обратимых реакций. Определите, в какую сторону сместится равновесие реакций при: а) повышении температуры; б) понижении давления.



4. Подберите факторы, изменяя которые можно добиться увеличения выхода аммиака в реакции его синтеза из простых веществ:



## Глава 2

# Теория электролитической диссоциации

### 2.1. Электролитическая диссоциация. Сильные и слабые электролиты. Электролитическая диссоциация оснований, кислот и солей

**Электролиты** – вещества, которые в растворе или в расплаве проводят электрический ток (обладают ионной проводимостью).

**Электролитическая диссоциация** – процесс распада электролита на ионы под действием молекул растворителя.

**Степень электролитической диссоциации** – отношение количества вещества электролита, распавшегося на ионы ( $n_{\text{расп}}$ ), к количеству вещества растворенного электролита ( $n_{\text{общ}}$ ).

$$\alpha = \frac{n_{\text{расп}}}{n_{\text{общ}}}$$

где  $\alpha$  – степень электролитической диссоциации;  $0 < \alpha \leq 1$

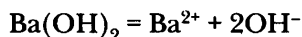
Степень диссоциации может быть выражена в процентах, тогда

$$0 \% < \alpha \leq 100 \%$$

**Сильные электролиты** – электролиты, которые в растворе диссоциируют практически полностью,  $\alpha \approx 1$  (или 100 %).

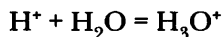
**Слабые электролиты** – электролиты, диссоциирующие в растворе в незначительной степени ( $\alpha < 1$ ).

**Основания** – это электролиты, при диссоциации которых в качестве анионов образуются только гидроксид – анионы  $\text{OH}^-$ .

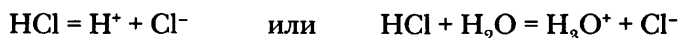


**Кислоты** – это электролиты, при диссоциации которых в качестве катионов образуются только катионы водорода  $\text{H}^+$  (катионы гидроксония  $\text{H}_3\text{O}^+$ ).

Катион гидроксония образуется при взаимодействии  $\text{H}^+$  с молекулой  $\text{H}_2\text{O}$ , образуется еще одна ковалентная связь кислорода с водородом по донорно-акцепторному механизму:

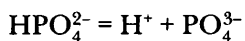
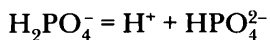
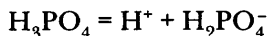


Примеры диссоциации кислот:





Многоосновные кислоты диссоциируют ступенчато:

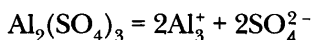
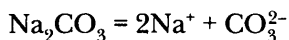


Суммарное уравнение:  $\text{H}_3\text{PO}_4 = 3 \text{H}^+ + \text{PO}_4^{3-}$

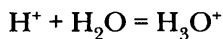
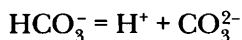
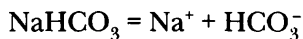
**Средние соли** – это электролиты, диссоциирующие в водном растворе на катионы металлов и анионы кислотного остатка.

Средние соли диссоциируют с образованием только катионов металла и анионов кислотного остатка; основные соли диссоциируют с образованием катионов металла, анионов  $\text{OH}^-$  и анионов кислотного остатка; кислые соли диссоциируют с образованием катионов металла, катионов водорода (гидроксония) и анионов кислотного остатка.

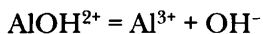
Примеры диссоциации средних солей:



Пример диссоциации кислой соли:

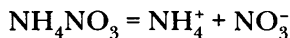


Пример диссоциации основной соли:



Соли аммония вместо катиона металла содержат катион аммония.

Пример диссоциации соли аммония:



### Вопросы и задания

- Из данного перечня веществ или смесей веществ выберите электролиты: азот, хлорид кальция, керосин, соляная кислота, раствор сахарозы (сахара), кислород, нитрат бария, метан, гидроксид калия, бензин.
- Напишите уравнения диссоциации следующих веществ:

- а) нитрата калия, карбоната калия, хлорида магния, гидроксида бария, иодоводородной кислоты;
- б) сульфата магния, бромоводородной кислоты, хлорида кальция, гидроксида калия, сульфата железа(III);
- в) сульфата железа(III), хлорида магния, ортофосфорной кислоты, ацетата натрия, гидроксида стронция;
- г) перманганата калия, хлорной кислоты, хлората калия, перхлората калия, ацетата аммония, гидроксида цезия.

В каждом случае обозначьте класс, к которому относится то или иное вещество.

- 2-3.** Подберите по три примера веществ, при диссоциации которых в растворе будет присутствовать ион:
- а)  $\text{OH}^-$ ; б)  $\text{SO}_4^{2-}$ ; в)  $\text{NO}_3^-$ ; г)  $\text{PO}_4^{3-}$ .
- 2-4.** Подберите по три примера веществ, при диссоциации которых в растворе будет присутствовать ион:
- а)  $\text{H}^+$  ( $\text{H}_3\text{O}^+$ ); б)  $\text{K}^+$ ; в)  $\text{Mg}^{2+}$ ; г)  $\text{Ba}^{2+}$ .
- 2-5.** Подберите по три примера веществ, при диссоциации которых в растворе будет присутствовать ион:
- а)  $\text{Ag}^+$ ; б)  $\text{Cl}^-$ ; в)  $\text{CO}_3^{2-}$ ; г)  $\text{Cu}^{2+}$ .
- 2-6.** Подберите по три примера веществ, при диссоциации которых в растворе будет присутствовать ион:
- а)  $\text{Hg}^{2+}$ ; б)  $\text{NH}_4^+$ ; в)  $\text{CH}_3\text{COO}^-$ ; г)  $\text{MnO}_4^-$ .
- 2-7.** Подберите по три примера веществ, при диссоциации которых в растворе будет присутствовать ион:
- а)  $\text{CuOH}^+$ ; б)  $\text{Al}(\text{OH})_2^+$ ; в)  $\text{ZnOH}^+$ ; г)  $\text{CrOH}^{2+}$ .
- 2-8.** Подберите по три примера веществ, при диссоциации которых в растворе будет присутствовать ион:
- а)  $\text{HSO}_4^-$ ; б)  $\text{HCO}_3^-$ ; в)  $\text{HPO}_4^{2-}$ ; г)  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ .
- 2-9.** Подберите по три примера веществ, при диссоциации которых в растворе будет присутствовать ион:
- а)  $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}$ ; б)  $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$ ; в)  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$ ; г)  $[\text{Al}(\text{OH})_4]^-$ .
- 2-10.** Из данного перечня выберите сильные электролиты: нитрат натрия, нитрат бария, сероводородная кислота, гидроксид бария, сульфид натрия, угольная кислота, карбонат калия.
- 2-11.** Из данного перечня выберите слабые электролиты: уксусная кислота, ацетат натрия, азотистая кислота, азотная кислота, нитрат калия, нитрит калия, соляная кислота.
- 2-12.** Из данного перечня выберите сильные электролиты: ортофосфорная кислота, фосфат натрия, хлорид аммония, нитрат серебра, серная кислота, хлорная кислота, иодоводородная кислота.
- 2-13.** Вычислите молярную концентрацию ионов натрия и ионов хлора в растворе, в 1 л которого содержится хлорида натрия массой 58,5 г.

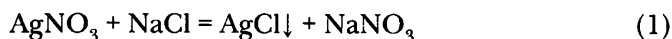
- 2-14. Вычислите молярную концентрацию ионов калия и карбонат-ионов в растворе, в 1 л которого содержится карбоната калия массой 13,8 г.
- 2-15. Вычислите молярную концентрацию ионов натрия и нитрат-анионов, содержащихся в 10%-м растворе нитрата натрия (плотность раствора 1,07 г/мл).
- 2-16. Вычислите молярную концентрацию ионов магния и сульфат-анионов, содержащихся в 16%-м растворе сульфата магния (плотность раствора 1,17 г/мл).
- 2-17. Вычислите молярную концентрацию ионов алюминия и сульфат-анионов, содержащихся в 10%-м растворе сульфата алюминия (плотность раствора 1,1 г/мл).

## 2.2. Реакции в растворах электролитов. Ионные уравнения реакций

**Ионное уравнение** (уравнение реакции в ионной форме) – уравнение реакции, отражающее суть реакций ионного обмена, в котором учитывается существование сильного электролита в растворе в диссоциированном виде.

*Примечание 1.* Формулы слабых электролитов и нерастворимых в воде веществ в ионных уравнениях принято записывать в недиссоциированной на ионы формы.

Уравнение реакции ионного обмена может быть записано в **молекулярной форме** (молекулярное уравнение):



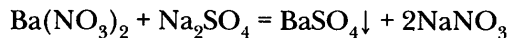
и в ионной форме:



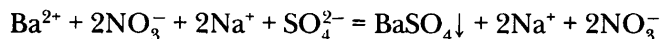
*Примечание 2.* Уравнение (1) называется молекулярным (или уравнением в молекулярной форме) условно, так как реагенты и продукты реакции – вещества немолекулярного строения. Уравнение (2) более корректно, так как реакция протекает не между молекулами, а между ионами.

*Реакции в растворах электролитов идут в направлении связывания ионов.* Существует три формы связывания ионов.

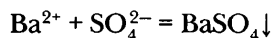
### 1. Образование осадков – нерастворимых веществ



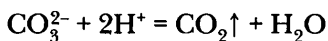
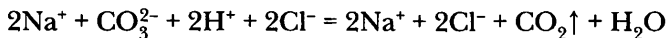
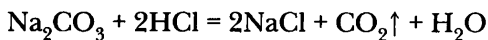
Полное ионное уравнение:



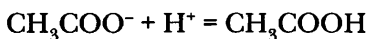
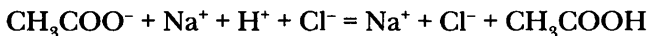
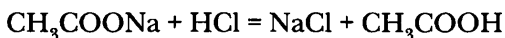
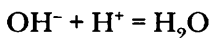
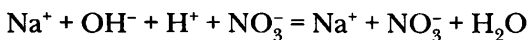
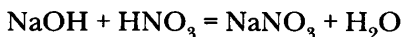
Сокращенное ионное уравнение:



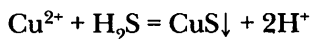
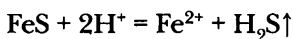
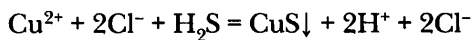
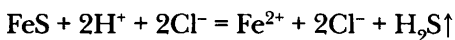
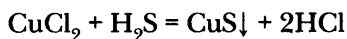
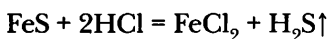
## 2. Выделение газов (например, CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, NH<sub>3</sub>)



## 3. Образование слабых электролитов, в том числе и воды



Иногда реакции протекают в направлении более полного связывания ионов:



### Вопросы и задания

2-18. Напишите уравнения **осуществимых** реакций между:

- гидроксидом бария и соляной кислотой;
- карбонатом натрия и нитратом кальция;
- карбонатом натрия и азотной кислотой;
- карбонатом натрия и гидроксидом калия;
- гидроксидом железа(III) и азотной кислотой;
- оксидом меди(II) и азотной кислотой;
- карбонатом кальция и сульфатом бария.

Составьте ионные уравнения. Определите форму связывания ионов в результате протекания возможных реакций.

2-19. Напишите уравнения **осуществимых** реакций между:

- серной кислотой и сульфидом калия;
- серной кислотой и хлоридом бария;
- серной кислотой и гидроксидом калия;

- г) сульфатом натрия и нитратом калия;
- д) оксидом железа(III) и серной кислотой;
- е) гидроксидом алюминия и соляной кислотой;
- ж) фосфатом магния и сульфидом свинца(II).

Составьте ионные уравнения. Определите форму связывания ионов в результате протекания возможных реакций.

**2-20.** Напишите уравнения **осуществимых** реакций между:

- а) нитратом алюминия и фосфатом натрия;
- б) сульфидом калия и соляной кислотой;
- в) сульфидом калия и нитратом натрия;
- г) сульфатом калия и нитратом свинца(II);
- д) соляной кислотой и гидроксидом калия;
- е) гидроксидом цинка и азотной кислотой;
- ж) оксидом магния и серной кислотой;
- з) хлоридом серебра и иодидом свинца(II).

Составьте ионные уравнения. Определите форму связывания ионов в результате протекания возможных реакций.

**2-21.** Напишите уравнения **осуществимых** реакций между:

- а) серной кислотой и сульфитом натрия;
- б) серной кислотой и нитратом бария;
- в) азотной кислотой и гидроксидом калия;
- г) сульфатом натрия и нитратом меди(II);
- д) оксидом свинца(II) и азотной кислотой;
- е) гидроксидом меди(II) и серной кислотой;
- ж) фосфатом цинка и гидроксидом свинца(II).

Составьте ионные уравнения. Определите форму связывания ионов в результате протекания возможных реакций.

**2-22.** Напишите уравнения **осуществимых** реакций между следующими веществами:

- а) силикатом натрия и хлоридом кальция;
- б) сульфидом натрия и серной кислотой;
- в) гидроксидом меди(II) и азотной кислотой;
- г) оксидом меди(II) и соляной кислотой;
- д) нитратом калия и гидроксидом натрия.

Составьте ионные уравнения. Определите форму связывания ионов в результате протекания возможных реакций.

**2-23.** Напишите уравнения **осуществимых** реакций между следующими веществами:

- а) фосфатом калия и нитратом меди(II);
- б) сульфитом натрия и серной кислотой;
- в) гидроксидом железа(III) и соляной кислотой;
- г) оксидом цинка и азотной кислотой;
- д) хлоридом меди(II) и нитратом цинка.

Составьте ионные уравнения реакций.

- 2-24.** Напишите уравнения возможных реакций между следующими веществами:
- оксидом фосфора(V) и гидроксидом калия;
  - оксидом железа(III) и соляной кислотой;
  - сероводородом и гидроксидом натрия;
  - нитратом бария и соляной кислотой.
- Составьте ионные уравнения реакций.
- 2-25.** К данным ионным уравнениям подберите молекулярные:
- $\text{Fe}^{3+} + 3 \text{OH}^- = \text{Fe}(\text{OH})_3 \downarrow$
  - $2\text{H}^+ + \text{S}^{2-} = \text{H}_2\text{S} \uparrow$
- 2-26.** К данным ионным уравнениям подберите молекулярные:
- $3\text{Ca}^{2+} + 2\text{PO}_4^{3-} = \text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \downarrow$
  - $\text{NH}_4^+ + \text{OH}^- = \text{NH}_3 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$
- 2-27.** К данным ионным уравнениям подобрать молекулярные:
- $\text{H}^+ + \text{OH}^- = \text{H}_2\text{O}$
  - $2\text{H}^+ + \text{SO}_3^{2-} = \text{SO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$
- 2-28.** К данным ионным уравнениям подберите молекулярные:
- $2\text{Ag}^+ + \text{CO}_3^{2-} = \text{Ag}_2\text{CO}_3 \downarrow$
  - $\text{CO}_3^{2-} + 2\text{H}^+ = \text{CO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$
- 2-29.** К данным кратким ионным уравнениям подберите молекулярные:
- $2\text{H}^+ + \text{CO}_3^{2-} = \text{CO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$
  - $2\text{PO}_4^{3-} + 3\text{Ba}^{2+} = \text{Ba}_3(\text{PO}_4)_2 \downarrow$
- 2-30.** К данным кратким ионным уравнениям подберите молекулярные:
- $2\text{H}^+ + \text{S}^{2-} = \text{H}_2\text{S} \uparrow$
  - $\text{Fe}^{3+} + 3\text{OH}^- = \text{Fe}(\text{OH})_3 \downarrow$
- 2-31.** Преобразуйте данные схемы в ионные уравнения. К полученным ионным уравнениям подберите молекулярные:
- $\text{Al}^{3+} + 3\text{OH}^- \rightarrow \dots$
  - $\text{H}^+ + \text{OH}^- \rightarrow \dots$
  - $3\text{Ba}^{2+} + 2\text{PO}_4^{3-} \rightarrow \dots$
- 2-32.** С какими из перечисленных веществ взаимодействует (в растворе) хлорид натрия: нитрат бария, нитрат серебра, гидроксид калия, серная кислота, нитрат свинца(II)? Напишите уравнения реакций, составьте ионные уравнения.
- 2-33.** С какими из перечисленных веществ взаимодействует (в растворе) сульфат калия: нитрат бария, карбонат натрия, гидроксид натрия, соляная кислота, нитрат свинца(II)? Напишите уравнения реакций, составьте ионные уравнения.
- 2-34.** С какими из перечисленных веществ взаимодействует (в растворе) карбонат натрия: хлорид бария, нитрат серебра, гидроксид калия, азотная

кислота, нитрат свинца(II)? Напишите уравнения реакций, составьте ионные уравнения.

- 2-35.** С какими из перечисленных веществ взаимодействует (в растворе) хлорид меди(II): нитрат бария, нитрат серебра, гидроксид калия, серная кислота, сульфид натрия? Напишите уравнения реакций, составьте ионные уравнения.
- 2-36.** С какими из перечисленных веществ взаимодействует (в растворе) соляная кислота: сульфат натрия, карбонат кальция, нитрат серебра, сульфид натрия, силикат натрия. Напишите уравнения реакций, составьте ионные уравнения.
- 2-37.** С какими из перечисленных веществ взаимодействует (в растворе) гидроксид натрия: хлорид бария, хлорид цинка, сульфид меди(II), серная кислота, ацетат меди(II). Напишите уравнения реакций, составьте ионные уравнения.
- 2-38.** Даны растворы: хлорида бария, сульфата меди(II), гидроксида натрия. Напишите уравнения возможных реакций между данными веществами, составьте ионные уравнения.
- 2-39.** Даны вещества: соляная кислота, раствор нитрата натрия, раствор карбоната калия, раствор силиката натрия. Напишите уравнения возможных реакций между данными веществами, составьте ионные уравнения.
- 2-40.** Даны растворы: иодида калия, сульфата натрия, нитрата свинца(II), гидроксида бария. Напишите уравнения возможных реакций между данными веществами, составьте ионные уравнения.
- 2-41.** Даны растворы: азотной кислоты, ацетата свинца(II), карбоната натрия, гидроксида калия. Напишите уравнения возможных реакций между данными веществами, составьте ионные уравнения.
- 2-42.** Даны растворы: сульфида натрия, нитрата свинца(II), сульфата меди(II), гидроксида калия. Напишите уравнения возможных реакций между данными веществами, составьте ионные уравнения.
- 2-43.** В трех пронумерованных склянках без этикеток находятся растворы гидроксида натрия, сульфата натрия, нитрата натрия. Как химическим путем определить вещества? Напишите уравнения реакций, составьте ионные уравнения.
- 2-44.** В трех пронумерованных склянках без этикеток находятся растворы хлорида натрия, нитрата натрия и соляная кислота. Как химическим путем определить вещества? Напишите уравнения реакций, составьте ионные уравнения.
- 2-45.** В трех пронумерованных склянках без этикеток находятся растворы ацетата натрия, сульфата натрия и карбоната натрия. Как химическим путем определить вещества? Напишите уравнения реакций, составьте ионные уравнения.
- 2-46.** В трех пронумерованных склянках без этикеток находятся растворы кислот: соляной, азотной и серной. Как химическим путем определить вещества? Напишите уравнения реакций, составьте ионные уравнения.
- 2-47.** В четырех пронумерованных склянках без этикеток находятся растворы сульфида натрия, сульфата натрия, иодида натрия и нитрата натрия. Как хи-

мическим путем определить вещества? Напишите уравнения реакций, составьте ионные уравнения.

**2-48.** В четырех пронумерованных склянках без этикеток находятся растворы хлорида меди(II), сульфата меди(II), нитрата меди(II) и нитрата калия. Как химическим путем определить вещества? Напишите уравнения реакций, составьте ионные уравнения.

**2-49.** В четырех пронумерованных склянках без этикеток находятся растворы серной кислоты, сульфата натрия, хлорида натрия и соляной кислоты. Как химическим путем определить вещества? Напишите уравнения реакций, составьте ионные уравнения.

**2-50.** В трех пронумерованных склянках без этикеток находятся растворы хлорида бария, сульфата натрия и нитрата натрия. Как химическим путем, не используя других реактивов, определить вещества? Напишите уравнения реакций, составьте ионные уравнения.

**2-51.** В четырех пронумерованных склянках без этикеток находятся растворы нитрата серебра, сульфида натрия, нитрата натрия и соляная кислота. Как химическим путем, не используя других реактивов, определить вещества? Напишите уравнения реакций, составьте ионные уравнения.

**2-52.** В четырех пронумерованных склянках без этикеток находятся растворы гидроксида натрия, хлорида меди(II), сульфата меди(II), хлорида бария. Как химическим путем, не используя других реактивов, определить вещества? Напишите уравнения реакций, составьте ионные уравнения.

**2-53.** Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить цепочки превращений веществ:

а) Барий  $\rightarrow$  Гидроксид бария  $\rightarrow$  Нитрат бария  $\rightarrow$  Сульфат бария;

б) Уголь  $\rightarrow$  Углекислый газ  $\rightarrow$  Карбонат натрия  $\rightarrow$  Карбонат бария  $\rightarrow$  Углекислый газ;

в) Фосфор  $\rightarrow$  Оксид фосфора(V)  $\rightarrow$  Фосфат натрия  $\rightarrow$  Фосфат кальция;

г) Кальций  $\rightarrow$  Гидроксид кальция  $\rightarrow$  Хлорид кальция  $\rightarrow$  Карбонат кальция  $\rightarrow$   $\rightarrow$  Нитрат кальция  $\rightarrow$  Фосфат кальция;

д) Калий  $\rightarrow$  Гидроксид калия  $\rightarrow$  Хлорид калия  $\rightarrow$  Нитрат калия  $\rightarrow$  Сульфат калия  $\rightarrow$  Нитрат калия.

Составьте ионные уравнения для реакций в растворах электролитов.

### **2.3. Расчеты по химическим уравнениям, когда одно из реагирующих веществ дано в избытке. Комбинированные задачи**

#### **Вопросы и задания**

**2-54.** Смешали два раствора, содержащих соответственно азотную кислоту количеством вещества 5 моль и гидроксид натрия количеством вещества 4,5 моль. Определите количество вещества образовавшейся соли и реакцию среды (кислая, нейтральная или щелочная) в растворе после реакции.



- 2-55.** Смешали два раствора, содержащих соответственно гидроксид калия количеством вещества 3 моль и хлороводород количеством вещества 2,25 моль. Определите количество вещества образовавшейся соли и реакцию среды в растворе после реакции.
- 2-56.** Смешали два раствора, содержащих соответственно серную кислоту количеством вещества 3 моль и гидроксид натрия количеством вещества 7 моль. Определите количество вещества и массу образовавшейся соли, реакцию среды в растворе после реакции, массу одного из реагентов, оставшегося после реакции.
- 2-57.** Смешали два раствора, содержащих соответственно ортофосфорную кислоту количеством вещества 5 моль и гидроксид калия количеством вещества 18 моль. Определите количество вещества и массу образовавшейся соли, реакцию среды в растворе после реакции и массу одного из реагентов после реакции.
- 2-58.** Вычислите массу соли, образовавшейся при взаимодействии азотной кислоты массой 6,3 г с избытком гидроксида калия.
- 2-59.** Вычислите массу соли, образовавшейся при взаимодействии азотной кислоты массой 6,3 г с раствором, содержащим гидроксид натрия массой 2 г.
- 2-60.** Вычислите массу осадка, образовавшегося при взаимодействии раствора, содержащего карбонат натрия массой 10,6 г, с избытком раствора хлорида кальция.
- 2-61.** Вычислите массу осадка, образовавшегося при взаимодействии раствора, содержащего карбонат натрия массой 10,6 г, с раствором, содержащим хлорид кальция массой 5,55 г.
- 2-62.** Вычислите массу соли, образовавшейся при взаимодействии серной кислоты массой 9,8 г с избытком раствора гидроксида кальция.
- 2-63.** Вычислите массу соли, образовавшейся при взаимодействии серной кислоты массой 9,8 г с раствором, содержащим гидроксид кальция массой 14,8 г.
- 2-64.** Вычислите массу осадка, образовавшегося при взаимодействии раствора, содержащего нитрат свинца(II) массой 66,2 г, с избытком раствора сульфида натрия.
- 2-65.** Вычислите массу осадка, образовавшегося при взаимодействии раствора, содержащего нитрат свинца(II) массой 66,2 г, с раствором, содержащим сульфид натрия массой 31,6 г.
- 2-66.** Смешали два раствора, содержащих соответственно гидроксид кальция массой 18,5 г и хлороводород массой 29,2 г. Вычислите массу образовавшейся соли.
- 2-67.** Смешали два раствора, содержащих соответственно гидроксид натрия массой 24 г и ортофосфорную кислоту массой 9,8 г. Определите массу образовавшейся соли, реакцию среды в растворе после реакции, массу одного из реагентов, оставшегося после реакции.
- 2-68.** Смешали два раствора, содержащих соответственно гидроксид кальция массой 111 г и хлороводород массой 292 г. Определите массу образовав-

- шейся соли, реакцию среды в растворе после реакции и массу реагента, оставшегося в избытке после реакции.
- 2-69.** Смешали порцию фосфорного ангидрида массой 14,2 г и порцию оксида калия массой 37,6 г. Определите массу образовавшейся соли и массу одного из реагентов, оставшегося после реакции.
- 2-70.** Навеску цинка массой 260 г добавили к раствору содержащему серную кислоту массой 196 г. Определите массу образовавшейся соли и объем (н. у.) выделившегося газа.
- 2-71.** Смешали два раствора содержащих соответственно хлорид бария массой 416 г и сульфат натрия массой 426 г. Рассчитайте массу образовавшегося осадка.
- 2-72.** Вычислите массу соли, образовавшейся при взаимодействии оксида меди(II) массой 8 г и 25%-го раствора серной кислоты массой 19,6 г.
- 2-73.** Вычислите массу соли, образовавшейся при взаимодействии оксида магния массой 8 г и 20%-го раствора азотной кислоты массой 157,5 г.
- 2-74.** Вычислите массу соли, образовавшейся при взаимодействии оксида цинка массой 32,4 г и 20%-го раствора соляной кислоты массой 292 г.
- 2-75.** Вычислите массу соли, образовавшейся при взаимодействии оксида серебра массой 11,6 г и 25%-го раствора азотной кислоты массой 63 г.
- 2-76.** Навеску оксида магния массой 8 г обработали 20%-м раствором соляной кислоты массой 146 г. Вычислите: а) массу образовавшейся соли; б) массовую долю образовавшейся соли в полученном растворе.
- 2-77.** Навеску оксида меди(II) массой 4 г обработали 10%-м раствором серной кислоты массой 196 г. Вычислите массовую долю образовавшейся соли в полученном в результате реакции растворе.
- 2-78.** Навеску оксида меди(II) массой 4 г обработали 10%-м раствором серной кислоты массой 196 г. Вычислите массу медного купороса (сульфата меди пятиводного), который можно получить в результате выпаривания полученного раствора.
- 2-79.** Навеску оксида меди(II) массой 40 г обработали 10%-м раствором серной кислоты массой 196 г. Вычислите массу осадка в реакционной смеси.
- 2-80.** Через 10%-й раствор иодида натрия массой 150 г пропустили порцию хлора объемом 224 мл (н. у.). Рассчитайте массу образовавшегося иода.
- 2-81.** Смешали 20%-й раствор хлорида бария массой 2080 г и 30%-й раствор сульфата натрия массой 1420 г. Вычислите массу образовавшегося осадка.
- 2-82.** Смешали порцию 10%-го раствора гидроксида натрия массой 80 г и порцию 40%-го раствора сульфата меди(II) массой 80 г. Определите массу образовавшегося осадка и массовую долю образовавшейся соли в растворе после реакции.
- 2-83.** Навеску медного купороса массой 5 г растворили в воде и добавили гидроксид натрия массой 0,8 г. Определите массу образовавшегося осадка.
- 2-84.** Смешали два раствора, содержащих соответственно гидроксид натрия

- массой 4 г и серную кислоту массой 9,8 г. Определите, какая соль образуется в результате реакции и какова масса образовавшейся соли.
- 2-85.** В порцию 10%-го раствора гидроксида калия массой 56 г пропустили порцию углекислого газа объемом: а) 11,2 л (н. у.); б) 224 мл (н. у.). Определите, какая соль образуется и какова ее масса.
- 2-86.** В раствор, содержащий гидроксид кальция массой 7,4 г, пропустили оксид серы(IV) а) объемом 224 л (н. у.); б) массой 32 г. Определите, какая соль образуется и какова ее масса.
- 2-87.** К порции 10%-го раствора хлорида бария массой 208 г добавили порцию 50%-го раствора нитрата серебра массой 34 г. Вычислите: а) массу образовавшегося осадка; б) массу образовавшейся соли в растворе; в) массовую долю образовавшейся соли в растворе; г) массу реагента, оставшегося в избытке; д) массовую долю в растворе реагента, оставшегося в избытке.
- 2-88.** К порции 16%-го раствора сульфата меди(II) массой 250 г добавили порцию 50%-го раствора гидроксида натрия массой 20 г. Вычислите: а) массу образовавшегося осадка; б) массу образовавшейся соли в растворе; в) массовую долю образовавшейся соли в растворе; г) массу реагента, оставшегося в избытке; д) массовую долю в растворе реагента, оставшегося в избытке.
- 2-89.** К порции 8%-го раствора хлорида бария массой 130 г добавили 12%-й раствор сульфата натрия массой 277,5 г. Вычислите: а) массу образовавшегося осадка; б) массу образовавшейся соли в растворе; в) массовую долю образовавшейся соли в растворе; г) массу реагента, оставшегося в избытке; д) массовую долю в растворе реагента, оставшегося в избытке.
- 2-90.** К порции 10%-го раствора сульфида натрия массой 156 г добавили порцию 25%-го раствора нитрата серебра массой 136 г. Вычислите: а) массу образовавшегося осадка; б) массу образовавшейся соли в растворе; в) массовую долю образовавшейся соли в растворе; г) массу реагента, оставшегося в избытке; д) массовую долю в растворе реагента, оставшегося в избытке.
- 2-91.** Через порцию 10%-го раствора гидроксида натрия массой 160 г пропустили углекислый газ объемом 6,72 л (н. у.). Вычислите массовые доли солей в образовавшемся растворе.
- 2-92.** Через порцию 25%-го раствора гидроксида натрия массой 960 г пропустили углекислый газ объемом 89,6 л (н. у.). Вычислите массовые доли солей в растворе после реакции.
- 2-93.** Через порцию 10%-го раствора гидроксида натрия массой 200 г пропустили сероводород объемом 6,72 л (н. у.). Вычислите массовые доли веществ в растворе после реакции.
- 2-94.** Через порцию 25%-го раствора гидроксида калия массой 179,2 г пропустили сернистый газ объемом 11,2 л (н. у.). Вычислите массовые доли веществ в растворе после реакции.
- 2-95.** Смешали 20%-й раствор гидроксида натрия массой 140 г и 10%-й раствор ортофосфорной кислоты массой 294 г. Вычислите массовые доли веществ в растворе после реакции.

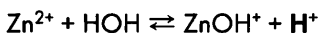
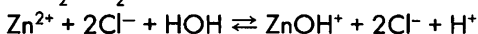
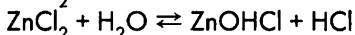
- 2-96.** Смешали 10%-й раствор гидроксида калия массой 280 г и 10%-й раствор ортофосфорной кислоты массой 294 г. Вычислите массовые доли веществ в растворе после реакции.
- 2-97.** Навеску серы массой 0,32 г сожгли в избытке кислорода. Образовавшийся газ пропустили через 20 г 10%-го раствора гидроксида натрия. Какая соль образуется в результате реакции газа со щелочью? Вычислите ее массовую долю в растворе после реакции.
- 2-98.** Газ, образовавшийся в результате полного сгорания этана ( $C_2H_6$ ) объемом 179,2 мл (н. у.) пропустили через порцию 0,1%-го раствора гидроксида кальция массой 740 г. Вычислите массу образовавшегося осадка и массовую долю соли, находящейся в растворе после реакции. В расчетах допустите, что углекислый газ полностью растворился в реакционной смеси.
- 2-99.** Навеску смеси сульфатов калия и натрия массой 158 г растворили в воде и обработали избыточным количеством раствора хлорида бария. В результате образовался осадок массой 233 г. Вычислите массовые доли сульфатов в исходной смеси.
- 2-100.** Навеску смеси карбонатов кальция и бария массой 123,5 г обработали избытком соляной кислоты. В результате реакции образовался газ, объем которого составил 16,8 л (н. у.). Вычислите массовые доли карбонатов в исходной смеси.
- 2-101.** Навеску смеси хлоридов натрия и калия массой 26,6 г растворили в порции воды массой 173,4 г и обработали избыточным количеством нитрата серебра. В результате реакции образовалось 57,4 г осадка. Вычислите массовые доли хлоридов натрия и калия в исходном растворе.

## 2.4. Гидролиз солей

**Гидролиз солей** — обменная реакция некоторых солей с водой, в результате которой происходит смещение равновесия диссоциации воды.

**Пример 1.** Гидролиз соли слабого основания и сильной кислоты.

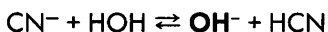
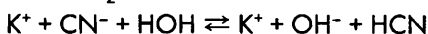
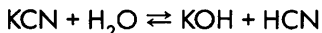
$ZnCl_2$  — соль слабого основания  $Zn(OH)_2$  и сильной кислоты  $HCl$ .



Гидролиз идет по катиону, среда кислая.

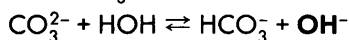
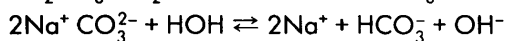
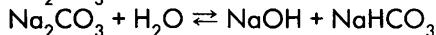
**Пример 2.** Гидролиз соли сильного основания и слабой кислоты.

$KCN$  — соль сильного основания  $KOH$  и слабой кислоты  $HCN$ .



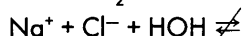
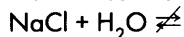
Гидролиз идет по аниону, среда щелочная.

$\text{Na}_2\text{CO}_3$  — соль сильного основания  $\text{NaOH}$  и слабой кислоты  $\text{H}_2\text{CO}_3$ .



**Пример 3.** Соли сильного основания и сильной кислоты не гидролизуются.

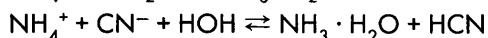
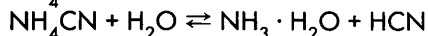
$\text{NaCl}$  — соль сильного основания  $\text{NaOH}$  и сильной кислоты  $\text{HCl}$ .



Нет связывания ионов, не образуется слабый электролит, поэтому гидролиза не происходит, среда нейтральная.

**Пример 4.** Гидролиз соли слабого основания и слабой кислоты.

$\text{NH}_4\text{CN}$  — соль слабого основания  $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$  ( $\text{NH}_4\text{OH}$ ) и слабой кислоты  $\text{HCN}$ .



Гидролиз идет и по катиону, и по аниону. Реакция среды зависит от соотношения сил электролитов  $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$  и  $\text{HCN}$ .

### Вопросы и задания

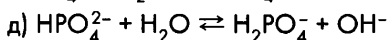
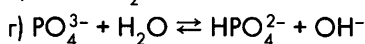
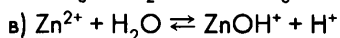
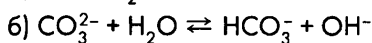
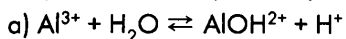
- 2-102. Из данного перечня солей выберите соли, которые подвергаются в водных растворах гидролизу: нитрат натрия, карбонат калия, хлорид алюминия, сульфид калия. Определите реакцию среды их водного раствора.
- 2-103. Из данного перечня солей выберите соли, которые подвергаются в водных растворах гидролизу: нитрат свинца(II), хлорид бария, фосфат калия, сульфат цинка. Определите реакцию среды их водного раствора.
- 2-104. Из данного перечня солей выберите соли, которые подвергаются в водных растворах гидролизу: хлорид кальция, карбонат аммония, сульфид аммония, ацетат калия, нитрат бария, хлорид железа(III).
- 2-105. Гидролиз большинства солей является обратимым процессом. Какие факторы усиливают гидролиз солей: нагревание, разбавление раствора соли водой, добавление соли к раствору, повышение давления?
- 2-106. Из данного перечня солей выберите те, которые в водных растворах подвергаются гидролизу: нитрит калия, нитрат калия, иодид калия, ацетат калия. Составьте уравнения гидролиза в молекулярной и в ионной формах.
- 2-107. Из данного перечня солей выберите те, которые в водных растворах подвергаются гидролизу: сульфит натрия, фосфат натрия, силикат натрия, сульфат натрия. Составьте уравнения гидролиза в молекулярной и в ионной формах.
- 2-108. Из данного перечня солей выберите те, которые в водных растворах подвергаются гидролизу: сульфид натрия, нитрат цинка, сульфат калия, ацетат натрия. Составьте уравнения гидролиза в молекулярной и в ионной формах.

**2-109.** Из данного перечня солей выберите те, которые в водных растворах подвергаются гидролизу: карбонат калия, фосфат калия, нитрат калия, нитрат ртути(II). Составьте уравнения гидролиза в молекулярной и в ионной формах.

**2-110.** Из данного перечня солей выберите те, которые в водных растворах подвергаются гидролизу: нитрат алюминия, сульфат алюминия, сульфат цинка, ацетат свинца(II). Составьте уравнения гидролиза в молекулярной и в ионной формах.

**2-111.** Из данного перечня солей выберите те, которые в водных растворах подвергаются гидролизу: хлорид олова(II), бромид натрия, нитрат хрома(III), фосфат цезия. Составьте уравнения гидролиза в молекулярной и в ионной формах.

**2-112.** Подберите по два примера веществ, гидролиз которых в водных растворах соответствует следующим ионным уравнениям:



**2-113.** В трех пронумерованных склянках без этикеток находятся растворы:

а) гидроксида натрия, карбоната натрия, соляной кислоты;

б) гидроксида калия, сульфата алюминия, серной кислоты;

в) сульфата натрия, карбоната натрия, нитрата натрия;

г) хлорида цинка, нитрата цинка, хлорида калия.

Как химическим путем определить вещества? Напишите уравнения реакций, составьте ионные уравнения.

**2-114.** Напишите уравнения реакций гидролиза: а) хлорида железа(III); б) нитрата висмута(III).

**2-115.** Цинковую пластинку поместили в водный раствор хлорида цинка. Через некоторое время можно наблюдать появление пузырьков газа. Какой это газ? Объясните произошедшее явление.

**2-116.** При смешивании растворов карбоната натрия и хлорида алюминия выпадает белый студенистый осадок и наблюдается появление пузырьков газа. Объясните произошедшее явление. Запишите уравнение реакции в молекулярной и в ионной формах.

**2-117.** Почему сульфид алюминия невозможно получить взаимодействием растворов, содержащих соответственно ион алюминия и сульфид-анион? Напишите ионное уравнение реакции, которая может происходить при взаимодействии данных растворов. Как можно получить сульфид алюминия?

**2-118.** Напишите уравнения необратимого гидролиза следующих веществ:

а) нитрида лития; б) фосфида кальция; в) карбида алюминия; г) хлорида фосфора(V).

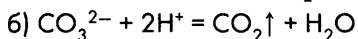
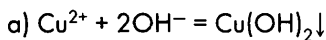
## Контрольная работа по теме «Теория электролитической диссоциации»

### Вариант 1

1. Напишите уравнения возможных реакций между следующими веществами:

- а) нитратом бария и сульфатом калия;
- б) сульфатом меди(II) и сульфидом натрия;
- в) сульфидом натрия и соляной кислотой;
- г) оксидом углерода(IV) и гидроксидом натрия;
- д) гидроксидом натрия и карбонатом калия.

2. К данным ионным уравнениям подберите молекулярные:



3. Вычислите массу осадка, который образовался при взаимодействии растворов, содержащих соответственно нитрат серебра массой 17 г и хлорид кальция массой 22,2 г.

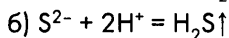
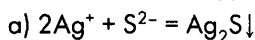
4. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить цепь превращений веществ: Кальций → Гидроксид кальция → Нитрат кальция → Карбонат кальция → Хлорид кальция → Фосфат кальция. Составьте ионные уравнения для реакций, протекающих в водном растворе с участием ионов.

### Вариант 2

1. Напишите уравнения возможных реакций между следующими веществами:

- а) нитратом серебра и хлоридом калия;
- б) сульфатом меди(II) и гидроксидом натрия;
- в) сульфитом калия и серной кислотой;
- г) оксидом магния и азотной кислотой;
- д) гидроксидом бария и сульфатом натрия.

2. К данным ионным уравнениям подберите молекулярные:



3. Вычислите массу осадка, который образовался при взаимодействии растворов, содержащих соответственно нитрат бария массой 26,1 г и серную кислоту массой 4,5 г.

4. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить цепь превращений веществ: Цинк → Сульфат цинка → Нитрат цинка → Гидроксид цинка → Хлорид цинка → Карбонат цинка. Составьте ионные уравнения для реакций, протекающих в водном растворе с участием ионов.

## Глава 3

### Сера. Соединения серы

Номенклатура некоторых соединений серы		
Формула	Название по систематической номенклатуре	Историческое название
SO <sub>2</sub>	Оксид серы(IV), диоксид серы	Сернистый газ
SO <sub>3</sub>	Оксид серы(VI), триоксид серы	Серный ангидрид
FeS <sub>2</sub>	Дисульфид железа(II)	Пирит (серный колчедан, железный колчедан)*

### 3.1. Сера. Сероводород. Сульфиды

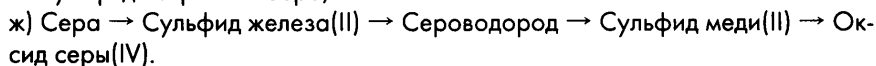
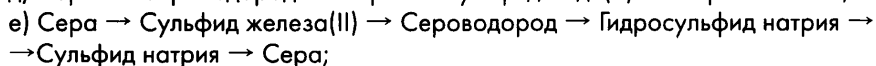
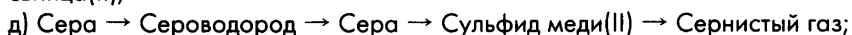
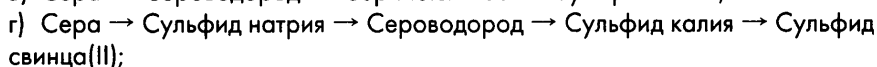
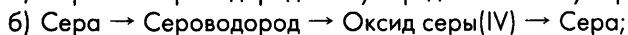
#### Вопросы и задания

- 3-1.** Приведите примеры реакций, характеризующие серу как окислитель. Напишите уравнения реакций, покажите переход электронов стрелкой.
- 3-2.** Приведите примеры реакций, характеризующие как восстановитель: а) серу; б) сероводород. Напишите уравнения реакций, покажите переход электронов стрелкой.
- 3-3.** Из данного перечня веществ выберите те, с которыми взаимодействует сера: вода, цинк, водород, железо, магний, кислород, соляная кислота. Напишите уравнения реакций.
- 3-4.** Из данного перечня веществ выберите те, с которыми взаимодействует сера: натрий, фтор, хлор, фторид натрия, сульфат натрия, уголь, медь. Напишите уравнения реакций.
- 3-5.** Из данного перечня веществ выберите те, с которыми взаимодействует сера: калий, гидроксид калия, хлорид калия, хлорат калия, серная концентрированная кислота, золото, алюминий. Напишите уравнения реакций.
- 3-6.** Напишите уравнения реакций окислительного обжига следующих веществ: а) сульфида цинка; б) сульфида свинца(II); в) сульфида меди(III); г) сульфида меди(I).
- 3-7.** Напишите уравнения реакций окислительного обжига следующих веществ: а) сульфида железа(II); б) дисульфида железа(II). К данным уравнениям реакций составьте схемы электронного баланса.
- 3-8.** Напишите уравнения реакций окислительного обжига следующих веществ: а) сульфида олова(II); б) сульфида олова(IV); в) сульфида серебра.

\* Точнее, пиритом (серным или железным колчеданом) называется минерал, основным компонентом которого является дисульфид железа(II).

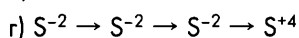
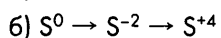
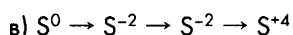
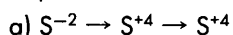


**3-9.** Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить цепочки превращений веществ:



Для реакций, протекающих в растворе с участием ионов, составьте ионные уравнения. К уравнениям всех окислительно-восстановительных реакций составьте схему электронного баланса или покажите переход электронов стрелкой.

**3-10.** Подберите вещества, с помощью которых можно осуществить реакции, в ходе которых степень окисления серы изменялась бы следующим образом:



К уравнениям окислительно-восстановительных реакций составьте схемы электронного баланса или обозначьте переход электронов стрелкой.

**3-11.** В трех пронумерованных склянках без этикеток находятся растворы хлорида натрия, сульфида натрия и соляная кислота. Как химическим путем определить вещества? Напишите уравнения реакций, составьте ионные уравнения.

**3-12.** В трех пронумерованных склянках без этикеток находятся растворы хлорида натрия, сульфида натрия и соляная кислота. Как химическим путем, не используя иных реактивов, можно определить вещества? Напишите уравнения реакций, составьте ионные уравнения.

**3-13.** В трех пронумерованных склянках без этикеток находятся растворы сульфата калия, сульфида калия и нитрата калия. Как химическим путем определить вещества? Напишите уравнения реакций, составьте ионные уравнения.

**3-14.** В пяти пронумерованных склянках без этикеток находятся растворы сульфата калия, сульфида калия, хлорида калия, нитрата свинца(II) и нитрата калия. Как химическим путем определить вещества? Напишите уравнения реакций, составьте ионные уравнения.

**3-15.** В четырех пронумерованных склянках без этикеток находятся растворы сульфата натрия, сульфида натрия, нитрата свинца(II) и нитрата калия. Как химическим путем, не используя иные реактивы, определить вещества? Напишите уравнения реакций, составьте ионные уравнения.

- 3-16.** Как можно получить сероводород в лаборатории, располагая только тремя реагентами: серой, железом и соляной кислотой? Найдите два способа решения задачи и напишите уравнения реакций. Что изменится, если в вашем распоряжении вместо железа будет медь?
- 3-17.** Напишите возможно большее количество уравнений реакций, которые можно осуществить, располагая только серой и водой. (Разрешается использовать любое оборудование и другие вещества только в качестве катализаторов.)
- 3-18.** Напишите возможно большее количество уравнений реакций, которые можно осуществить, располагая только сероводородом и кислородом. (Разрешается использовать любое оборудование; другие вещества могут служить только катализаторами.)
- 3-19.** При пропускании сероводорода через бромную воду окраска исчезает и выпадает белый осадок. Объясните произошедшее явление. Напишите уравнение реакции, составьте схему электронного баланса.
- 3-20.** Почему сульфид железа(II) или сульфид цинка растворяется в соляной кислоте, а сульфиды меди(II) или свинца(II) — нет? Ответ мотивируйте, напишите уравнения реакций.
- 3-21.** Серебряные предметы чернеют на воздухе и в воде, содержащей сероводород. Они покрываются налетом соответствующего сульфида. При этом окислителем служит кислород, находящийся в воздухе или растворенный в воде. Напишите уравнение реакции, которая отражает описываемое явление. Составьте схему электронного баланса.

### Расчетные задачи

- 3-22.** Вычислите массу серы, которую надо сжечь, чтобы получить сернистый газ объемом 56 л (н. у.). Какой объем (н. у.) кислорода для этого потребуется?
- 3-23.** Вычислите массу железа и массу серы, которые потребуются для получения сульфида железа(II) массой 22 г.
- 3-24.** Навеску цинка массой 13 г смешали с серой в стехиометрическом отношении. Вычислите массу образовавшегося сульфида. Какова масса серы, вступившей в реакцию?
- 3-25.** Какова масса воды, которую потребуется разложить электрическим током, чтобы в полученном кислороде можно было бы сжечь серу массой 16 г?
- 3-26.** Какая масса пергидроля (30%-го раствора пероксида водорода) потребуется для получения кислорода, достаточного для сжигания серы массой 8 г?
- 3-27.** Вычислите объем кислорода, который потребуется для полного сгорания сероводорода: а) объемом 5 л; б) объемом  $a$  л. Какой объем сернистого газа при этом образуется? (Объемы газов измерены при одинаковых условиях.)
- 3-28.** Хватит ли порции кислорода объемом 2 л для: а) полного сгорания сероводорода объемом 2 л; б) неполного сгорания (до S) сероводорода объемом 3 л? Ответ подтвердите расчетом. (Объемы всех газов измерены в одинаковых условиях.)

- 3-29.** Вычислите массу сульфида цинка, который потребуется для обжига, чтобы получить сернистый газ массой 64 кг.
- 3-30.** При взаимодействии навески некоторого металла массой 6,9 г с серой образовалось 11,7 г сульфида, в котором данный металл одновалентен. Определите, какой металл взаимодействовал с серой?
- 3-31.** Навеску некоторого металла массой 80,4 г смешали с серой в стехиометрическом отношении. В результате реакции образовался сульфид массой 93,2 г, в котором данный металл двухвалентен. Определите, навеска какого металла использовалась.
- 3-32.** При взаимодействии порции некоторого металла массой 51,75 г с серой образовался сульфид данного металла массой 59,75 г. Определите, какой металл вступил в реакцию.
- 3-33.** Какая масса сульфида меди(II) образуется при пропускании сероводорода объемом 4,48 л (н. у.) через 10%-й раствора сульфата меди(II) объемом 363,6 мл? (Плотность раствора равна 1,1 г/мл.)
- 3-34.** Вычислите массу сернистого газа, который получится в результате обжига сульфида цинка массой 48,5 г.
- 3-35.** Вычислите массу сернистого газа, который образуется в результате обжига технического образца сульфида цинка массой 48,5 г, содержащего 90 % ZnS.
- 3-36.** Вычислите массу сернистого газа, который получится в результате обжига сульфида цинка массой 100 г, содержащего 3 % примесей.
- 3-37.** В результате обжига загрязненного образца сульфида цинка массой 485 г образовался сернистый газ массой 256 г. Рассчитайте массовую долю примесей в образце сульфида цинка.
- 3-38.** Вычислите массу загрязненного образца сульфида цинка, содержащего 20 % примесей, необходимого для получения сернистого газа массой 25,6 г.
- 3-39.** Вычислите объем сернистого газа, полученного при сжигании порции сероводорода 107,5 л, содержащего 20 % негорючих примесей.
- 3-40.** Вычислите объемную долю примесей в сероводороде, если при сгорании исходного вещества объемом 25 л образовался сернистый газ объемом 23 л.
- 3-41.** Вычислите объем сероводорода, который потребуется для получения сернистого газа объемом 22,5 л, если известно, что для реакции используется сероводород, содержащий 10 % примесей.
- 3-42.** В образце сульфида железа(II) массой 137,5 г массовая доля основного продукта FeS составляет 96 %. Вычислите массу и объем сероводорода, который получится, если обработать данный образец избытком соляной кислоты. Какой газ выделится кроме сероводорода, если примесью сульфида железа будет свободное железо?
- 3-43.** В серном колчедане (пирите) массовая доля серы обычно составляет от 32 до 48 %. Рассчитайте массовую долю дисульфида железа(II), который содержится в образце серного колчедана, если массовая доля серы в данном образце составляет 40 %, а других компонентов, содержащих серу, в данном образце нет.

- 3-44.** Для сжигания навески смеси серы и угля массой 25 г потребовался кислород объемом 28 л (н. у.). Вычислите массовые доли серы и угля в исходной смеси.
- 3-45.** При сгорании смеси серы и угля массой 14 г образовалась смесь оксидов массой 38 г. Вычислите массовые доли компонентов в исходной смеси.
- 3-46.** Для полного сгорания порции смеси сероводорода и метана ( $\text{CH}_4$ , г.) объемом 40 л потребовался кислород объемом 70 л. Вычислите объемные доли газов в исходной смеси. (Объемы газов измерены при одинаковых условиях.)
- 3-47.** Порция смеси сероводорода и водорода массой 69 г занимает при н. у. объем, равный 56 л. Вычислите объемные доли газов в данной смеси и найдите плотность данной газовой смеси по воздуху.
- 3-48.** Навеску смеси массой 90 г сульфида натрия, хлорида натрия и фторида натрия растворили в воде. Полученный раствор разделили на две равные порции. К первой порции раствора добавили избыточное количество раствора сульфата никеля(II). В результате образовалось 22,75 г осадка. Ко второй порции раствора добавили избыток раствора нитрата серебра, в результате чего образовалась смесь осадков массой 119,4 г. Вычислите массовые доли солей в исходной смеси.
- 3-49.** Навеску сульфида железа(II) массой 22 г обработали соляной кислотой. Весь образовавшийся газ пропустили через 12%-й раствор гидроксида натрия массой 150 г. Вычислите массовые доли солей в растворе после реакции.
- 3-50.** Смесь сероводорода и кислорода объемом 150 мл взорвали. После приведения к исходным условиям и конденсации воды объем образовавшейся смеси сократился до 75 мл. Если в сосуд с образовавшейся после взрыва газовой смесью внести тлеющую лучинку, то она вспыхнет. Определите объемные доли газов в исходной смеси.

## 3.2. Сернистый газ. Сернистая кислота. Сульфиты

### Вопросы и задания

- 3-51.** Напишите уравнения реакций, подтверждающих окислительно-восстановительную двойственность оксида серы(IV). Составьте схемы электронного баланса.
- 3-52.** Напишите уравнения реакций, доказывающих кислотный характер оксида серы(IV). Составьте ионные уравнения.
- 3-53.** Из данного перечня веществ выберите те, с которыми взаимодействует оксид серы(IV): вода, азот, кислород, гидроксид калия, соляная кислота. Напишите уравнения реакций.
- 3-54.** Из данного перечня веществ выберите те, с которыми взаимодействует сернистый газ: раствор перманганата калия, сероводород, сера, гидроксид бария, серная кислота, раствор карбоната натрия. Напишите уравнения

реакций. К уравнениям окислительно-восстановительных реакций составьте схему электронного баланса.

**3-55.** Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить цепочки превращений веществ:

а) Сера  $\rightarrow$  Оксид серы(IV)  $\rightarrow$  Сульфит натрия  $\rightarrow$  Оксид серы (IV);

б) Сера  $\rightarrow$  Оксид серы(IV)  $\rightarrow$  Оксид серы(VI)  $\rightarrow$  Серная кислота  $\rightarrow$  Сульфат натрия;

в) Сера  $\rightarrow$  Сероводород  $\rightarrow$  Сернистый газ  $\rightarrow$  Серный ангидрид  $\rightarrow$  Серная кислота;

г) Сера  $\rightarrow$  Сероводород  $\rightarrow$  Оксид серы(IV)  $\rightarrow$  Оксид серы(VI)  $\rightarrow$  Серная кислота  $\rightarrow$  Сульфат меди(II)  $\rightarrow$  Сульфат бария;

д) Сульфид цинка  $\rightarrow$  Сернистый газ  $\rightarrow$  Сульфит натрия  $\rightarrow$  Сульфит свинца(II);

е) Дисульфид железа(II)  $\rightarrow$  Оксид серы(IV)  $\rightarrow$  Оксид серы(VI)  $\rightarrow$  Серная кислота;

ж) Сероводород  $\rightarrow$  Сернистый газ  $\rightarrow$  Сера  $\rightarrow$  Хлорид серы(II);

з) Сероводород  $\rightarrow$  Сера  $\rightarrow$  Сернистый газ  $\rightarrow$  Гидросульфит натрия  $\rightarrow$  Сульфит натрия  $\rightarrow$  Гидросульфит натрия;

и) Сера  $\rightarrow$  Сульфид магния  $\rightarrow$  Оксид серы(IV)  $\rightarrow$  Сульфит натрия  $\rightarrow$  Сульфат натрия  $\rightarrow$  Сульфат свинца(II).

**3-56.** Подберите вещества, с помощью которых можно осуществить реакции, в ходе которых степень окисления серы изменялась бы следующим образом:

а)  $S^{-2} \rightarrow S^{+4} \rightarrow S^{+6} \rightarrow S^{+6}$

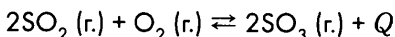
в)  $S^0 \rightarrow S^{-2} \rightarrow S^{+4} \rightarrow S^{+4}$

б)  $S^0 \rightarrow S^{+4} \rightarrow S^{+4} \rightarrow S^{+6}$

г)  $S^{-2} \rightarrow S^0 \rightarrow S^{+4} \rightarrow S^0$

К уравнениям окислительно-восстановительных реакций составьте схемы электронного баланса или обозначьте переход электронов стрелкой.

**3-57.** В какую сторону смещается химическое равновесие в реакции



при: а) охлаждении системы; б) повышении давления в системе; в) насыщении системы кислородом?

**3-58.** В трех пронумерованных склянках без этикеток находятся растворы сульфита натрия, сульфата натрия и нитрата натрия. Как химическим путем определить вещества? Напишите уравнения реакций, составьте ионные уравнения.

**3-59.** В четырех пронумерованных склянках без этикеток находятся растворы сульфата натрия, сульфита натрия, нитрата свинца(II) и серная кислота. Как химическим путем, не используя иные реактивы, определить вещества? Напишите уравнения реакций, составьте ионные уравнения.

**3-60.** Из данного перечня выберите соли, которые подвергаются гидролизу в водных растворах, и запишите уравнения гидролиза: сульфид натрия, сульфит натрия, сульфат натрия, сульфат бария, сульфид алюминия.

- 3-61.** Имеется ряд веществ: сероводород, сера, сернистый газ, кислород. Напишите уравнения возможных реакций между данными веществами, выбирая их попарно.
- 3-62.** Какими способами можно получить сернистый газ? Приведите примеры: а) окислительно-восстановительных реакций; б) реакций, протекающих без изменения степеней окисления.

### Расчетные задачи

- 3-63.** При окислении сернистого газа массой 32 г контактным способом образовался серный ангидрид массой 32 г. Вычислите выход продукта реакции от теоретически возможного.
- 3-64.** Вычислите массу оксида серы(VI), который образуется при каталитическом окислении кислородом порции оксида серы(IV) массой 640 г, если выход продукта реакции составляет 95 % от теоретически возможного.
- 3-65.** Вычислите массу оксида серы(IV), если известно, что при его окислении кислородом на ванадиевом катализаторе образовался оксид серы(VI) массой 14,4 г, а выход продукта реакции составил 90 % от теоретически возможного.
- 3-66.** Сернистый газ, полученный в результате обжига пирита массой 30 г, содержащего 80 % дисульфида железа, подвергли каталитическому окислению кислородом. Вычислите массу образовавшегося серного ангидрида, если выход продукта в результате второй реакции составил 90 % от теоретически возможного.
- 3-67.** Сернистый газ, образовавшийся при окислении избытком кислорода сероводорода объемом 2,8 л (н. у.), растворили в порции воды объемом 92 мл. Какова концентрация образовавшейся сернистой кислоты? (Разложением сернистой кислоты пренебрегите.)
- 3-68.** При полном сжигании некоторого вещества массой 7,6 г образовался углекислый газ массой 4,4 г и сернистый газ массой 12,8 г. Выведите молекулярную формулу исходного вещества.
- 3-69.** Сернистый газ, полученный в результате обжига 8 г пирита, содержащего 75 %  $\text{FeS}_2$ , пропустили через 5%-й раствор гидроксида натрия массой 120 г. Вычислите массовые доли солей в растворе после пропускания сернистого газа.
- 3-70.** Сернистый газ, полученный при сгорании в избытке кислорода сероводорода объемом 11,2 л (н. у.), пропустили через 25%-й раствор гидроксида натрия (плотность раствора 1,3 г/мл) объемом 61,5 мл. Какая соль образовалась в результате взаимодействия данной порции сернистого газа со щелочью? Какова масса этой соли?
- 3-71.** При обжиге сульфида некоторого металла массой 18,3 г, в котором данный металл четырехвалентен, был израсходован кислород объемом 6,72 л (н. у.). Сульфид этого металла иногда называют «сусальным золотом». О каком веществе идет речь? Ответ подтвердите расчетами.

### 3.3. Серная кислота. Сульфаты

Олеум – раствор оксида серы(VI) в безводной серной кислоте.

#### Вопросы и задания

- 3-72.** Из данного перечня выберите вещества, с которыми реагирует серная кислота: железо, алюминий, кислород, оксид магния, оксид фосфора(V), гидроксид калия, соляная кислота, нитрат бария, карбонат калия, хлорид натрия. Напишите уравнения реакций. Составьте ионные уравнения возможных реакций.
- 3-73.** Даны вещества: серная кислота, оксид серы(IV), гидроксид кальция, кислород. Напишите уравнения возможных реакций между данными веществами, выбирая их попарно.
- 3-74.** Напишите уравнения реакций, доказывающих, что серная кислота проявляет окислительные свойства: а) за счет ионов водорода; б) за счет серы в высшей степени окисления.
- 3-75.** Напишите уравнения реакций окисления концентрированной серной кислотой: а) калия; б) цинка; в) меди. Составьте схемы электронного баланса.
- 3-76.** Напишите уравнения реакций окисления концентрированной серной кислотой: а) натрия; б) магния; в) серебра. Составьте схемы электронного баланса.
- 3-77.** Напишите уравнения реакций окисления концентрированной серной кислотой: а) угля; б) серы; в) фосфора. Составьте схемы электронного баланса.
- 3-78.** Напишите уравнения реакций окисления концентрированной серной кислотой: а) иодоводорода; б) сероводорода; в) иодида калия. Составьте схемы электронного баланса.
- 3-79.** При взаимодействии сахара и концентрированной серной кислоты реакционная масса сначала чернеет, а затем вспенивается и значительно увеличивается в объеме. Объясните, какие процессы происходят в ходе опыта.
- 3-80.** Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить цепочки превращений веществ:
- а) Сера → Оксид серы(IV) → Оксид серы(VI) → Серная кислота → Оксид серы(IV) → Сульфит натрия → Оксид серы(IV);
- б) Сера → Оксид серы(IV) → Оксид серы(VI) → Серная кислота → Сульфат калия → Сульфат бария;
- в) Дисульфид железа(II) → Оксид серы(IV) → Оксид серы(VI) → Серная кислота → Сульфат меди(II) → Сульфат цинка;
- г) Сероводород → Сернистый газ → Серный ангидрид → Серная кислота → Сульфат натрия → Сульфат стронция.
- 3-81.** Подберите вещества, с помощью которых можно осуществить реакции, в ходе которых степень окисления серы изменялась бы следующим образом:
- а)  $S^{-2} \rightarrow S^{+4} \rightarrow S^{+6} \rightarrow S^{+4}$ ;      в)  $S^{-2} \rightarrow S^{+4} \rightarrow S^{+6} \rightarrow S^{-2}$ ;
- б)  $S^{-1} \rightarrow S^{+4} \rightarrow S^{+6} \rightarrow S^{+4} \rightarrow S^{+6}$ ;      г)  $S^0 \rightarrow S^{+4} \rightarrow S^{+6} \rightarrow S^0$ .

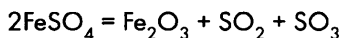
К уравнениям окислительно-восстановительных реакций составьте схемы электронного баланса или обозначьте переход электронов стрелкой.

- 3-82.** С какими из перечисленных веществ реагирует серная кислота: медь, магний, оксид меди(II), гидроксид магния, хлорид магния, оксид азота(V), золото? Напишите уравнения возможных реакций, к уравнениям окислительно-восстановительных реакций составьте схему электронного баланса.
- 3-83.** С какими из перечисленных ниже веществ реагирует серная кислота: серебро, алюминий, оксид цинка, гидроксид калия, силикат натрия, оксид хлора(VII), платина? Напишите уравнения возможных реакций (к уравнениям окислительно-восстановительных реакций составьте электронный баланс; к уравнениям реакций ионного обмена запишите ионные уравнения).
- 3-84.** В трех склянках без этикеток находятся растворы: сульфата натрия, нитрата натрия и серной кислоты. Как химическим путем определить, какой раствор находится в каждой из склянок? Напишите уравнения реакций.
- 3-85.** В трех склянках без этикеток находятся растворы: хлорида калия, соляной и серной кислоты. Как химическим путем определить, какой раствор находится в каждой из склянок? Напишите уравнения реакций.
- 3-86.** В четырех склянках без этикеток находятся растворы: хлорида калия, соляной кислоты, серной кислоты и сульфата натрия. Как химическим путем определить, какой раствор находится в каждой из склянок? Напишите уравнения реакций.
- 3-87.** В четырех склянках без этикеток находятся растворы: сульфата меди(II), хлорида бария, гидроксида натрия, хлорида меди(II). Как без помощи других реактивов можно определить вещества? Напишите уравнения реакций, составьте ионные уравнения.
- 3-88.** После одного из уроков химии в кабинете был найден кусочек «шпаргалки», на котором сохранились фрагменты некоторых уравнений реакций:
- $$\dots \rightarrow \text{S} + \text{H}_2\text{O}$$
- $$\dots \rightarrow \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{SO}_2 \uparrow$$
- $$\dots \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{S} \uparrow + \text{H}_2\text{O}$$
- $$\dots \rightarrow \text{CO}_2 \uparrow + \text{SO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$$
- Попробуйте восстановить «шпаргалку» и расставить коэффициенты в уравнениях реакций методом электронного баланса.
- 3-89.** Как можно, имея в распоряжении сероводород и воздух и не используя иных реактивов, но располагая всем возможным оборудованием, получить серную кислоту? Напишите уравнения реакций.
- 3-90.** Как, располагая железом, серой, соляной кислотой и воздухом, можно получить сульфат железа(III)? Напишите уравнения всех необходимых для данного синтеза химических реакций, обозначив условия их проведения. Считайте, что для данного синтеза вы располагаете любым оборудованием, но ограничены имеющимися реактивами.



### Расчетные задачи

- 3-91.** Смешали два раствора, содержащих соответственно сульфат натрия массой 71 г и хлорид бария массой 52 г. Вычислите массу образовавшегося осадка.
- 3-92.** Смешали два раствора, содержащих соответственно серную кислоту массой 196 г и гидроксид кальция массой 222 г. Вычислите массу образовавшейся соли. Какова реакция среды в растворе после реакции?
- 3-93.** Кусочки меди массой 16 г обработали 98%-м раствором серной кислоты массой 70 г. Вычислите массу и объем (н. у.) образовавшегося сернистого газа.
- 3-94.** Производительность установки по производству серной кислоты составляет в среднем 1500 т серной кислоты (в пересчете на 100 %) в сутки. На получение 1 т серной кислоты расходуется 820 кг пирита. Вычислите: 1) выход серной кислоты от теоретически возможного, если в пирите содержится: а) 84 % дисульфида железа(II); б) 75 % дисульфида железа(II); 2) массу пирита, который будет израсходован за сутки в каждом из этих случаев.
- 3-95.** Какая масса железного колчедана содержащего 80 % дисульфида железа(II), потребуется для получения так называемой контактной серной кислоты (раствор с массовой долей серной кислоты 92,5 %) массой 1 т, если выход продукта производства составит 94,4 % от теоретически возможного?
- 3-96.** Вычислите массу минерала халькозина, содержащего 80 % сульфида меди(I), необходимого для получения 196 т «башенной серной кислоты» (75%-го раствора серной кислоты), считая, что выход продукта от теоретически возможного составит 80 %.
- 3-97.** Навеску смеси сульфата натрия, нитрата натрия и карбоната натрия массой 56 г растворили в воде и обработали избыточным количеством раствора нитрата бария. В результате реакции образовался осадок массой 69,9 г. Если точно такое же количество смеси обработать избытком соляной кислоты, то выделяется газ объемом 2,24 л (н. у.). Вычислите массы компонентов в порции исходной смеси.
- 3-98.** Вычислите массу медного купороса ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ), который потребуется для приготовления 10%-го раствора сульфата меди(II) массой 160 г.
- 3-99.** Исторический способ получения серной кислоты заключается в прокаливании в реторте железного купороса  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ . При этом железный купорос сначала теряет кристаллизационную воду, а затем разлагается по уравнению:



Серный ангидрид, взаимодействуя с водой, образует серную кислоту. Этот способ получения объясняет ее старинное название — купоросное масло. Рассчитайте, какую массу 50%-го раствора серной кислоты можно получить из железного купороса массой 69,5 г.

- 3-100.** К порции воды массой 160 г добавили 40 г серного ангидрида. Вычислите массовую долю серной кислоты в образовавшемся растворе.
- 3-101.** Какая масса серного ангидрида и какая масса 10%-го раствора потребуется для приготовления 20%-го раствора серной кислоты массой 200 г?
- 3-102.** К порции 25%-го раствора серной кислоты массой 120 г добавили серный ангидрид массой 650 г. Вычислите массовую долю серного ангидрида в образовавшемся oleуме.
- 3-103.** Вычислите массу серного ангидрида, который необходимо добавить к 20%-му раствору серной кислоты массой 200 г, чтобы получить 10%-й oleум.
- 3-104.** Вычислите массу 50%-й серной кислоты и массу серного ангидрида, которые необходимо взять, чтобы получить 200 г 20%-го oleума.
- 3-105.** Вычислите массу серного ангидрида и массу 25%-го раствора серной кислоты, необходимых для приготовления 20%-го oleума массой 400 г.
- 3-106.** Вычислите массу серного ангидрида и массу 40%-го раствора серной кислоты, необходимых для приготовления 200 г 16%-го oleума.

## Контрольная работа по теме «Сера. Соединения серы»

### Вариант 1

1. Вычислите массу оксида серы(VI), который образовался при окислении кислородом оксида серы(IV) массой 16 г, если выход продукта реакции составляет 80 % от теоретически возможного.

2. Вычислите массовую долю примесей, содержащихся в образце пирита, если при обжиге такого образца массой 32 г образовался оксид серы(IV) массой 25,6 г. (Основной реагент, содержащийся в пирите, —  $\text{FeS}_2$ .)

3. Из перечня данных веществ выберите те, с которыми реагирует серная кислота: медь, кислород, оксид меди(II), оксид серы(IV), гидроксид меди(II), нитрат бария.

Напишите уравнения реакций. К уравнениям окислительно-восстановительных реакций составьте схему электронного баланса. Для реакций ионного обмена составьте ионные уравнения.

4. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить цепочку превращений веществ:

Сера  $\rightarrow$  Оксид серы(IV)  $\rightarrow$  Оксид серы(VI)  $\rightarrow$  Серная кислота  $\rightarrow$  Оксид серы(IV).

К уравнениям окислительно-восстановительных реакций составьте схему электронного баланса.

### Вариант 2

1. Вычислите массу оксида серы(IV), который потребуется для окисления кислородом, чтобы получить оксид серы(VI) массой 50 г. Выход продукта реакции принять равным 80 % от теоретически возможного.

2. Вычислите массу оксида серы(IV), который можно получить при обжиге пирита массой 32 г, если массовая доля примесей в образце пирита, взятого для реакции, составляет 25 %. (Основной реагент, содержащийся в пирите, —  $\text{FeS}_2$ .)

**3.** Из перечня данных веществ выберите те, с которыми реагирует серная кислота: магний; оксид углерода(IV); оксид цинка; золото; гидроксид цинка; хлорид бария.

Напишите уравнения реакций. К уравнениям окислительно-восстановительных реакций составьте схему электронного баланса. Для реакций ионного обмена составьте ионные уравнения.

**4.** Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить цепочку превращений веществ:

Сероводород → Оксид серы(IV) → Оксид серы(VI) → Серная кислота → Сульфат меди(II).

К уравнениям окислительно-восстановительных реакций составьте схему электронного баланса.

## Глава 4

### Азот. Соединения азота

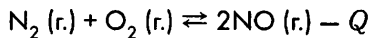
Номенклатура некоторых соединений азота		
Формула	Название по систематической номенклатуре	Историческое название
$\text{HNO}_3$	Азотная кислота	—
$\text{N}_2\text{O}_5$	Оксид азота(V)	Азотный ангидрид
$\text{NaNO}_3$	Нитрат натрия	Натриевая (чилийская) селитра
$\text{NO}_2$	Оксид азота(IV), диоксид азота	Двуокись азота
$\text{HNO}_2$	Азотистая кислота	—
$\text{N}_2\text{O}_3$	Оксид азота(III)	Азотистый ангидрид
$\text{NO}$	Оксид азота(II), монооксид азота	Окись азота
$\text{N}_2\text{O}$	Оксид азота(I)	Закись азота, веселящий газ
$\text{NH}_2\text{OH}$	Гидроксиламин	—
$\text{N}_2\text{H}_4$	Гидразин	—
$\text{NH}_3$	Аммиак	—
$\text{NH}_4\text{NO}_3$	Нитрат аммония	Аммиачная селитра

#### 4.1. Азот. Аммиак. Соли аммония

##### Вопросы и задания

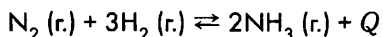
4-1. Напишите уравнения реакций, характеризующие азот как: а) окислитель; б) восстановитель. Составьте схемы электронного баланса или обозначьте переход электронов стрелкой.

4-2. В какую сторону смещается химическое равновесие в реакции



при: а) охлаждении системы; б) повышении давления в системе; в) насыщении системы кислородом?

4-3. В какую сторону смещается химическое равновесие в реакции



при: а) нагревании системы; б) повышении давления в системе; в) насыщении системы водородом?

**4-4.** Из данного перечня выберите вещества, с которыми взаимодействует азот, и составьте уравнения реакций: магний, сера, вода, водород, литий, алюминий.

**4-5.** Из данного перечня выберите вещества, с которыми взаимодействует аммиак: хлороводород, гидроксид натрия, кислород, азот, серная кислота. Составьте уравнения реакций.

**4-6.** Из данного перечня выберите вещества, с которыми взаимодействует аммиак: сероводород, гидроксид калия, азотная кислота, хлорид натрия, кислород, водород. Составьте уравнения реакций.

**4-7.** Из данного перечня выберите вещества, с которыми взаимодействует хлорид аммония: хлороводород, гидроксид калия, нитрат натрия, нитрат серебра, аммиак. Составьте уравнения реакций.

**4-8.** Даны вещества: азот, аммиак, гидроксид натрия, кислород, серная кислота. Напишите уравнения возможных реакций между данными веществами, выбирая их попарно.

**4-9.** Предложите способ разделения смеси хлоридов натрия и аммония.

**4-10.** Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить цепочку превращений веществ:

а) Азот → Аммиак → Сульфат аммония → Аммиак → Азот → Оксид азота(II);

б) Аммиак → Азот → Аммиак → Нитрат аммония → Аммиак → Оксид азота(II);

в) Аммиак → Азот → Нитрид магния → Аммиак → Хлорид аммония → Аммиак;

г) Азот → Аммиак → Карбонат аммония → Хлорид аммония → Аммиак → Азот;

д) Карбонат аммония → Аммиак → Азот → Нитрид лития → Аммиак → Ацетат аммония;

е) Метан → Водород → Аммиак → Вода → Водород → Хлороводород → Хлорид аммония.

К уравнениям окислительно-восстановительных реакций составьте схему электронного баланса. Для реакций ионного обмена запишите ионные уравнения.

**4-11.** Подберите вещества, с помощью которых можно осуществить реакции, в ходе которых степень окисления азота изменялась бы следующим образом:

а)  $N^0 \rightarrow N^{-3} \rightarrow N^{+2}$

б)  $N^0 \rightarrow N^{-3} \rightarrow N^0 \rightarrow N^{+2}$

в)  $N^0 \rightarrow N^{-3} \rightarrow N^{-3} \rightarrow N^{-3} \rightarrow N^{+2}$

К уравнениям окислительно-восстановительных реакций составьте схемы электронного баланса или обозначьте переход электронов стрелкой.

- 4-12. Как можно аммиак отличить от углекислого газа? Найдите несколько различных способов.
- 4-13. В трех пронумерованных склянках без этикеток находятся растворы хлорида натрия, хлорида аммония и нитрата аммония. Как химическим путем определить вещества? Напишите уравнения реакций, составьте ионные уравнения.
- 4-14. В трех пронумерованных склянках без этикеток находятся растворы сульфата натрия, сульфата аммония и нитрата натрия. Как химическим путем определить вещества? Напишите уравнения реакций, составьте ионные уравнения.
- 4-15. В четырех закрытых сосудах находятся газы: водород, азот, кислород, углекислый газ. Как можно определить вещества?
- 4-16. Напишите уравнения реакций термического разложения а) нитрата аммония; б) нитрита аммония; в) дихромата аммония. Составьте схемы электронного баланса.

### Расчетные задачи

- 4-17. Вычислите массу нитрида лития, который можно получить при взаимодействии навески лития массой 0,7 г с азотом. Какой объем азота (н. у.) для этого потребуется?
- 4-18. Вычислите массу и объем аммиака, который потребуется для восстановления меди из оксида меди(II) массой 40 г.
- 4-19. Вычислите объем аммиака (н. у.), который можно получить при взаимодействии гидроксида кальция массой 18,5 г с сульфатом аммония, взятом в стехиометрическом соотношении.
- 4-20. Вычислите объем (н. у.) аммиака, который можно получить при взаимодействии сульфата аммония массой 33 г и гидроксида кальция массой 37 г.
- 4-21. Смесь гидроксида кальция массой 111 г и нитрата аммония массой 200 г тщательно перемешали и нагрели. Вычислите объем выделившегося газа (н. у.).
- 4-22. Вычислите массу аммиачной воды (25%-го раствора аммиака), которая получится при растворении в воде аммиака, выделившегося при взаимодействии сульфата аммония массой 33 г и гидроксида кальция массой 37 г.
- 4-23. Вычислите объем (н. у.) аммиака, который можно получить при взаимодействии хлорида аммония массой 10,7 г и гидроксида кальция массой 8 г.
- 4-24. Вычислите массу нашатырного спирта (10%-го раствора аммиака), который образуется при растворении аммиака, полученного при взаимодействии нашатыря (хлорида аммония) массой 10,7 г и едкого натра (гидроксида натрия) массой 12,5 г, содержащего 4 % примесей.
- 4-25. Вычислите объем аммиака, который можно получить из порции азота объемом 10 л, если выход продукта в ходе синтеза составит 16 % от теоретически возможного. (Объемы газов измеряются при одинаковых условиях.)
- 4-26. Вычислите массу азота и массу водорода, которые потребуются для синтеза аммиака, необходимого для приготовления 100 л аммиачной воды

(25%-го раствора аммиака). Плотность аммиачной воды составляет 0,9 г/мл, выход аммиака примите равным 20 % от теоретически возможного.

- 4-27.** Вычислите выход продукта реакции каталитического окисления аммиака на промышленной установке, если при окислении порции аммиака массой 102 кг в среднем получается монооксид азота массой 117 кг.
- 4-28.** Имеется смесь хлорида аммония, хлорида калия и нитрата калия. Если порцию такой смеси массой 4 г обработать избытком гидроксида калия при нагревании, то можно получить 224 мл (н. у.) газообразного вещества. Если точно такую же порцию смеси растворить в большом объеме воды и добавить избыток раствора нитрата серебра, то образуется 2,87 г осадка. Вычислите массовые доли компонентов в исходной смеси.
- 4-29.** Навеску смеси хлорида аммония, сульфата аммония и сульфата натрия массой 65 г растворили в воде и добавили избыток хлорида бария. В результате образовался осадок массой 93,2 г. Когда точно такую же порцию сухой смеси обработали щелочью, то удалось получить 47,6 г 25%-го раствора аммиака. Вычислите массовые доли каждого из компонентов в смеси.

## 4.2. Оксиды азота. Азотная кислота. Нитраты

### Вопросы и задания

- 4-30.** Напишите уравнения реакций взаимодействия меди с: а) разбавленной азотной кислотой; б) концентрированной азотной кислотой. Составьте схемы электронного баланса.
- 4-31.** Напишите уравнения реакций взаимодействия ртути с: а) холодной разбавленной азотной кислотой; б) горячей концентрированной азотной кислотой. Составьте схемы электронного баланса.
- 4-32.** Напишите уравнения реакций концентрированной азотной кислоты с: а) серебром; б) цинком; в) магнием. Составьте схемы электронного баланса.
- 4-33.** Напишите уравнения реакций концентрированной азотной кислоты с: а) серой; б) углем; в) иодом. Составьте схемы электронного баланса.
- 4-34.** Напишите уравнения реакций разбавленной азотной кислоты с: а) оловом; б) цинком; в) магнием. Составьте схемы электронного баланса.
- 4-35.** Напишите уравнения реакций азотной кислоты с: а) цинком; б) оксидом цинка; в) гидроксидом цинка; г) карбонатом цинка. Составьте схемы электронного баланса к уравнениям окислительно-восстановительных реакций и ионные уравнения для реакций ионного обмена.
- 4-36.** Напишите уравнения реакций азотной кислоты с: а) медью; б) оксидом меди(II); в) гидроксидом меди(II); г) карбонатом гидроксомеди(II). Составьте схемы электронного баланса к уравнениям окислительно-восстановительных реакций и ионные уравнения для реакций ионного обмена.
- 4-37.** Преобразуйте данные схемы в уравнения реакций, расставьте коэффициенты методом электронного баланса:

- а)  $\text{Na} + \text{HNO}_3 (100\%) \rightarrow \text{N}_2\text{O} + \dots + \dots$   
 б)  $\text{Cu}_2\text{S} + \text{HNO}_3 (\text{конц.}) \rightarrow \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + \text{NO}_2 + \dots + \dots$   
 в)  $\text{I}_2 + \text{HNO}_3 (\text{конц.}) \rightarrow \text{HIO}_3 + \dots + \dots$   
 г)  $\text{HI} + \text{HNO}_3 (\text{конц.}) \rightarrow \text{HIO}_3 + \dots + \dots$   
 д)  $\text{HNO}_3 (\text{конц.}) + \text{H}_2\text{S} \rightarrow \dots + \dots + \dots$

**4-38.** Напишите уравнения реакций термического разложения нитратов: а) калия; б) меди(II); в) серебра. Составьте схемы электронного баланса.

**4-39.** Напишите уравнения реакций термического разложения нитратов: а) натрия; б) кальция; в) бария. Составьте схемы электронного баланса.

**4-40.** Напишите уравнения реакций термического разложения нитратов: а) магния; б) свинца(II); в) лития. Составьте схемы электронного баланса.

**4-41.** Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить цепочку превращений веществ:

а) Азот  $\rightarrow$  Аммиак  $\rightarrow$  Оксид азота(II)  $\rightarrow$  Оксид азота(IV)  $\rightarrow$  Азотная кислота  $\rightarrow$  Нитрат аммония;

б) Азот  $\rightarrow$  Аммиак  $\rightarrow$  Оксид азота(II)  $\rightarrow$  Оксид азота(IV)  $\rightarrow$  Нитрат натрия  $\rightarrow$  Азотная кислота;

в) Азот  $\rightarrow$  Аммиак  $\rightarrow$  Оксид азота(II)  $\rightarrow$  Оксид азота(IV)  $\rightarrow$  Азотная кислота  $\rightarrow$  Оксид азота(IV)  $\rightarrow$  Азотная кислота  $\rightarrow$  Оксид азота(IV)  $\rightarrow$  Нитрат натрия  $\rightarrow$  Нитрит натрия  $\rightarrow$  Нитрат натрия;

г) Азотная кислота  $\rightarrow$  Нитрат меди(II)  $\rightarrow$  Оксид азота(IV)  $\rightarrow$  Нитрит калия  $\rightarrow$  Нитрат калия  $\rightarrow$  Азотная кислота  $\rightarrow$  Азот;

д) Нитрат серебра  $\rightarrow$  Азотная кислота  $\rightarrow$  Нитрат аммония  $\rightarrow$  Оксид азота(I);

е) Оксид азота(III)  $\rightarrow$  Нитрит калия  $\rightarrow$  Нитрат калия  $\rightarrow$  Азотная кислота  $\rightarrow$  Нитрат цинка  $\rightarrow$  Оксид азота(IV)  $\rightarrow$  Нитрат бария;

ж) Азотная кислота  $\rightarrow$  Оксид азота(V)  $\rightarrow$  Азотная кислота  $\rightarrow$  Оксид азота(II).

Уравнения окислительно-восстановительных реакций запишите или со схемой электронного баланса, или с обозначением перехода электронов стрелкой.

**4-42.** Подберите вещества, с помощью которых можно осуществить реакции, в ходе которых степень окисления азота изменялась бы следующим образом:

а)  $\text{N}^0 \rightarrow \text{N}^{+2} \rightarrow \text{N}^{+4} \rightarrow \text{N}^{+5} \rightarrow \text{N}^{+4}$

б)  $\text{N}^0 \rightarrow \text{N}^{-3} \rightarrow \text{N}^{+2} \rightarrow \text{N}^{+4} \rightarrow \text{N}^{+5} \rightarrow \text{N}^{+2}$

в)  $\text{N}^{-3} \rightarrow \text{N}^0 \rightarrow \text{N}^{+2} \rightarrow \text{N}^{+4} \rightarrow \text{N}^{+3}$

г)  $\text{N}^{+5} \rightarrow \text{N}^0 \rightarrow \text{N}^{+2} \rightarrow \text{N}^{+4} \rightarrow \text{N}^{+5} \rightarrow \text{N}^{+5} \rightarrow \text{N}^{+3}$

К уравнениям окислительно-восстановительных реакций составьте схемы электронного баланса или обозначьте переход электронов стрелкой.

**4-43.** В трех пронумерованных склянках без этикеток находятся растворы нитрата натрия, нитрата свинца(II) и нитрата аммония. Как химическим путем определить вещества? Напишите уравнения реакций, составьте ионные уравнения.



- 4-44.** В трех пронумерованных склянках без этикеток находятся растворы нитрата калия, ацетата калия и вода. Как химическим путем определить вещества? Напишите уравнения реакций, составьте ионные уравнения. Предложите несколько способов.
- 4-45.** В трех пронумерованных склянках без этикеток находятся растворы нитрата калия, нитрата свинца(II) и нитрита натрия. Как с помощью только индикаторов определить вещества? На чем основан этот метод?
- 4-46.** В четырех закрытых сосудах находятся газы: азот, кислород, оксид азота(II), оксид азота(IV). Как можно определить вещества?
- 4-47.** В четырех закрытых сосудах находятся газы: водород, оксид азота (I), оксид серы(IV), хлор. Как можно определить вещества?
- 4-48.** Как можно, имея в распоряжении природный газ и воздух и не используя иных реактивов, но располагая всем возможным оборудованием, получить нитрат аммония? Запишите уравнения реакций.
- 4-49.** Можно ли, имея в распоряжении только воздух и воду и не используя иных веществ, но располагая всем возможным оборудованием, получить соль? Если это возможно, запишите уравнения реакций.

#### Расчетные задачи

- 4-50.** Вычислите массу горячего концентрированного раствора азотной кислоты с массовой долей  $\text{HNO}_3$  98 %, который потребуется для взаимодействия с навеской меди массой 32 г для получения оксида азота(IV).
- 4-51.** Промышленность выпускает два сорта концентрированной азотной кислоты: первый — с массовой долей  $\text{HNO}_3$  98 % и второй — с массовой долей  $\text{HNO}_3$  97 %. Вычислите объем раствора азотной кислоты первого сорта и объем раствора азотной кислоты второго сорта, которые потребовались бы для взаимодействия с медью массой 32 г для получения оксида азота(IV). (Плотность растворов составляет  $1,5 \text{ г/см}^3$ .)
- 4-52.** Промышленность выпускает три сорта разбавленной азотной кислоты: 55%-й, 47%-й и 45%-й. Вычислите массу каждого из растворов, который потребуется для получения нитрата аммония массой 800 кг.
- 4-53.** Вычислите массу 55%-го раствора азотной кислоты, образующийся из оксида азота(IV) массой 1 кг, если выход кислоты составляет 98 % от теоретически возможного.
- 4-54.** На основании термохимического уравнения реакции гидратации азотного ангидрида
- $$\text{N}_2\text{O}_5 (\text{тв.}) + \text{H}_2\text{O} (\text{ж.}) = 2\text{HNO}_3 (\text{ж.}) + 19,7 \text{ кДж/моль}$$
- вычислите количество теплоты, выделившееся в результате гидратации азотного ангидрида массой 27 г.
- 4-55.** Навеску смеси порошков меди и алюминия массой 25 г обработали избытком горячей концентрированной азотной кислоты. В результате реакции образовалось 8,96 л (н. у.) газа. Вычислите массовые доли металлов в исходной смеси.

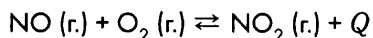
- 4-56.** Порцию меди растворили в азотной кислоте. Образовавшийся раствор выпарили, а сухой остаток прокалили. В результате получили порцию вещества массой 8 г. Какова масса исходной порции меди?
- 4-57.** Порцию свинца растворили в азотной кислоте. Образовавшийся раствор выпарили, а сухой остаток прокалили. В результате получили порцию вещества массой 44,6 г. Какова масса исходной порции свинца?
- 4-58.** Порцию 10%-го раствора гидроксида калия (плотность раствора 1,109 г/см<sup>3</sup>), объем которой составляет 72,137 мл, смешали с порцией 20%-го раствора азотной кислоты (плотность раствора 1,115 г/см<sup>3</sup>), объем которой составляет 113 мл. Образовавшийся раствор выпарили и сухой остаток прокалили. Вычислите массу полученного сухого остатка.
- 4-59.** Навеску латуни (сплава меди с цинком) массой 100 г растворили в азотной кислоте. Полученный раствор нитратов аккуратно выпарили и полученную смесь безводных нитратов взвесили. Масса нитратов составила 292,56 г. Вычислите массовые доли цинка и меди в латуни.
- 4-60.** При растворении оксида азота(IV) в воде образуется смесь азотной и азотистой кислот. Составьте уравнение реакции и рассчитайте массовые доли кислот в растворе, полученном при растворении порции оксида азота(IV) объемом 2,24 л (н. у.) в 1 л воды. Выход продуктов реакции примите 100%-м. К какому типу относится данная окислительно-восстановительная реакция?
- 4-61.** Вычислите массу нитрата и нитрита натрия, полученных при взаимодействии избытка диоксида азота с 20%-м раствором гидроксида натрия массой 200 г.
- 4-62.** Как известно, золото не растворяется в азотной кислоте, но его можно растворить в «царской водке». Этот процесс можно описать схемой:
- $$\text{Au} + \text{HNO}_3 + \text{HCl} \rightarrow \text{H}[\text{AuCl}_4] + \text{NO}\uparrow + \text{H}_2\text{O}$$
- Преобразуйте данную схему в уравнение реакции и рассчитайте массу 98%-го раствора азотной кислоты и массу 30%-го раствора соляной кислоты, которые потребуются для приготовления «царской водки», необходимой для растворения золота массой 3,94 г.
- 4-63.** Порох представляет собой смесь селитры (KNO<sub>3</sub>), серы и угля. Реакцию горения пороха можно описать схемой: KNO<sub>3</sub> + C + S → N<sub>2</sub>↑ + CO<sub>2</sub>↑ + K<sub>2</sub>S. Составьте схему электронного баланса и преобразуйте данную схему в уравнение реакции. Вычислите, какая масса нитрата калия (калиевой селитры), угля и серы потребуется для получения пороха массой 100 г, если количество исходных веществ взять в стехиометрическом отношении.
- 4-64.** При прокаливании навески нитрата некоторого металла массой 18,3 г образовался оксид металла массой 7,5 г. Определите, нитрат какого металла был взят для реакции, если известно, что в исходном нитрате и в оксиде металл двухвалентен.
- 4-65.** К порции воды массой 475,8 г добавили навеску кристаллогидрата нитрата меди(II) Cu(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> · 3H<sub>2</sub>O массой 24,2 г. Вычислите массовую долю нитрата меди(II) в образовавшемся растворе.

- 4-66.** При прокаливании на воздухе навески смеси меди и нитрата меди(II) масса навески не изменилась. Напишите уравнения произошедших реакций и рассчитайте массовые доли компонентов в исходной смеси.

### Контрольная работа по теме «Азот. Соединения азота»

#### Вариант 1

1. Преобразуйте данную схему в уравнение реакции и предложите все возможные способы смещения равновесия реакции вправо:



2. Вычислите, какую массу азотной кислоты (в расчете на 100 %  $\text{HNO}_3$ ) можно получить на промышленной установке за сутки, если за это время будет израсходован азот массой 61,6 т, а выход азотной кислоты составит 96 % от теоретически возможного.

3. Напишите уравнения реакций термического разложения следующих веществ: хлорида аммония, нитрата калия, нитрата меди(II), карбоната аммония. Какие из этих реакций являются окислительно-восстановительными? Составьте к уравнениям окислительно-восстановительных реакций схемы электронного баланса.

4. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить цепочку превращений веществ:

Хлорид аммония  $\rightarrow$  Аммиак  $\rightarrow$  Азот  $\rightarrow$  Оксид азота(II)  $\rightarrow$  Оксид азота(IV)  $\rightarrow$  Азотная кислота  $\rightarrow$  Оксид азота(II).

Уравнения окислительно-восстановительных реакций запишите или со схемой электронного баланса, или с обозначением перехода электронов стрелкой.

#### Вариант 2

1. Преобразуйте данную схему в уравнение реакции и предложите все возможные способы смещения равновесия реакции вправо:



2. Вычислите массовую долю примесей, содержащихся в образце нитрата натрия, если при нагревании данного образца массой 20 г удалось получить кислород объемом 2,24 л (н. у.).

3. Из данного перечня веществ выберите те, с которыми будет реагировать разбавленная азотная кислота: свинец, оксид свинца(II), гидроксид свинца(II), сульфат свинца(II), карбонат свинца(II). Запишите уравнения реакций. Составьте к уравнениям окислительно-восстановительных реакций схемы электронного баланса, а для реакций ионного обмена составьте ионные уравнения.

4. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить цепочку превращений веществ:

Азот  $\rightarrow$  Аммиак  $\rightarrow$  Оксид азота(II)  $\rightarrow$  Оксид азота(IV)  $\rightarrow$  Азотная кислота  $\rightarrow$  Нитрат аммония  $\rightarrow$  Аммиак.

Уравнения окислительно-восстановительных реакций запишите или со схемой электронного баланса, или с обозначением перехода электронов стрелкой.

## Глава 5

# Фосфор. Соединения фосфора

Номенклатура некоторых соединений фосфора		
Формула	Название по систематической номенклатуре	Историческое название
$H_3PO_4$	Ортофосфорная кислота	—
$H_4P_2O_7$	Дифосфорная кислота	Пирофосфорная кислота
$HPO_3$	Метафосфорная кислота	—
$P_2O_5$	Оксид фосфора(V)	Фосфорный ангидрид
$H_3PO_3$	Фосфоновая кислота	Фосфористая кислота
$P_2O_3$	Оксид фосфора(III)	Фосфористый ангидрид
$PH_3$	Фосфин	—
$PH_4Cl$	Хлорид фосфония	—

### Вопросы и задания

- 5-1. Напишите уравнения реакций, характеризующие фосфор как: а) окислитель; б) восстановитель. Составьте схемы электронного баланса или обозначьте переход электронов стрелкой.
- 5-2. Сравните, как окисляются кислородом простые вещества азот и фосфор (в разных аллотропных модификациях). Объясните отличия. Запишите уравнения реакций.
- 5-3. Сравните водородные соединения азота (аммиак) и фосфора (фосфин). Найдите сходства и отличия. Ответ подтвердите уравнениями реакций.
- 5-4. Из данного перечня веществ выберите те, с которыми взаимодействует фосфор: магний, алюминий, кислород, азот. Напишите уравнения реакций, составьте схемы электронного баланса или обозначьте переход электронов стрелкой.
- 5-5. Из данного перечня веществ выберите те, с которыми взаимодействует фосфор: кальций, сера, гелий, хлор. Напишите уравнения реакций, составьте схемы электронного баланса или обозначьте переход электронов стрелкой.
- 5-6. Из данного перечня веществ выберите те, с которыми взаимодействует фосфор: фтор, хлорат калия (бертолетова соль), хлорид калия, азотная концентрированная кислота. Напишите уравнения реакций, составьте схемы электронного баланса или обозначьте переход электронов стрелкой.

**5-7.** Из данного перечня веществ выберите те, с которыми взаимодействует оксид фосфора(V): гидроксид калия, соляная кислота, азотная кислота, оксид бария, хлорид натрия. Напишите уравнения реакций, составьте схемы электронного баланса или обозначьте переход электронов стрелкой

**5-8.** Из данного перечня веществ выберите те, с которыми взаимодействует ортофосфорная кислота: магний, медь, оксид лития, гидроксид бария, оксид углерода(IV), соляная кислота, карбонат натрия. Напишите уравнения реакций. Для реакций ионного обмена составьте ионные уравнения.

**5-9.** Даны вещества: ортофосфорная кислота, фосфат кальция, гидроксид натрия, серная кислота. Напишите уравнения возможных реакций между данными веществами, выбирая их попарно.

**5-10.** Даны вещества: оксид фосфора(V), углекислый газ, гидроксид калия, оксид кальция. Напишите уравнения возможных реакций между данными веществами, выбирая их попарно.

**5-11.** Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения веществ:

а) Фосфор → Оксид фосфора(V) → Ортофосфорная кислота → Фосфат натрия → Фосфат кальция → Ортофосфорная кислота;

б) Фосфор → Оксид фосфора(V) → Фосфат калия → Фосфат кальция → Фосфор → Фосфид магния;

в) Ортофосфорная кислота → Дигидрофосфат калия → Гидрофосфат калия → Фосфат калия → Гидрофосфат калия → Дигидрофосфат калия → Ортофосфорная кислота;

г) Ортофосфорная кислота → Дифосфорная кислота → Метафосфорная кислота → Фосфорный ангидрид → Метафосфорная кислота → Ортофосфорная кислота;

д) Фосфор → Фосфид лития → Фосфин → Иодид фосфония → Фосфин → Оксид фосфора(V).

В уравнениях окислительно-восстановительных реакций укажите степени окисления и обозначьте переход электронов или составьте схему электронного баланса. Для реакций ионного обмена составьте ионные уравнения.

**5-12.** Имеются три пронумерованных склянки без этикеток, в которых находятся растворы фосфата калия, нитрата калия и сульфата калия. Как химическим путем определить, какой раствор находится в каждой склянке? Запишите уравнения реакций, составьте ионные уравнения.

**5-13.** Имеются три склянки без этикеток, в которых находятся растворы фосфата натрия, нитрата натрия, карбоната калия. Как химическим путем определить, какой раствор находится в каждой склянке? Запишите уравнения реакций, составьте ионные уравнения.

**5-14.** В четырех пронумерованных колбах без этикеток находятся растворы нитрата калия, фосфата калия, хлорида калия, карбоната калия. Как можно определить вещества? Напишите уравнения реакций, составьте ионные уравнения.

- 5-15.** В трех пронумерованных склянках без этикеток находятся растворы нитрата серебра, фосфата натрия и хлорида натрия. Как, не имея других реактивов, определить, какой раствор находится в каждой склянке? Напишите уравнения реакций, составьте ионные уравнения.
- 5-16.** Преобразуйте данные схемы в уравнения реакций, расставьте коэффициенты методом электронного баланса:
- а)  $P + H_2O + O_2 \rightarrow H_3PO_3$   
 б)  $P + H_2O_2 + NaOH \rightarrow NaH_2PO_4 + \dots$
- 5-17.** Напишите уравнения реакций гидролиза следующих солей: а) ортофосфата калия; б) гидроортофосфата калия; в) дигидроортофосфата калия. Почему в первых случаях реакция среды щелочная, а в последнем случае — кислая?
- 5-18.** Напишите уравнения реакций необратимого гидролиза следующих веществ: а) хлорида фосфора(V); б) сульфида фосфора(V); в) оксохлорида фосфора(V) —  $POCl_3$ . При составлении уравнений учтите, что данные реакции не являются окислительно-восстановительными.
- 5-19.** Напишите возможно большее число уравнений реакций, которые можно осуществить, имея только лишь фосфор, воду и любое необходимое оборудование.

### Расчетные задачи

- 5-20.** Вычислите массу фосфора, необходимого для получения фосфида магния массой 33,5 г.
- 5-21.** Вычислите массу и объем (н. у.) кислорода, который потребуется для полного сгорания навески фосфора массой 12,4 г.
- 5-22.** Вычислите объем хлора (н. у.), необходимый для полного (до  $PCl_5$ ) и неполного (до  $PCl_3$ ) сжигания навески фосфора массой 1,55 г.
- 5-23.** Вычислите массу ортофосфата натрия, который образуется при добавлении к раствору, содержащему ортофосфорную кислоту массой 24,5 г, гидроксида натрия в стехиометрическом соотношении.
- 5-24.** Вычислите массу ортофосфата натрия, образовавшегося при взаимодействии 25%-го раствора гидроксида натрия массой 200 г с эквивалентным количеством ортофосфорной кислоты.
- 5-25.** Вычислите массу гидроксида калия, необходимого для взаимодействия с оксидом фосфора(V) массой 28,4 г, чтобы получить ортофосфат калия.
- 5-26.** Навеску фосфора массой 6,2 г сожгли в избытке кислорода. Продукт реакции растворили в воде и добавили избыток гидроксида кальция. Вычислите массу образовавшегося осадка.
- 5-27.** Вычислите массу фосфора, который можно получить при восстановлении углем фосфорита массой 193,75 г, содержащего 80 % чистого фосфата кальция. Выход продукта от теоретически возможного принять равным 90 %.
- 5-28.** Какая масса 95%-го раствора серной кислоты потребуется для получения ортофосфорной кислоты из ортофосфата кальция массой 3,1 кг?

- 5-29.** К порции раствора ортофосфата калия массой 200 г добавили избыточное количество раствора хлорида кальция. В результате реакции образовался осадок массой 31 г. Вычислите массовую долю ортофосфата калия в исходном растворе.
- 5-30.** К порции раствора ортофосфата натрия массой 50 г добавили раствор нитрата серебра в стехиометрическом соотношении. В результате реакции образовался осадок массой 4,19 г. Вычислите массовую долю ортофосфата калия в исходном растворе.
- 5-31.** Вычислите массу фосфорита, содержащего 65 % фосфата кальция, необходимого для получения фосфора массой 1 т, если потери фосфора в ходе производства составляют 3 %.
- 5-32.** Фосфориты месторождений в горах Каратау содержат приблизительно 57 % ортофосфата кальция. Вычислите массу фосфоритов, необходимых для получения фосфора массой 1 т, если выход продукта составляет 92 % от теоретически возможного.
- 5-33.** Фосфориты месторождений в Хибинах содержат в среднем около 40 % ортофосфата кальция. Вычислите массу фосфорита, который потребуется для получения 62%-го раствора ортофосфорной кислоты массой 1 т.
- 5-34.** Смешали раствор, содержащий ортофосфорную кислоту количеством вещества 0,5 моль, и раствор, содержащий гидроксид калия количеством вещества 0,8 моль. Вычислите количество вещества образовавшихся солей.
- 5-35.** Смешали раствор, содержащий ортофосфорную кислоту количеством вещества 0,3 моль, и раствор, содержащий гидроксид натрия количеством вещества 0,7 моль. Вычислите количество вещества образовавшихся солей.
- 5-36.** Смешали раствор, содержащий ортофосфорную кислоту количеством вещества 4 моль, и раствор, содержащий гидроксид натрия количеством вещества 10 моль. Вычислите массы образовавшихся солей.
- 5-37.** Смешали 20%-й раствор едкого натра (NaOH) массой 140 г и 10%-й раствор ортофосфорной кислоты массой 294 г. Вычислите массовые доли веществ в растворе после реакции.
- 5-38.** Смешали 10%-й раствор гидроксида калия массой 280 г и 10%-й раствор ортофосфорной кислоты массой 294 г. Вычислите массовые доли веществ в растворе после реакции.
- 5-39.** К порции 50%-го раствора ортофосфорной кислоты ( $\rho = 1,34$  г/мл) объемом 146,27 мл добавили порцию 10%-го раствора аммиака ( $\rho = 0,96$  г/мл) объемом 221,35 мл. Вычислите массовые доли веществ в растворе после реакции.
- 5-40.** К порции воды, объем которой составил 464,5 мл, добавили оксид фосфора(V) массой 35,5 г и нагрели до кипения. Вычислите массовую долю ортофосфорной кислоты в образовавшемся растворе.
- 5-41.** К порции воды объемом 329 мл добавили (на холоде) порцию фосфорного ангидрида массой 71 г. Вычислите массовую долю метафосфорной кислоты в образовавшемся растворе.

- 5-42.** Навеску фосфора массой 12,4 г сожгли в избытке кислорода. Продукт реакции растворили в порции горячей воды массой 87,6 г. Вычислите массовую долю ортофосфорной кислоты в образовавшемся растворе.
- 5-43.** К 10%-му раствору ортофосфорной кислоты массой 429 г добавили фосфорный ангидрид массой 71 г. Вычислите массовую долю ортофосфорной кислоты в образовавшемся растворе.
- 5-44.** Навеску фосфора массой 9,3 г сожгли в избытке кислорода. Продукт реакции растворили в порции 10%-го раствора гидроксида натрия массой 200 г. Вычислите: а) массы образовавшихся солей; б) массовые доли этих солей в растворе.
- 5-45.** Какая масса кристаллогидрата фосфата натрия  $\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$  и какой объем воды потребуются для приготовления раствора фосфата натрия массой 200 г с массовой долей  $\text{Na}_3\text{PO}_4$  8,2 %?
- 5-46.** Какая масса кристаллогидрата дигидрофосфата натрия дигидрата и какая масса 10%-го раствора дигидрофосфата натрия потребуются для получения 25%-го раствора дигидрофосфата натрия массой 200 г?
- 5-47.** Навеску фосфора массой 9,3 г сожгли в избытке кислорода. Образовавшийся фосфорный ангидрид растворили в 200 г 10%-го раствора гидроксида натрия. Вычислите массовые доли солей в растворе после реакции.

## Контрольная работа по теме «Фосфор. Соединения фосфора»

### Вариант 1

1. Вычислите массу фосфорита, содержащего 40 % ортофосфата кальция, необходимого для получения 1 кг 62%-го раствора ортофосфорной кислоты.

2. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения веществ:

Фосфор → Оксид фосфора(V) → Ортофосфорная кислота → Фосфат калия → Фосфат кальция → Фосфор. В уравнениях окислительно-восстановительных реакций укажите степени окисления и обозначьте переход электронов или составьте схему электронного баланса. Для реакций ионного обмена составьте ионные уравнения.

3. В трех пронумерованных колбах без этикеток находятся растворы нитрата калия, фосфата калия, хлорида калия. Как можно определить вещества? Напишите уравнения реакций, составьте ионные уравнения.

4. Сравните ход реакций азотной и ортофосфорной кислот с цинком. Напишите уравнения реакций. Составьте схемы электронного баланса. Дайте обоснование найденным отличиям.



## Вариант 2

1. Вычислите массу фосфорита, содержащего 62 % ортофосфата кальция, необходимого для получения 3,1 кг фосфора, если выход фосфора составит 92 % от теоретически возможного.

2. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения веществ:

Ортофосфат кальция  $\rightarrow$  Фосфор  $\rightarrow$  Оксид фосфора(V)  $\rightarrow$  Ортофосфат натрия  $\rightarrow$  Ортофосфорная кислота  $\rightarrow$  Ортофосфат цинка. В уравнениях окислительно-восстановительных реакций укажите степени окисления и обозначьте переход электронов или составьте схему электронного баланса. Для реакций ионного обмена составьте ионные уравнения.

3. В трех пронумерованных склянках без этикеток находятся растворы нитрата натрия, фосфата натрия, карбоната натрия. Как можно определить вещества? Напишите уравнения реакций, составьте ионные уравнения.

4. Сравните ход реакций азота с кислородом и красного фосфора с кислородом. Напишите уравнения реакций, составьте схемы электронного баланса. Дайте обоснование условиям протекания реакций.

## Глава 6

### Углерод и кремний

Номенклатура некоторых соединений углерода и кремния		
Формула вещества	Название по систематической номенклатуре	Историческое название
CO	Оксид углерода(II), монооксид углерода	Угарный газ
CO <sub>2</sub>	Оксид углерода(IV), диоксид углерода	Углекислый газ
HCOOH	Метановая кислота	Муравьиная кислота
CH <sub>3</sub> COOH	Этановая кислота	Уксусная кислота
SiO <sub>2</sub>	Оксид кремния(IV), диоксид кремния	Кремнезем
H <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	Метакремниевая кислота	—
H <sub>4</sub> SiO <sub>4</sub>	Ортокремниевая кислота	—
SiH <sub>4</sub>	Гидрид кремния	Силан

#### Вопросы и задания

- 6-1. Из перечисленных соединений углерода выберите неорганические вещества: оксид углерода(II), муравьиная кислота, этиловый спирт, метан, угольная кислота, бензол, ацетон, карбонат натрия, гидрокарбонат кальция, полиэтилен.
- 6-2. Из перечисленных соединений углерода выберите органические вещества: уксусная кислота, оксид углерода(IV), фенол, ацетилен, карбонат калия, пропан, гидрокарбонат натрия, лимонная кислота, глюкоза.
- 6-3. Приведите примеры соединений углерода, в которых степени окисления углерода: а) -4, +2, +4; б) -3, -2, -1, +1, +2, +3.
- 6-4. Приведите примеры соединений кремния, в которых его степени окисления: +4, -4, +2.
- 6-5. Приведите примеры соединений углерода, в которых валентности и степени окисления углерода численно не совпадают.
- 6-6. Какие аллотропные модификации образует элемент углерод? В чем причина аллотропии углерода?
- 6-7. Как химическим путем можно доказать, что алмаз и графит являются аллотропными модификациями одного и того же химического элемента?
- 6-8. Напишите уравнения реакций, характеризующие углерод: а) как окислитель; б) как восстановитель. Составьте схемы электронного баланса или обозначьте переход электронов стрелкой.

**6-9.** Напишите уравнения реакций, характеризующие кремний: а) как окислитель; б) как восстановитель. Составьте схемы электронного баланса или обозначьте переход электронов стрелкой.

**6-10.** Напишите уравнения реакций угля с: алюминием; кальцием; кислородом; фтором; серой. Составьте схемы электронного баланса или обозначьте переход электронов стрелкой.

**6-11.** При 600 °С уголь реагирует с сульфатом натрия с образованием сульфида натрия и углекислого газа. Составьте уравнение реакции, определите окислитель и восстановитель в этой реакции, обозначьте переход электронов стрелкой.

**6-12.** Напишите уравнения реакций кремния с: магнием; кальцием; кислородом; фтором; хлором. Составьте схемы электронного баланса или обозначьте переход электронов стрелкой.

**6-13.** Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить цепочки превращений веществ:

а) Уголь → Карбид алюминия → Метан → Оксид углерода(IV) → Карбонат натрия → Карбонат кальция → Оксид углерода(IV);

б) Уголь → Карбид кальция → Ацетилен → Оксид углерода(IV) → Гидрокарбонат калия → Карбонат калия → Карбонат бария;

в) Уголь → Оксид углерода(IV) → Оксид углерода(II) → Формиат натрия → Муравьиная кислота → Оксид углерода(II) → Оксид углерода(IV);

г) Уголь → Оксид углерода(IV) → Карбонат кальция → Гидрокарбонат кальция → Карбонат кальция → Оксид углерода(IV) → Углерод (сажа);

д) Метан → Оксид углерода(IV) → Карбонат натрия → Карбонат гидроксомеди(II) → Оксид углерода(IV) → Гидрокарбонат бария → Карбонат бария;

е) Углерод (сажа) → Карбид бериллия → Метан → Ацетилен → Этан → Углерод (сажа);

ж) Уголь → Сероуглерод → Углекислый газ → Карбонат аммония → Углекислый газ → Метан → Тетрахлорметан.

Для реакций, протекающих в растворе с участием ионов, составьте ионные уравнения. К уравнениям всех окислительно-восстановительных реакций составьте схему электронного баланса или покажите переход электронов стрелкой.

**6-14.** Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить цепочки превращений веществ:

а) Кремний → Оксид кремния(IV) → Силикат натрия → Кремниевая кислота → Оксид кремния(IV) → Кремний;

б) Кремний → Силицид магния → Силан → Оксид кремния(IV) → Силикат калия → Силикат кальция;

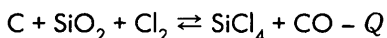
в) Кремний → Силикат натрия → Кремниевая кислота → Диоксид кремния → Кремний → Тетрафторид кремния.

Для реакций, протекающих в растворе с участием ионов, составьте ионные уравнения. К уравнениям всех окислительно-восстановительных ре-

акций составьте схему электронного баланса или покажите переход электронов стрелкой.

- 6-15.** Из данного перечня веществ выберите те, с которыми реагирует уголь: а) натрий, водород, фтор, хлор; б) кислород, кремний, сера, ртуть; в) серная концентрированная кислота, серная разбавленная кислота, гидроксид натрия, оксид свинца(IV); г) азотная концентрированная кислота, пары воды (при 900 °С), оксид меди(II), железо. В какой роли (окислителя или восстановителя) выступает углерод по отношению к данным реагентам (если реакция происходит)?
- 6-16.** Часто особо чистый кремний, применяемый в полупроводниковой технике, производят с использованием реакций разложения тетраиодида кремния (при 1000 °С на танталовой спирали) или силана (при 700 °С). Напишите уравнения этих реакций.
- 6-17.** Из данного перечня веществ выберите те, с которыми реагирует кремний: а) натрий, водород, фтор; б) кислород, сера, графит; в) серная концентрированная кислота, серная разбавленная кислота, гидроксид натрия; г) азотная концентрированная кислота, пары воды, фтороводородная кислота. В какой роли (окислителя или восстановителя) выступает кремний по отношению к данным реагентам (если реакция происходит)?
- 6-18.** Напишите уравнения реакций гидролиза: а) карбида алюминия  $Al_4C_3$ ; б) карбида кальция  $CaC_2$ . В чем принципиальное отличие гидролиза этих карбидов?
- 6-19.** Напишите уравнения реакций гидролиза: а) карбида кальция  $CaC_2$ ; б) карбида натрия  $Na_2C_2$ . В чем сходство данных реакций (назовите как можно больше общих признаков)?
- 6-20.** В четырех цилиндрах без этикеток находятся газы: кислород, азот, оксид углерода(II), оксид углерода(IV). Как распознать, какой газ находится в каждом цилиндре?
- 6-21.** В четырех цилиндрах без этикеток находятся газы: хлороводород, аммиак, оксид углерода(II), оксид углерода(IV). Как распознать, какой газ находится в каждом цилиндре?
- 6-22.** В четырех цилиндрах без этикеток находятся газы: метан, аммиак, оксид углерода(II), оксид углерода(IV). Как распознать, какой газ находится в каждом цилиндре?
- 6-23.** В четырех цилиндрах без этикеток находятся газы: хлороводород, силан, оксид углерода(II), оксид углерода(IV). Как распознать, какой газ находится в каждом цилиндре?
- 6-24.** В четырех цилиндрах без этикеток находятся газы: метан, силан, оксид углерода(II), оксид углерода(IV). Как распознать, какой газ находится в каждом цилиндре?
- 6-25.** К порции песка добавили избыточное количество магния и смесь нагрели. Полученную реакционную смесь обработали избытком соляной кислоты. Напишите уравнения всех возможных реакций, которые могли произойти в ходе такого эксперимента.

- 6-26.** Охарактеризуйте оксид углерода(II) как восстановитель.
- 6-27.** Охарактеризуйте оксид углерода(IV) как окислитель.
- 6-28.** С какими из перечисленных веществ реагирует диоксид кремния: вода, гидроксид натрия, магний, фтор, хлор, соляная кислота, фтороводородная кислота, азотная кислота? Напишите уравнения возможных реакций.
- 6-29.** В трех склянках без этикеток находятся растворы карбоната натрия, нитрата натрия и хлорида натрия. Как химическим путем определить, какой раствор находится в каждой склянке? Напишите уравнения реакций в молекулярном и ионном виде.
- 6-30.** В трех склянках без этикеток находятся растворы карбоната натрия, сульфида натрия и нитрата натрия. Как химическим путем определить, какой раствор находится в каждой склянке? Напишите уравнения реакций в молекулярном и ионном виде.
- 6-31.** В четырех склянках без этикеток находятся растворы ортофосфата калия, карбоната калия, иодида калия, ацетата калия. Как химическим путем определить, какой раствор находится в каждой склянке? Напишите уравнения реакций в молекулярном и ионном виде.
- 6-32.** В четырех склянках без этикеток находятся растворы карбоната аммония, карбоната натрия, нитрата аммония и нитрата натрия. Как химическим путем определить, какой раствор находится в каждой склянке? Напишите уравнения реакций в молекулярном и ионном виде.
- 6-33.** В трех склянках без этикеток находятся растворы силиката натрия, карбоната натрия и хлорида натрия. Как химическим путем определить, какой раствор находится в каждой склянке? Напишите уравнения реакций в молекулярном и ионном виде.
- 6-34.** В трех склянках без этикеток находятся растворы силиката калия, сульфида калия и нитрата калия. Как химическим путем определить, какой раствор находится в каждой склянке? Напишите уравнения реакций в молекулярном и ионном виде.
- 6-35.** В пяти склянках без этикеток находятся растворы карбоната аммония, карбоната натрия, силиката натрия, гидроксида натрия и соляная кислота. Как без помощи иных реактивов химическим путем определить, какой раствор находится в каждой склянке? Напишите уравнения реакций в молекулярном и ионном виде.
- 6-36.** Напишите уравнения реакций разложения при нагревании карбоната магния, гидрокарбоната магния, карбоната аммония, карбоната гидроксомеди(II).
- 6-37.** Напишите уравнения реакций гидролиза: а) карбоната натрия; б) карбоната аммония.
- 6-38.** Тетрахлорид кремния получают по реакции (приведена схема реакции):



Преобразуйте данную схему реакции в уравнение и определите возможные пути смещения равновесия реакции вправо.

**6-39.** Предложите способ получения пористого вещества силикагеля из кремнезема. Где используется силикагель?

### Расчетные задачи

- 6-40.** Вычислите массу карбида алюминия, который образуется при взаимодействии угля массой 0,6 кг с алюминием в стехиометрическом соотношении.
- 6-41.** Вычислите объем углекислого газа (н. у.), который образуется при сгорании угля массой 9 кг в избытке кислорода.
- 6-42.** Вычислите массу карбоната кальция, который образуется при пропускании через избыток известковой воды углекислого газа, образовавшегося при полном сгорании порции метана объемом 6,72 л (н. у.).
- 6-43.** Вычислите объем кислорода, необходимый для полного сгорания: а) пропана  $C_3H_8$  объемом 5,6 л; б) этана  $C_2H_6$  объемом 16,8 л; в) ацетилена  $C_2H_2$  объемом 3,36 л.
- 6-44.** Вычислите массу и объем монооксида углерода, необходимого для восстановления: а) меди из оксида меди(II) массой 32 г; б) железа из оксида железа(III) массой 32 г.
- 6-45.** При сгорании бурого угля массой 1 кг образуется углекислый газ массой примерно 2,57 кг. Вычислите массовую долю элемента-углерода в буром угле.
- 6-46.** При сгорании торфа массой 1 кг образуется примерно углекислый газ массой 2,16 кг. Вычислите массовую долю элемента-углерода в торфе.
- 6-47.** Вычислите массу диоксида кремния, кристаллической соды  $Na_2CO_3$ ,  $10H_2O$  и известняка, содержащего 80 % карбоната кальция, которые потребуются для получения стекла массой 1 т.
- 6-48.** Для полного сгорания навески смеси угля и серы массой 2,8 г потребовалась порция кислорода объемом 3,36 л (н. у.). Вычислите массовые доли веществ в исходной смеси.
- 6-49.** Порция смеси угарного и углекислого газов массой 36 г (н. у.) занимает объем 22,4 л. Вычислите объемные и массовые доли газов в исходной смеси.
- 6-50.** Массовая доля воды в кристаллогидрате карбоната натрия (кристаллической соде) составляет примерно 62,94 %. Установите формулу кристаллогидрата карбоната натрия.
- 6-51.** Массовая доля воды в кристаллогидрате карбоната натрия-калия  $KNaCO_3$  (относится к двойным солям) составляет примерно 46,96 %. Установите формулу кристаллогидрата карбоната натрия-калия.
- 6-52.** В воде массой 250 г растворили кристаллическую соду массой 14,3 г. Вычислите массовую долю карбоната натрия в образовавшемся растворе.
- 6-53.** Вычислите массу кристаллогидрата карбоната натрия (кристаллической соды), необходимого для приготовления 10%-го раствора карбоната натрия массой 500 г.
- 6-54.** Вычислите массу кристаллогидрата карбоната натрия (кристаллической соды), который необходимо добавить к 12%-му раствору карбоната натрия массой 200 г, чтобы раствор стал 20%-м.

- 6-55.** Навеску кристаллической соды массой 286 г растворили в воде массой 714 г. Определите процентную и молярную концентрацию соды в образовавшемся растворе. Плотность раствора примите равной  $1,11 \text{ г/см}^3$ .
- 6-56.** Вычислите массу кристаллогидрата карбоната натрия (кристаллической соды), которая выпадет в осадок из насыщенного при  $50 \text{ }^\circ\text{C}$  раствора массой 100 г при охлаждении его до  $20 \text{ }^\circ\text{C}$ . Растворимость карбоната натрия составляет 47,3 г при  $50 \text{ }^\circ\text{C}$  и 21,8 г при  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  в 100 г воды.
- 6-57.** Вычислите массу и объем углекислого газа, который необходимо пропустить через раствор гидроксида натрия, чтобы получить: а) карбонат натрия массой 26,5 г; б) гидрокарбонат натрия массой 21 г.
- 6-58.** Через 25%-й раствор гидроксида натрия массой 960 г пропустили углекислый газ объемом 89,6 л (н. у.). Вычислите массовые доли солей в растворе после реакции.
- 6-59.** Через 10%-й раствор гидроксида натрия массой 160 г пропустили углекислый газ объемом 6,72 л (н. у.). Вычислите массовые доли солей в образовавшемся растворе.
- 6-60.** Газ, образовавшийся в результате полного сгорания этана  $\text{C}_2\text{H}_6$  объемом 179,2 мл (н. у.), пропустили через 0,1%-й раствор гидроксида кальция массой 740 г. Вычислите массу образовавшегося осадка и массовую долю вещества, находящегося в растворе после реакции.
- 6-61.** К порции смеси метана и сероводорода объемом 100 мл добавили кислород объемом 200 мл и полученную смесь подожгли. После конденсации паров воды и приведения смеси к исходным условиям ее объем составил 140 мл. Вычислите объемные и массовые доли газов в исходной смеси. (Объемы газообразных веществ измерены при одинаковых условиях.)
- 6-62.** К порции смеси пропана  $\text{C}_3\text{H}_8$  и аммиака объемом 50 мл добавили кислород объемом 100 мл и полученную смесь подожгли. После конденсации паров воды и приведения смеси к исходным условиям ее объем составил 70 мл. Вычислите объемные и массовые доли газов в исходной смеси. (Объемы газообразных веществ измерены при одинаковых условиях.)
- 6-63.** К порции смеси метана и оксида углерода(II) объемом 100 мл добавили кислород объемом 100 мл и полученную смесь подожгли. После конденсации паров воды и приведения смеси к исходным условиям ее объем составил 120 мл. Вычислите объемные и массовые доли газов в исходной смеси. (Объемы газообразных веществ измерены при одинаковых условиях.)
- 6-64.** К порции смеси метана и оксида углерода(II) объемом 100 мл добавили 100 мл кислорода и полученную смесь подожгли. После конденсации паров воды и приведения смеси к исходным условиям ее объем сократился на 40 % от объема смеси реагентов. Вычислите объемные и массовые доли газов в исходной смеси. (Объемы газообразных веществ измерены при одинаковых условиях.)
- 6-65.** Порцию смеси метана и монооксида углерода объемом 11,2 л (н. у.) сожгли в избытке кислорода. Полученную газообразную смесь пропустили че-

рез избыток известковой воды, в результате чего образовался осадок массой 50 г. Вычислите объемные и массовые доли газов в исходной смеси.

- 6-66.** Навеску смеси порошков меди и карбоната гидроксомеди(II) прокалили на воздухе. После прокаливания, охлаждения и взвешивания навески было установлено, что ее масса не изменилась. Вычислите массовые доли исходных веществ в данной навеске.
- 6-67.** Порцию смеси карбоната, хлорида и нитрата натрия массой 12,74 г обработали избытком соляной кислоты. В результате реакции образовался газ, его объем составил 1,12 л (н. у.). Точно такое же количество смеси растворили в воде и добавили избыточное количество нитрата серебра, в результате чего образовался осадок массой 19,54 г. Вычислите массовые доли солей в исходной смеси.
- 6-68.** В результате прокаливания смеси карбонатов кальция и магния и нитрата магния массой 83 г образовался сухой остаток массой 24 г. Газообразные продукты реакции пропустили через избыток известковой воды, после чего было получено 50 г осадка. Вычислите массу каждого из компонентов в исходной смеси.
- 6-69.** Навеску смеси порошков магния и карбоната магния прокалили на воздухе. После прокаливания, охлаждения и взвешивания навески было установлено, что ее масса не изменилась. Вычислите массовые доли исходных веществ в навеске.
- 6-70.** Навеску смеси порошков карбоната свинца и нитрата свинца прокалили на воздухе. После прокаливания, охлаждения и взвешивания навески было установлено, что ее масса уменьшилась на 25 %. Вычислите массовые доли исходных веществ в навеске.

## Контрольная работа по теме «Углерод и кремний»

### Вариант 1

1. В трех склянках без этикеток находятся растворы карбоната натрия, силиката натрия и нитрата натрия. Как химическим путем можно распознать, какой раствор находится в каждой склянке? Напишите уравнения реакций в молекулярном и ионном виде.

2. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить цепочки превращений веществ: Углерод → Карбид алюминия → Метан → Углекислый газ → Карбонат кальция → Гидрокарбонат кальция → Карбонат кальция → Оксид углерода(IV) → Угарный газ → Формиат натрия → Сульфат натрия.

3. Навеску мрамора массой 421,05 г обработали соляной кислотой массой 1460 г. Для поглощения выделившегося газа потребовалось 10%-й раствор гидроксида натрия массой 1600 г. Определите концентрацию соляной кислоты, учитывая, что мрамор содер­жал 95 % чистого карбоната кальция.



## Вариант 2

1. В трех склянках без этикеток находятся растворы карбоната аммония, силиката натрия и нитрата аммония. Как химическим путем можно распознать, какой раствор находится в каждой склянке? Напишите уравнения реакций в молекулярном и ионном виде.

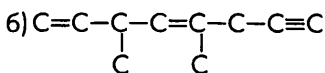
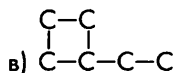
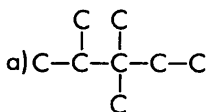
2. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить цепочки превращений веществ: Оксид кремния(IV) → Кремний → Силикат магния → Силан → Оксид кремния(IV) → Силикат калия → Кремниевая кислота → Оксид кремния(IV) → Фторид кремния(IV).

3. Газ, полученный при прокаливании известняка массой 1 кг, пропустили через трубку с раскаленным углем. Полученным продуктом обработали избыток раскаленного оксида меди(II). При этом удалось получить порцию меди массой 864 г. Рассчитайте выход продукта второй реакции от теоретически возможного, учитывая, что массовая доля карбоната кальция в известняке составляла 90 %, и принимая выход продукта последней и первой реакций равным 100 %.

## 7.1. Общие представления об органических веществах. Алканы

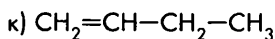
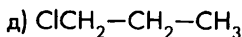
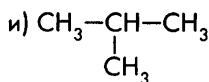
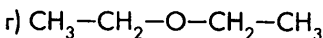
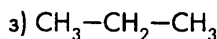
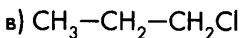
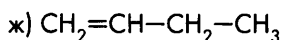
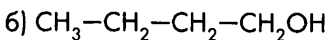
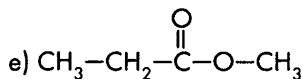
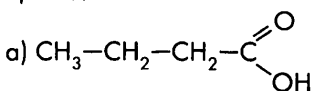
## Вопросы и задания

- 7-1. Приведите примеры химических реакций, в ходе которых из неорганических веществ образуются органические.
- 7-2. Из данного перечня кислот выберите органические: соляная, азотная, щавелевая, серная, уксусная, лимонная, ацетилсалициловая, аскорбиновая, ортофосфорная, угольная, молочная, стеариновая.
- 7-3. По данному углеродному скелету составьте сокращенные структурные формулы органических веществ:

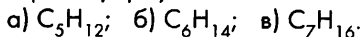


Запишите их молекулярные формулы.

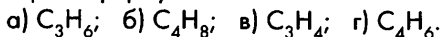
- 7-4. Определите, сколько пар изомеров среди веществ, формулы которых приведены ниже:



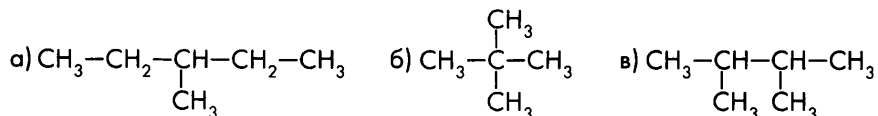
- 7-5. Составьте структурные формулы всех изомеров, отвечающих молекулярной формуле:



- 7-6. Составьте структурные формулы всех изомеров, отвечающих молекулярной формуле:



- 7-7. Составьте молекулярные формулы алканов, в молекулах которых:  
 а) 5 атомов углерода; б) 8 атомов углерода; в) 11 атомов углерода; г)  $x$  атомов углерода; д) 20 атомов водорода; е) 32 атома водорода; ж)  $y$  атомов водорода.
- 7-8. Даны молекулярные формулы органических веществ:  $C_6H_{14}$ ,  $C_8H_{16}$ ,  $C_6H_6$ ,  $C_3H_8$ ,  $C_2H_6O$ ,  $C_6H_{12}O_6$ ,  $C_5H_{12}$ ,  $C_7H_{12}$ . Выберите молекулярные формулы алканов из этого списка.
- 7-9. Назовите алканы, формулы которых приведены ниже:



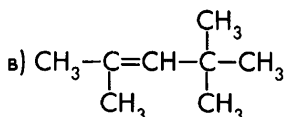
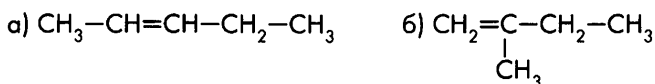
- 7-10. Составьте структурные формулы следующих алканов:  
 а) 2,2-диметилпропан; б) 2,2,3-триметилпентан; в) 3-метил-4-этилгексан;  
 г) 2,4-диметил-3-этилпентан; д) 2,2,3,3-тетраметилбутан.
- 7-11. Составьте структурные формулы следующих алкилгалогенидов (галогенпроизводных алканов):  
 а) 1,2-дихлорэтан; б) 1,1-дихлорэтан; в) 2,3-дихлорбутан; г) 2,4-дибром-3-хлорпентан; д) гексафторэтан; е) 1,1,2-трибромбутан.
- 7-12. Изобразите структурную формулу 2,2-диметилпентана. Напишите молекулярную формулу этого вещества и составьте три формулы изомеров данного вещества. Назовите эти изомеры.
- 7-13. Сравните относительную плотность по воздуху: а) метана; б) этана; в) пропана; г) бутана. Какие из перечисленных газов легче воздуха?
- 7-14. Напишите уравнения реакций полного горения: а) бутана; в) 2-метилпентана.
- 7-15. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно охарактеризовать химические свойства: а) этана; б) пропана.
- 7-16. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить цепочку превращений веществ:  
 Метан  $\rightarrow$  Хлорметан  $\rightarrow$  Дихлорметан  $\rightarrow$  Трихлорметан  $\rightarrow$  Тетрахлорметан.

## 7.2. Алкены

### Вопросы и задания

- 7-17. Составьте молекулярные формулы алкенов, в молекулах которых:  
 а) 6 атомов углерода; б) 9 атомов углерода; в) 12 атомов углерода; г)  $x$  атомов углерода; д) 18 атомов водорода; е) 28 атомов водорода; ж)  $y$  атомов водорода.
- 7-18. Даны молекулярные формулы органических веществ:  $C_6H_{14}$ ,  $C_8H_{16}$ ,  $C_6H_6$ ,  $C_3H_6$ ,  $C_2H_6O$ ,  $C_{12}H_{22}O_{11}$ ,  $C_5H_{12}$ ,  $C_7H_{12}$ . Выберите из этого списка молекулярные формулы веществ, которые могут быть алкенами.

**7-19.** Назовите алкены, формулы которых приведены ниже:



Среди веществ, формулы которых представлены в этом задании, найдите формулы изомеров.

**7-20.** Составьте структурные формулы следующих алкенов:

- а) 2,3-диметилбутен-1; б) 2,3-диметилбутен-2; в) 4-метилпентен-2;  
г) 2,3,4,5-тетраметилгексен-3; д) 3-этилпентен-2.

**7-21.** Изобразите структурную формулу 2,3-диметилбутена-2. Напишите молекулярную формулу этого вещества и составьте три формулы изомеров данного вещества. Назовите эти изомеры.

**7-22.** Сравните относительную плотность по воздуху:

- а) этилена; б) пропена.

Какие выводы можно сделать?

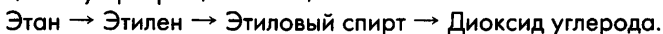
**7-23.** Напишите уравнения реакций полного горения: а) пропена; б) бутена-1.

**7-24.** Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно охарактеризовать химические свойства: а) этилена; б) пропена.

**7-25.** С какими из перечисленных реагентов будет взаимодействовать пропен: вода, кислород, водород, бром. Напишите уравнения реакций, назовите эти реакции.

**7-26.** Какие из перечисленных веществ вступают в реакции полимеризации: этан, этилен, пропен, пропан? Напишите уравнение реакции в том случае, если реакция возможна.

**7-27.** Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить цепочку превращений веществ:



## 7.3. Алкины

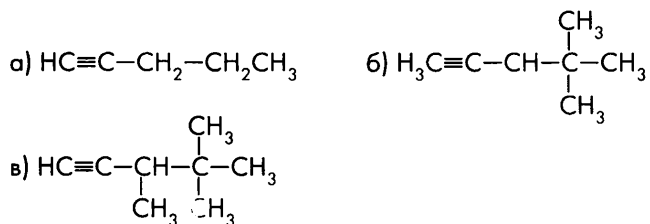
### Вопросы и задания

**7-28.** Составьте молекулярные формулы алкинов, в молекулах которых:

- а) 5 атомов углерода; б) 8 атомов углерода; в) 13 атомов углерода;  
г)  $x$  атомов углерода; д) 12 атомов водорода; е) 20 атомов водорода;  
ж)  $y$  атомов водорода.

**7-29.** Даны молекулярные формулы органических веществ:  $\text{C}_3\text{H}_4$ ,  $\text{C}_6\text{H}_{14}$ ,  $\text{C}_8\text{H}_{16}$ ,  $\text{C}_6\text{H}_6$ ,  $\text{C}_3\text{H}_6$ ,  $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$ ,  $\text{C}_4\text{H}_6$ ,  $\text{C}_6\text{H}_{12}$ ,  $\text{C}_8\text{H}_{14}$ . Выберите из этого списка молекулярные формулы веществ, которые могут быть алкинами.

7-30. Назовите алкины, формулы которых приведены ниже:



7-31. Составьте структурные формулы следующих алкинов:

а) бутин-2; б) 3-метилбутин-1; в) 4-метилпентин-2; г) 2,5-диметилгексин-3.

7-32. Изобразите структурную формулу 3,3-диметилбутина-1. Напишите молекулярную формулу этого вещества и составьте три формулы изомеров данного вещества. Назовите эти изомеры.

7-33. Сравните относительную плотность по воздуху:

а) ацетилена; б) этилена; в) этана.

Какие выводы можно сделать?

7-34. Напишите уравнения реакций полного горения: а) пропина; б) бутина-2.

7-35. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно охарактеризовать химические свойства ацетилена.

7-36. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить цепочку превращений веществ:

Карбид кальция  $\rightarrow$  Ацетилен  $\rightarrow$  1,2-дибромэтен  $\rightarrow$  1,1,2,2-тетрабромэтан.

## 7.4. Спирты

### Вопросы и задания

7-37. Составьте структурные формулы одноатомных спиртов, молекулы которых образованы: а) тремя атомами углерода; б) четырьмя атомами углерода.

7-38. Составьте структурные формулы двухатомных спиртов, молекулы которых образованы: а) тремя атомами углерода; б) четырьмя атомами углерода.

7-39. Составьте структурные формулы спиртов и простых эфиров, молекулярная формула которых: а)  $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}$ ; б)  $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}$ .

7-40. Изобразите структурную формулу бутанола-2. Напишите молекулярную формулу этого вещества и составьте три формулы изомеров данного вещества. Назовите эти изомеры.

7-41. Напишите уравнения реакций горения:

а) пропанола-1; б) бутанола-2; в) этиленгликоля.

7-42. Напишите уравнения реакций дегидратации:

а) этанола; б) пропанола-1; в) бутанола-2.

7-43. С какими из перечисленных веществ будет реагировать этиловый спирт: кислород, водород, бромоводород, вода. Напишите уравнения возможных реакций.

**7-44.** С какими из перечисленных веществ будет реагировать метиловый спирт: кислород, водород, хлороводород, вода? Напишите уравнения возможных реакций.

**7-45.** Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить цепочки превращений веществ:

а) Этан → Этилен → Этиловый спирт → Бромэтан;

б) Этанол → Этилен → Этан → Бромэтан.

**7-46.** В трех склянках без этикеток находятся три вещества: водный раствор этилена, водный раствор глицерина и *n*-гексан. Как определить эти вещества химическим путем?

## 7.5. Предельные одноосновные карбоновые кислоты

Формулы кислот	Название кислоты	Соответствующая натриевая соль	Название соли
HCOOH	Метановая (муравьиная)	HCOONa	Формиат натрия
CH <sub>3</sub> -COOH	Этановая (уксусная)	CH <sub>3</sub> -COONa	Ацетат натрия
CH <sub>3</sub> -CH <sub>2</sub> -COOH	Пропановая (пропионовая)	CH <sub>3</sub> -CH <sub>2</sub> -COONa	Пропионат натрия
CH <sub>3</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> -COOH	Бутановая (масляная)	CH <sub>3</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> -COONa	Бутират натрия
CH <sub>3</sub> -(CH <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> -COOH	Пентановая (валериановая)	CH <sub>3</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> -COONa	Валерианат натрия
CH <sub>3</sub> -(CH <sub>2</sub> ) <sub>4</sub> -COOH	Гексановая (капроновая)	CH <sub>3</sub> -(CH <sub>2</sub> ) <sub>4</sub> -COONa	Капронат натрия
CH <sub>3</sub> -(CH <sub>2</sub> ) <sub>5</sub> -COOH	Гептановая (энантовая)	CH <sub>3</sub> -(CH <sub>2</sub> ) <sub>5</sub> -COONa	Энантат натрия
CH <sub>3</sub> -(CH <sub>2</sub> ) <sub>6</sub> -COOH	Октановая (каприловая)	CH <sub>3</sub> -(CH <sub>2</sub> ) <sub>6</sub> -COONa	Каприлат натрия

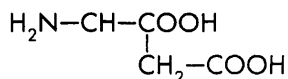
### Вопросы и задания

- 7-47.** Изобразите структурную формулу 3-метилмасляной кислоты. Напишите молекулярную формулу этого вещества и составьте три формулы изомеров данного вещества. Назовите эти изомеры.
- 7-48.** Изобразите структурную формулу 2,2-диметилмасляной кислоты. Напишите молекулярную формулу этого вещества и составьте три формулы изомеров данного вещества. Назовите эти изомеры.
- 7-49.** Напишите уравнения реакций получения следующих веществ: а) пропионовой кислоты; б) масляной кислоты; в) 2-метилмасляной кислоты из соответствующих спиртов.
- 7-50.** Напишите уравнения реакций взаимодействия муравьиной кислоты со следующими веществами : а) цинком; б) гидроксидом калия; в) оксидом магния; г) карбонатом кальция; д) метиловым спиртом. Дайте названия образовавшимся веществам.
- 7-51.** Напишите уравнения реакций взаимодействия пропионовой кислоты: а) с натрием; б) с гидроксидом бария; в) с оксидом лития; г) с сульфидом натрия; д) с этиловым спиртом. Дайте названия образовавшимся веществам.
- 7-52.** Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить цепочки превращений веществ:
- а) Этан  $\rightarrow$  Этилен  $\rightarrow$  Этиловый спирт  $\rightarrow$  Уксусная кислота;
- б) Карбид кальция  $\rightarrow$  Ацетилен  $\rightarrow$  Этилен  $\rightarrow$  Этанол  $\rightarrow$  Уксусная кислота  $\rightarrow$  Уксусноэтиловый эфир.
- 7-53.** В трех склянках без этикеток находятся: этанол, уксусная кислота, глицерин, гидроксид натрия, *n*-пентан. Как определить эти вещества химическим путем?

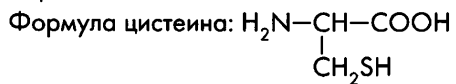
## 7.6. Жиры, углеводы, белки

### Вопросы и задания

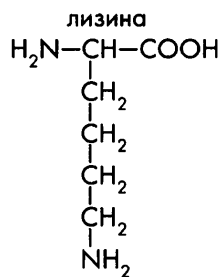
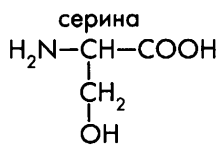
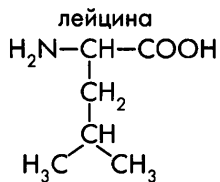
- 7-54.** Напишите уравнение реакции образования жира трипальмитата из глицерина и пальмитиновой кислоты  $\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_{14}-\text{COOH}$ .
- 7-55.** Напишите уравнение реакции гидролиза жира, образованного глицерином и стеариновой кислотой  $\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_{16}-\text{COOH}$ .
- 7-56.** Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить цепочку превращений веществ:
- Крахмал  $\rightarrow$  Глюкоза  $\rightarrow$  Диоксид углерода  $\rightarrow$  Глюкоза.
- 7-57.** Напишите уравнения реакций образования двух дипептидов из глицина и аланина.
- 7-58.** Напишите уравнения реакций образования двух дипептидов из глицина и аспарагиновой кислоты



**7-59.** Напишите уравнения реакций образования двух дипептидов из аланина и цистеина.



**7-60.** Напишите уравнения реакций образования трипептида лейцилсериллизина из соответствующих аминокислот:





## Глава 8

### Металлы

#### 8.1. Общая характеристика металлов

##### Вопросы и задания

- 8-1. Назовите несколько наиболее тугоплавких металлов. Где они применяются в быту и в промышленности?
- 8-2. Назовите несколько металлов с наиболее высокой электропроводностью. Где они используются благодаря этому свойству?
- 8-3. С какими из перечисленных неметаллов реагирует магний: сера, кислород, аргон, азот, бром. Напишите уравнения возможных реакций. Схематически обозначьте переход электронов.
- 8-4. Приведите примеры реакций, в которых цинк окисляется кислотой: а) за счет катионов водорода (катионов гидроксония); б) за счет анионов кислотного остатка.
- 8-5. Приведите примеры реакций, в которых железо окисляется кислотой: а) за счет катионов водорода (катионов гидроксония); б) за счет анионов кислотного остатка.
- 8-6. Из данного перечня выберите металлы, которые реагируют с соляной кислотой: серебро, магний, цинк, медь, олово, алюминий. Напишите уравнения возможных реакций. Схематически обозначьте переход электронов.
- 8-7. Из данного перечня выберите металлы, которые реагируют с разбавленной серной кислотой: ртуть, алюминий, никель, марганец, олово, железо. Напишите уравнения возможных реакций. Схематически обозначьте переход электронов.
- 8-8. Из данного перечня выберите металлы, которые реагируют с гидроксидом натрия: магний, цинк, алюминий, железо, олово, медь. Напишите уравнения возможных реакций. Схематически обозначьте переход электронов.
- 8-9. Из данного перечня выберите металлы, которые реагируют с раствором хлорида меди(II): серебро, цинк, олово, алюминий, железо. Напишите уравнения возможных реакций. Схематически обозначьте переход электронов. Составьте ионные уравнения возможных реакций.
- 8-10. Из данного перечня выберите металлы, которые реагируют с раствором сульфата никеля(II): медь, цинк, олово, алюминий, железо. Напишите уравнения возможных реакций. Схематически обозначьте переход электронов. Составьте ионные уравнения возможных реакций.
- 8-11. Из перечня веществ — сера, соляная кислота, азотная концентрированная кислота, серная концентрированная кислота, гидроксид калия, нитрат свинца(II), хлорид натрия, вода — выберите те, с которыми реагирует: а) цинк; б) медь. Напишите уравнения реакций. В уравнениях окислительно-восстановительных реакций обозначьте переход электронов стрелкой.

**8-12.** Из перечня веществ — хлор, азотная разбавленная кислота, серная разбавленная кислота, гидроксид калия, нитрат олова(II), иодид калия, вода — выберите те, с которыми реагирует: а) магний; б) серебро. Напишите уравнения реакций. В уравнениях окислительно-восстановительных реакций обозначьте переход электронов стрелкой.

**8-13.** Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить цепочки превращений веществ:

а) Сульфид меди(II) → Оксид меди(II) → Медь → Нитрат меди(II) → Оксид меди(II) → Медь → Хлорид меди(II) → Нитрат меди(II) → Медь;

б) Сульфид свинца(II) → Оксид свинца(II) → Свинец → Нитрат свинца(II) → Оксид свинца(II) → Свинец → Сульфид свинца(II) → Оксид свинца(II);

в) Сульфид олова(IV) → Оксид олова(IV) → Олово → Сульфат олова(II) → Гидроксид олова(II) → Оксид олова(II) → Олово → Хлорид олова(IV);

г) Сульфид цинка → Оксид цинка → Цинк → Нитрат цинка → Оксид цинка → Цинкат натрия → Сульфат цинка → Сульфид цинка → Хлорид цинка;

д) Сульфид серебра(I) → Серебро → Нитрат серебра → Серебро → Хлорид серебра → Серебро.

Для реакций, протекающих в растворе с участием ионов, составьте ионные уравнения. К уравнениям всех окислительно-восстановительных реакций составьте схему электронного баланса или покажите переход электронов стрелкой.

**8-14.** Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно получить:

а) медь из карбоната гидроксомеди(II); б) свинец из сульфида свинца(II);

в) железо из дисульфида железа(II); г) натрий из хлорида натрия.

**8-15.** В трех склянках без этикеток образцы металлов: магния, цинка и серебра. Предложите способ химической идентификации этих металлов.

**8-16.** В трех склянках без этикеток образцы металлов: алюминия, железа и марганца. Предложите способ химической идентификации этих металлов.

**8-17.** Сравните энергию ионизации лития и цезия. Объясните, почему в электрохимическом ряду напряжений металлов литий расположен до цезия.

**8-18.** Составьте схему гальванического элемента, состоящего из цинкового и медного электродов (элемент Даниэля — Якоби), погруженных в 1 М растворы их солей. Определите ЭДС этого гальванического элемента.

**8-19.** Составьте схему гальванического элемента, состоящего из магниевых и серебряных электродов, погруженных в 1 М растворы их солей. Определите ЭДС этого гальванического элемента.

**8-20.** Составьте схему гальванического элемента, состоящего из алюминиевого и свинцовых электродов, погруженных в 1 М растворы их солей. Определите ЭДС этого гальванического элемента.

**8-21.** Составьте схему гальванического элемента, состоящего из магниевых и железных электродов, погруженных в 1 М растворы их солей. Определите ЭДС этого гальванического элемента.

**8-22.** Опишите процессы, происходящие в случае контактной коррозии при контакте марганца и цинка: а) в кислой среде; б) в нейтральной среде в отсутствие кислорода; в) в нейтральной среде в присутствии кислорода.

- 8-23.** Опишите процессы, происходящие в случае контактной коррозии при контакте олова и железа: а) в кислой среде; б) в нейтральной среде в отсутствие кислорода; в) в нейтральной среде в присутствии кислорода.
- 8-24.** Составьте схему электролиза растворов: а) хлорида натрия; б) хлорида меди(II); в) сульфата меди(II); г) сульфата натрия. Напишите суммарные уравнения электролиза растворов этих солей.
- 8-25.** Составьте схему электролиза растворов: а) сульфида натрия; б) нитрата серебра; в) хлорида ртути(II); г) карбоната калия. Напишите суммарные уравнения электролиза растворов этих солей.
- 8-26.** Составьте схему электролиза растворов: а) нитрата свинца(II); б) иодида бария; в) ортофосфата натрия; г) бромидо олова(II). Напишите суммарные уравнения электролиза растворов этих солей.
- 8-27.** Составьте схему электролиза: а) расплава гидроксида натрия; б) раствора гидроксида натрия; в) раствора серной кислоты. Напишите суммарные уравнения электролиза этих веществ.
- 8-28.** Напишите уравнение реакции электролиза раствора такого электролита при разложении которого на катоде образуется вещество А, а на аноде — вещество В:

	1 вариант	2 вариант	3 вариант	4 вариант	5 вариант
А	Ртуть	Водород	Серебро	Водород	Медь
В	Кислород	Иод	Кислород	Кислород	Хлор

### Расчетные задачи

- 8-29.** Вычислите массу цинка, которую потребуется растворить в соляной кислоте, чтобы получить 112 л (н. у.) водорода.
- 8-30.** Вычислите массу алюминия, который потребуется растворить в разбавленной серной кислоте, чтобы получить 44,8 л (н. у.) водорода.
- 8-31.** Навеску некоторого металла массой 26 г растворили в избытке соляной кислоты. В результате реакции выделился водород объемом 8,96 л (н. у.) и образовался дихлорид металла. О каком металле идет речь?
- 8-32.** Навеску некоторого металла массой 1,2 г растворили в избытке соляной кислоты. В результате реакции выделился водород объемом 1,12 л (н. у.) и образовался сульфат металла, в котором этот металл двухвалентен. О каком металле идет речь?
- 8-33.** Порцию порошка некоторого металла массой 5,4 г сожгли в хлоре. В результате образовался трихлорид этого металла массой 26,7 г. О каком металле идет речь?
- 8-34.** Порцию некоторого щелочного металла массой 18,4 г опустили в воду. Для нейтрализации образовавшейся щелочи был использован 20%-й раствор азотной кислоты массой 252 г. О каком щелочном металле идет речь?

- 8-35.** Пластинку из железа массой 20,8 г опустили в раствор сульфата меди(II). Через некоторое время пластинку вынули, высушили и взвесили. Ее масса оказалась равной 20 г. Вычислите массу железа перешедшего в раствор и массу меди, осевшей на пластинке\*.
- 8-36.** Пластинку из цинка массой 208,3 г опустили в раствор хлорида железа(III). Через некоторое время пластинку вынули, высушили и взвесили. Ее масса оказалась равной 200 г. Вычислите массу цинка, перешедшего в раствор и массу железа, осевшего на пластинке.
- 8-37.** Пластинку из железа массой 25 г поместили в раствор сульфата меди(II) массой 500 г. Через некоторое время пластинку вынули, высушили и взвесили. Ее масса оказалась равной 28,2 г. Вычислите массу железа, растворившегося в ходе реакции, массу меди, выделившейся на пластинке, и массовую долю сульфата железа в растворе после реакции.
- 8-38.** Цинковую пластинку поместили в 383,4 г раствора сульфата железа(III). Через некоторое время пластинку вынули, высушили и взвесили. Она стала легче на 16,6 г. Вычислите массу цинка, перешедшего в раствор, массу железа, выделившегося на пластинке, и массовую долю сульфата цинка, образовавшегося в растворе.
- 8-39.** Пластинку из неизвестного двухвалентного металла массой 50 г опустили в 208 г раствора сульфата железа(II). Через некоторое время пластинку вынули, высушили и взвесили. Ее масса оказалась равной 58 г. В растворе же появился сульфат двухвалентного металла, его массовая доля оказалась равной 15 %. Из какого металла изготовлена пластинка?
- 8-40.** Пластинку из неизвестного двухвалентного металла массой 100 г опустили в раствор хлорида золота(III) массой 219,9 г. Через некоторое время пластинку вынули, высушили и взвесили. Ее масса оказалась равной 119,9 г. В растворе же появился хлорид этого двухвалентного металла, массовая доля хлорида составила 20,4 %. Из какого металла сделана пластинка?
- 8-41.** Пластинку из неизвестного двухвалентного металла массой 100 г опустили в 515,2 г раствора нитрата серебра. Через некоторое время пластинку вынули, высушили и взвесили. Ее масса оказалась равной 115,2 г. В растворе же появился нитрат двухвалентного металла, его массовая доля оказалась равной 3,76 %. Из какого металла сделана пластинка?
- 8-42.** Железную пластинку массой 20 г поместили в 12%-й раствор нитрата серебра массой 100 г. Через некоторое время пластинку аккуратно вынули, высушили и взвесили. Рассчитайте, какова должна быть масса пластинки после реакции, если в растворе массовая доля нитрата серебра снизилась до 8 %.

---

\* В задачах 8-35–8-42 будем считать, что весь восстановленный металл остается на пластинке.

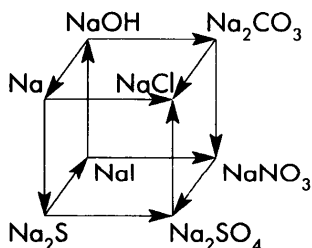
## 8.2. Щелочные металлы

### Вопросы и задания

- 8-43.** С какими из перечисленных веществ реагирует натрий: хлор, аргон, вода, сера, водород, карбонат кальция? Напишите уравнения возможных реакций, схематически обозначьте переход электронов.
- 8-44.** С какими из перечисленных веществ реагирует калий: иод, гелий, вода, сера, водород, карбонат лития? Напишите уравнения возможных реакций, схематически обозначьте переход электронов.
- 8-45.** Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить цепочку превращений веществ:
- а) Калий → Гидроксид калия → Нитрат калия → Сульфат калия → Хлорид калия → Калий;
  - б) Натрий → Хлорид натрия → Гидроксид натрия → Ортофосфат натрия → Нитрат натрия → Сульфат натрия;
  - в) Натрий → Сульфид натрия → Гидроксид натрия → Хлорат натрия → Хлорид натрия → Нитрат натрия → Нитрит натрия;
  - г) Литий → Оксид лития → Гидроксид лития → Карбонат лития → Хлорид лития → Литий;
  - д) Натрий → Пероксид натрия → Гидроксид натрия → Ацетат натрия → Бромид натрия → Хлорид натрия → Натрий;
  - е) Литий → Нитрид лития → Гидроксид лития → Сульфит лития → Сульфат лития → Гидроксид лития;
  - ж) Натрий → Гидрид натрия → Гидроксид натрия → Формиат натрия → Хлорид натрия → Гидросульфат натрия → Сульфат натрия → Иодид натрия → Гидроксид натрия.

Для реакций, протекающих в растворе с участием ионов, составьте ионные уравнения. К уравнениям всех окислительно-восстановительных реакций составьте схему электронного баланса или покажите переход электронов стрелкой.

- 8-46.** Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить цепочку превращений веществ:



Для реакций, протекающих в растворе с участием ионов, составьте ионные уравнения. К уравнениям всех окислительно-восстановительных реакций составьте схему электронного баланса или покажите переход электронов стрелкой.

- 8-47.** В трех пронумерованных бюксах без этикеток находятся хлорид натрия, хлорид калия и хлорид лития. Как, не используя иных реактивов, можно распознать вещества?
- 8-48.** В трех пронумерованных бюксах без этикеток находятся сульфат натрия, сульфат цезия и сульфат рубидия. Как, не используя иных реактивов, можно распознать вещества?
- 8-49.** В четырех колбах без этикеток находятся растворы сульфата натрия, сульфата аммония, серной кислоты и нитрата натрия. Как определить вещества? Составьте ионные уравнения реакций.
- 8-50.** К раствору сульфата меди(II) добавили кусочек натрия. Напишите уравнения тех реакций, которые могут происходить при этом. Опишите, каковы признаки этих реакций.
- 8-51.** В вашем распоряжении только два вещества: вода и литий. У вас есть практически любое оборудование, которое может вам понадобиться. Напишите уравнения всех возможных реакций, которые можно осуществить исходя из названных веществ с целью получения как можно большего числа новых веществ.
- 8-52.** В вашем распоряжении только два вещества: вода и натрий. У вас есть практически любое оборудование, которое может вам понадобиться. Напишите уравнения всех возможных реакций, в которых могут участвовать названные вещества, чтобы получилось как можно больше новых веществ.

### Расчетные задачи

- 8-53.** Навеску натрия массой 2,3 г опустили в химический стакан с водой. Вычислите массу и объем (н. у.) выделившегося водорода, массу образовавшейся щелочи.
- 8-54.** Навеску калия массой 3,9 г опустили в химический стакан с водой. Вычислите массу и объем (н. у.) выделившегося водорода, массу образовавшейся щелочи.
- 8-55.** Вычислите массу натрия, который можно получить электролизом расплава поваренной соли массой 1 кг, если выход натрия составит 75 % от теоретически возможного.
- 8-56.** Вычислите выход натрия от теоретически возможного, если в ходе электролиза расплава поваренной соли массой 500 г удалось получить порцию натрия массой 100 г.
- 8-57.** Порцию сплава натрия и калия массой 6,2 г растворили в избытке воды. При этом выделился водород объемом 2,24 л (н. у.). Вычислите массовые доли натрия и калия в сплаве.
- 8-58.** Порцию сплава натрия и калия массой 8,5 г растворили в избытке воды. При этом образовалась смесь гидроксидов натрия и калия массой 13,6 г. Вычислите массовые доли натрия и калия в сплаве.
- 8-59.** Навеску натрия массой 4,6 г опустили в химический стакан, в котором находится порция воды массой 200 г. Вычислите массу образовавшейся щелочи и ее массовую долю в растворе после реакции.

- 8-60.** Навеску лития массой 2,8 г опустили в химический стакан, в котором находится порция воды массой 250 г. Вычислите массу образовавшейся щелочи и ее массовую долю в растворе после реакции.
- 8-61.** Навеску калия массой 1,56 г опустили в химический стакан, в котором находится порция воды массой 50 г. Вычислите массу образовавшейся щелочи и ее массовую долю в растворе после реакции.
- 8-62.** Навеску натрия массой 4,6 г опустили в химический стакан, в котором находится 8%-й раствор гидроксида натрия массой 250 г. Вычислите массовую долю гидроксида натрия в растворе после реакции.
- 8-63.** Навеску лития массой 2,1 г опустили в химический стакан, в котором находится 10%-й раствор гидроксида лития массой 100 г. Вычислите массовую долю гидроксида лития в растворе после реакции.
- 8-64.** Навеску натрия массой 1,84 г опустили в химический стакан, в котором находится 12%-й раствор гидроксида калия массой 200 г. Вычислите массовые доли гидроксида натрия и гидроксида калия в растворе после реакции.
- 8-65.** Вычислите массу натрия, который необходимо добавить к порции воды массой 200 г, чтобы получить 10%-й раствор гидроксида натрия.
- 8-66.** Вычислите массу калия, который необходимо добавить к порции воды массой 250 г, чтобы получить 20%-й раствор гидроксида калия.
- 8-67.** Вычислите массу натрия, который необходимо добавить к 10%-му раствору гидроксида натрия массой 50 г, чтобы получить 20%-й раствор гидроксида натрия.
- 8-68.** Вычислите массу калия, который необходимо добавить к 5%-му раствору гидроксида калия массой 200 г, чтобы получить 12%-й раствор гидроксида калия.
- 8-69.** Вычислите массу натрия и 10%-го раствора гидроксида натрия, которые потребуются для приготовления 20%-го раствора гидроксида натрия массой 400 г.
- 8-70.** Вычислите массу лития и 8%-го раствора гидроксида лития, которые потребуются для приготовления 16%-го раствора гидроксида лития массой 500 г.
- 8-71.** В вашем распоряжении только два вещества: вода и кальций. У вас есть практически любое оборудование, которое может понадобиться. Напишите уравнения всех возможных реакций, которые можно осуществить исходя из названных веществ с целью получения как можно большего числа новых веществ.

### **8.3. Магний. Щелочноземельные металлы**

#### **Вопросы и задания**

- 8-72.** С какими из перечисленных веществ реагирует магний: хлор, сера, азот, вода, оксид меди(II), серная кислота, гидроксид натрия, хлорид калия, сульфат железа(II)? Напишите уравнения возможных реакций, схематически обозначьте переход электронов.

**8-73.** С какими из перечисленных веществ реагирует кальций: бром, вода, фосфор, концентрированная серная кислота, сульфат натрия? Напишите уравнения возможных реакций, схематически обозначьте переход электронов.

**8-74.** Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить цепочку превращений веществ:

а) Кальций → Оксид кальция → Гидроксид кальция → Нитрат кальция → Карбонат кальция → Оксид кальция → Силикат кальция;

б) Магний → Оксид магния → Хлорид магния → Нитрат магния → Оксид магния → Ортофосфат магния;

в) Кальций → Гидроксид кальция → Карбонат кальция → Гидрокарбонат кальция → Карбонат кальция → Оксид кальция;

г) Магний → Нитрат магния → Сульфат магния → Гидроксид магния → Оксид магния → Магний;

д) Барий → Гидроксид бария → Карбонат бария → Нитрат бария → Сульфат бария;

е) Карбонат бария → Оксид бария → Барий → Гидрид бария → Хлорид бария → Хромат бария.

Для реакций, протекающих в растворе с участием ионов, составьте ионные уравнения. К уравнениям всех окислительно-восстановительных реакций составьте схему электронного баланса или покажите переход электронов стрелкой.

**8-75.** К раствору хлорида меди(II) добавили кусочек кальция. Напишите уравнения возможных реакций. Опишите их признаки.

**8-76.** В трех пронумерованных бюксах без этикеток находятся хлорид кальция, хлорид стронция и хлорид бария. Как, не используя иных реактивов, но располагая всем возможным оборудованием, можно распознать вещества?

**8-77.** Что такое жесткость воды? Расскажите, какими способами можно избавиться от жесткости воды:

а) карбонатной; б) некарбонатной. Ответ иллюстрируйте уравнениями реакций.

**8-78.** Суточная потребность человеческого организма в кальции составляет 0,7 г. Массовая доля кальция в коровьем молоке составляет приблизительно 0,13 %. Какова масса молока, которое следовало бы ввести в суточный рацион для удовлетворения потребности организма в кальции, если бы человек не получал кальций с другими продуктами?

**8-79.** Одним из способов промышленного получения кальция является нагревание его оксида с алюминием в вакууме. Вычислите массу алюминия и негашеной извести с массовой долей оксида кальция 96 %, которые потребуются для получения кальция массой 1 т.

**8-80.** Навеску кальция массой 4 г растворили в 1 л воды. Вычислите массовую долю гидроксида кальция в образовавшемся растворе.

**8-81.** Навеску оксида кальция массой 28 г растворили в 2 л воды. Вычислите массовую долю гидроксида кальция в образовавшемся растворе.



- 8-82.** Вычислите массу кальция, который потребуется растворить в воде массой 200 г, чтобы получить 0,15%-й раствор гидроксида кальция.
- 8-83.** Вычислите массу оксида кальция, который потребуется растворить в воде массой 500 г, чтобы получить 0,1%-й раствор гидроксида кальция.
- 8-84.** Вычислите массу оксида кальция и массу воды, которые потребуются для приготовления 0,1%-го раствора гидроксида кальция массой 250 г.
- 8-85.** Шарик из магния растворили в избытке соляной кислоты. При этом образовалось 11,2 л (н. у.) водорода. Вычислите диаметр этого шарика, если известно, что плотность магния составляет 1,74 г/см<sup>3</sup>, а объем шара рассчитывается по формуле:  $V = \frac{4}{3} \pi R^3$ , где  $V$  — объем шара, а  $R$  — его радиус.
- 8-86.** Кубик из кальция, ребро которого имеет длину 1 см, растворили в воде массой 500 г. Вычислите концентрацию гидроксида кальция в образовавшемся растворе, если плотность кальция составляет 1,54 г/см<sup>3</sup>.
- 8-87.** Вычислите массу кристаллогидрата нитрата кальция  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  и массу воды, необходимых для приготовления 200 г насыщенного при 20 °С раствора. Растворимость нитрата кальция при 20 °С составляет 128,8 г на 100 г воды.
- 8-88.** Вычислите массу кристаллогидрата хлорида кальция  $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  и массу воды, необходимых для приготовления 200 г насыщенного при 20 °С раствора. Растворимость хлорида кальция при 20 °С составляет 74,5 г на 100 г воды.

## 8.4. Алюминий

### Вопросы и задания

- 8-89.** Перечислите, какие свойства алюминия позволяют использовать его: а) в самолетостроении; б) для изготовления электропроводов; в) в металлургии? Какие еще области применения алюминия вам известны? Обоснуйте использование этого металла его свойствами.
- 8-90.** С какими из перечисленных веществ реагирует алюминий: хлор, сера, азот, вода, оксид меди(II), серная кислота, гидроксид натрия, хлорид калия, сульфат железа(II)? Напишите уравнения возможных реакций, схематически обозначьте переход электронов.
- 8-91.** С какими из перечисленных веществ реагирует алюминий: бром, вода, фосфор, концентрированная серная кислота, сульфат натрия? Напишите уравнения возможных реакций, схематически обозначьте переход электронов.
- 8-92.** С какими из перечисленных веществ реагирует алюминий: оксид меди(II), оксид железа(III), оксид лития, оксид бария, оксид хрома(III), оксид натрия? Напишите уравнения возможных реакций, схематически обозначьте переход электронов. Почему для выполнения этого задания не следует руководствоваться электрохимическим рядом напряжений металлов?

- 8-93.** Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить цепочку превращений веществ:
- а) Алюминий → Оксид алюминия → Сульфат алюминия → Гидроксид алюминия → Оксид алюминия → Алюминий;
- б) Алюминий → Хлорид алюминия → Гидроксид алюминия → Оксид алюминия → Метаалюминат натрия → Нитрат алюминия → Оксид алюминия → Алюминий → Гидроксид алюминия;
- в) Оксид алюминия → Алюминий → Нитрат алюминия → Гидроксид алюминия → Метаалюминат калия → Сульфат алюминия → Метаалюминат натрия;
- г) Алюминий → Сульфид алюминия → Хлорид алюминия → Гидроксид алюминия → Тетрагидроксоалюминат натрия → Нитрат алюминия → Оксид алюминия → Алюминий → Тетрагидроксоалюминат калия;
- д) Алюминий → Карбид алюминия → Гидроксид алюминия → Тетрагидроксоалюминат натрия → Гидроксид алюминия → Бромид алюминия → Ортофосфат алюминия.
- Для реакций, протекающих в растворе с участием ионов, составьте ионные уравнения. К уравнениям всех окислительно-восстановительных реакций составьте схему электронного баланса или покажите переход электронов стрелкой.
- 8-94.** Что произойдет, если пластинку из алюминия опустить: а) в соляную кислоту; б) в серную концентрированную кислоту; в) в азотную концентрированную кислоту; г) в азотную разбавленную кислоту? Ответ мотивируйте, напишите уравнения возможных реакций.
- 8-95.** Почему алюминий легко окисляется в растворе хлорида меди(III) и практически не окисляется в растворе сульфата меди(II)? Ответ мотивируйте.
- 8-96.** Сравните алюминий и кремний по следующим параметрам: а) взаимодействие с кислотами; б) взаимодействие со щелочами; в) взаимодействие с растворами солей.
- 8-97.** Как получить гидроксид алюминия и доказать его амфотерность? Напишите уравнения реакций.
- 8-98.** Напишите уравнения реакций гидролиза: а) нитрата алюминия; б) сульфата алюминия.
- 8-99.** В четырех колбах без этикеток находятся растворы сульфата натрия, сульфата алюминия, сульфата марганца(II) и вода. Как определить вещества? Составьте ионные уравнения реакций.
- 8-100.** В двух склянках без этикеток находятся растворы гидроксида калия и хлорида алюминия. Как без помощи других реактивов распознать вещества? Составьте ионные уравнения реакций.
- 8-101.** В четырех склянках без этикеток находятся растворы гидроксида натрия, сульфата алюминия, сульфата меди(II) и нитрата бария. Как без помощи других реактивов распознать вещества? Составьте ионные уравнения реакций.
- 8-102.** К раствору хлорида алюминия добавили раствор карбоната натрия. Опишите происходящие при этом явления. Что произошло в результате взаимодействия этих веществ?

### Расчетные задачи

- 8-103.** Вычислите массу бромида алюминия, который образуется при взаимодействии алюминия массой 5,4 г с избытком брома.
- 8-104.** Вычислите массы реагентов, необходимых для получения следующих продуктов массой 1 г: а) сульфида алюминия; б) карбида алюминия; в) иодида алюминия; г) нитрида алюминия.
- 8-105.** Вычислите массу алюминия, который потребуется растворить в избытке раствора гидроксида натрия для получения водорода объемом 4,48 л (н. у.).
- 8-106.** Электролитическим методом из 2 т глинозема ( $Al_2O_3$ ) удастся получить 1 т алюминия. Вычислите выход алюминия от теоретически возможного.
- 8-107.** Состав сплава дюралюмина приблизительно следующий: Al — 94 %, Cu — 4 %, Mg — 1 %, Mn — 1 %. Вычислите массу порций перечисленных металлов, которые потребуются для приготовления образца из дюралюмина массой 20 г.
- 8-108.** Массовая доля оксида алюминия в природном боксите составляет 49 %. Какую массу алюминия можно получить из боксита массой 1 т?
- 8-109.** Какова масса 10%-го раствора гидроксида натрия, который потребуется для полного извлечения алюминия из 1 кг смеси алюминия и меди, если известно, что при действии соляной кислоты на порцию такой смеси массой 10 г выделился газ, объем которого составил 6,72 л (н. у.)?

## 8.5. Железо

### Вопросы и задания

- 8-110.** С какими из перечисленных веществ реагирует железо: хлор, сера, вода, серная кислота, гидроксид натрия, хлорид калия, сульфат меди(II)? Напишите уравнения возможных реакций, схематически обозначьте переход электронов.
- 8-111.** С какими из перечисленных веществ реагирует железо: бром, водород, концентрированная серная кислота, разбавленная азотная кислота, сульфат магния, гидроксид калия, хлорид ртути(II)? Напишите уравнения возможных реакций, схематически обозначьте переход электронов.
- 8-112.** Напишите уравнения реакций окисления железа фтором, хлором, бромом и иодом. Схематически обозначьте переход электронов. Сравните, в каких случаях железо окисляется более глубоко? Почему?
- 8-113.** Напишите уравнения реакций взаимодействия железа с хлором, с соляной кислотой, с кислородом, с серой. Схематически обозначьте переход электронов. Сравните, в каких случаях железо окисляется более глубоко? Почему?
- 8-114.** Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить цепочку превращений веществ:  
а) Железо  $\rightarrow$  Хлорид железа(II)  $\rightarrow$  Гидроксид железа(II)  $\rightarrow$  Гидроксид железа(III)  $\rightarrow$  Оксид железа(III)  $\rightarrow$  Железо;

б) Железо → Хлорид железа(III) → Гидроксид железа(III) → Сульфат железа(III) → Железо → Оксид дижелеза(III)-железа(II) → Железо → Карбид трижелеза;

в) Нитрат железа(III) → Оксид железа(III) → Оксид железа(II) → Железо → Сульфид железа(II) → Оксид железа(III) → Хлорид железа(III) → Роданид железа(III);

г) Железо → Сульфид железа(II) → Хлорид железа(II) → Хлорид железа(III) → Гексацианоферрат(II) железа(III);

д) Дисульфид железа(II) → Оксид железа(III) → Железо → Хлорид железа(III) → Хлорид железа(II) → Гексацианоферрат(III) железа(II);

е) Оксид железа(II) → Диоксоферрат(III) натрия → Хлорид железа(III) → Гидроксид железа(III) → Феррат калия → Сульфат железа(III) → Оксид железа(III) → Сульфат железа(III) → Гексацианоферрат(II) железа(III)-калия.

Для реакций, протекающих в растворе с участием ионов, составьте ионные уравнения. К уравнениям всех окислительно-восстановительных реакций составьте схему электронного баланса или покажите переход электронов стрелкой.

- 8-115.** В четырех колбах без этикеток находятся растворы сульфата железа(III), сульфата железа(II), сульфата натрия и вода. Как определить вещества? Составьте ионные уравнения реакций.
- 8-116.** В четырех колбах без этикеток находятся растворы хлорида железа(III), хлорида алюминия, хлорида железа(II) и вода. Как определить вещества? Составьте ионные уравнения реакций.
- 8-117.** В пяти склянках без этикеток находятся растворы гидроксида натрия, сульфата железа(II), сульфата железа(III), сульфида натрия и сульфата натрия. Как без помощи других реактивов распознать вещества? Составьте ионные уравнения реакций.
- 8-118.** Смешали растворы хлорида железа(III) и иодида калия. Что может произойти при этом? Запишите уравнение реакции.
- 8-119.** Смешали растворы хлорида железа(III) и сульфида натрия. Что может произойти при этом? Запишите уравнение реакции.

### Расчетные задачи

- 8-120.** Вычислите массу оксида железа(III), который потребуется для получения железа массой 1 кг.
- 8-121.** Вычислите массу железной окалины  $Fe_3O_4$ , которая образуется при сгорании порции порошка железа массой 28 г.
- 8-122.** Вычислите массу реагентов, которые потребуются для получения 10 г:  
а) сульфида железа(II); б) хлорида железа(III); в) карбида железа  $Fe_3C$ .
- 8-123.** Какую массу чугуна с массовой долей железа 92 % можно получить из окатышей, которые производит в течение 30 дней установка мощностью 2500 т в сутки? Массовая доля  $Fe_3O_4$  в окатышах составляет 85 %.
- 8-124.** Определите массу стали с массовой долей железа 99 %, которую теоретически можно получить методом прямого восстановления в электро-

печах из металлизированных окатышей массой 4000 т с массовой долей железа в сырье 72 %.

- 8-125.** Какой объем оксида углерода(II) (н. у.) вступит в реакцию полного восстановления оксида железа(III) массой 6400 т? Определите массу кокса, необходимую для образования такого объема газообразного восстановителя, если массовая доля углерода в коксе 92 %.
- 8-126.** Из железной руды массой 1492 т, массовая доля железа в которой 62 %, получили передельный чугун массой 1000 т. Вычислите массовую долю железа в передельном чугуне.
- 8-127.** Какая масса красного железняка с массовой долей оксида железа(III) 81 % потребуется для выплавки передельного чугуна массой 8000 т, массовая доля железа в котором 98 %?
- 8-128.** Определите массу красного железняка с массовой долей железа 60 %, кокса и флюса (карбонат кальция), необходимых для выплавки литейного чугуна массой 3000 т, если массовая доля железа в чугуне 95 %. Массовая доля (%) руды в шихте составляет 62,5, кокса — 25 и флюса — 12,5.
- 8-129.** Доменная печь выплавляет в сутки чугун массой 4500 т. Вычислите массовую долю компонентов в шихте, если расход железной руды на производство чугуна массой 1 т составляет 2120 кг, кокса — 850, флюса — 450 кг.
- 8-130.** Домна с полезным объемом 5000 м<sup>3</sup> расходует на производство чугуна массой 1 т кокс массой 374 кг, природный газ объемом 127 м<sup>3</sup> и кислород объемом 146 м<sup>3</sup>. Производительность домны 4,6 млн т чугуна в год. Какая масса кокса, объем природного газа и кислорода расходуются на производство такой массы чугуна?
- 8-131.** Кислородный конвертор выдает одну плавку стали массой 250 т за 0,75 ч и работает 320 сут в год. На производство конверторной стали массой 1 т расходуется чугун массой 0,95 т. Определите массу чугуна, расходуемую на производство стали в таком конверторе за год.
- 8-132.** В результате обработки стальных опилок массой 9,375 г собрали оксид углерода(IV) объемом 280 мл (н. у.). Определите массовую долю углерода в стали.
- 8-133.** Определите массовую долю железа в чугуне массой 1488,5 т, который выплавлен из красного железняка массой 2500 т с массовой долей пустой породы 20 %.
- 8-134.** Порцию смеси порошков железа и меди массой 12 г растворили в соляной кислоте. В результате образовался газ объемом 2,24 л (н. у.). Вычислите массовые доли металлов в смеси.
- 8-135.** Порцию смеси порошков железа, меди и алюминия массой 25,5 г растворили в соляной кислоте. В результате образовался газ объемом 19,04 л (н. у.). Если растворить точно такую же порцию смеси в растворе гидроксида натрия, выделяется 16,8 л (н. у.) газа. Вычислите массовые доли металлов в смеси.
- 8-136.** Порцию смеси порошков железа, цинка и алюминия массой 24 г растворили в разбавленном растворе серной кислоты. В результате образо-

вался газ объемом 13,44 л (н. у.). Если растворить точно такую же порцию смеси в растворе гидроксида калия, выделяется 11,2 л (н. у.) газа. Вычислите массовые доли металлов в смеси.

## Контрольная работа по теме «Металлы»

### Вариант 1

1. Пластинку из железа массой 20,8 г опустили в раствор сульфата меди(II). Через некоторое время пластинку вынули, высушили и взвесили. Ее масса оказалась равной 20 г. Вычислите массу железа, перешедшего в раствор, и массу меди, осевшей на пластинке.

2. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно получить железо из дисульфида железа(II).

3. Напишите уравнения возможных реакций между магнием и веществом из следующего перечня: кремний, фосфор, иод, вода, серная разбавленная кислота, серная концентрированная кислота, азотная кислота, гидроксид калия, раствор нитрата меди(II), хлорид натрия. Ко всем уравнениям составьте схему электронного баланса или схематически обозначьте степени окисления и переход электронов.

4. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить цепочку превращений веществ:

Оксид алюминия → Алюминий → Хлорид алюминия → Гидроксид алюминия → Ме-таалюминат натрия → Сульфат алюминия.

### Вариант 2

1. Пластинку из железа массой 10,4 г опустили в раствор хлорида меди(II). Через некоторое время пластинку вынули, высушили и взвесили. Ее масса оказалась равной 10 г. Вычислите массу железа, перешедшего в раствор, и массу меди, осевшей на пластинке.

2. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно получить железо из карбоната железа(II).

3. Напишите уравнения возможных реакций между алюминием и веществом из следующего перечня: кислород, сера, хлор, вода, серная разбавленная кислота, серная концентрированная кислота, азотная разбавленная кислота, гидроксид натрия, хлорид ртути(II). Ко всем уравнениям составьте схему электронного баланса или схематически обозначьте степени окисления и переход электронов.

4. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить цепочку превращений веществ:

Хлорид натрия → Натрий → Сульфид натрия → Сульфат натрия → Нитрат натрия.

## Глава 9

# Алгоритмы решения типовых задач

## Алгоритм 1

### Вычисление массы вещества по известной массе другого вещества, участвующего в реакции

**Пример.** Вычислите массу кислорода, выделившегося в результате разложения порции воды массой 9 г.

Последовательность выполнения действий	Оформление решения задачи
С помощью соответствующих обозначений запишем условие задачи, найдем молярные массы веществ, о которых идет речь в условии задачи	<i>Дано:</i> $m(\text{H}_2\text{O}) = 9 \text{ г}$ $m(\text{O}_2) = ? \text{ г}$ $M(\text{H}_2\text{O}) = 18 \text{ г/моль}$ $M(\text{O}_2) = 32 \text{ г/моль}$
Найдем количество вещества, масса которого дана в условии задачи	<i>Решение:</i> $n(\text{H}_2\text{O}) = \frac{9 \text{ г}}{18 \text{ г/моль}} = 0,5 \text{ моль}$
Запишем уравнение реакции. Расставим коэффициенты	$2\text{H}_2\text{O} = 2\text{H}_2\uparrow + \text{O}_2\uparrow$
Над формулой в уравнении реакции запишем найденное значение количества вещества, а под формулами веществ — стехиометрические соотношения, отображаемые химическим уравнением	$\begin{array}{ccc} 0,5 \text{ моль} & & ? \text{ моль} \\ 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{H}_2 + \text{O}_2 & & \\ 2 \text{ моль} & & 1 \text{ моль} \end{array}$
Вычислим количество вещества, массу которого требуется найти. Для этого составляем пропорцию	$\frac{0,5 \text{ моль}}{2 \text{ моль}} = \frac{x \text{ моль}}{1 \text{ моль}},$ <p>откуда <math>x = 0,25 \text{ моль}</math>. Следовательно, <math>n(\text{O}_2) = 0,25 \text{ моль}</math></p>
Найдем массу вещества, которую требуется вычислить	$m(\text{O}_2) = n(\text{O}_2) \cdot M(\text{O}_2)$ $m(\text{O}_2) = 0,25 \text{ моль} \cdot 32 \text{ г/моль} = 8 \text{ г}$
Запишем ответ	<i>Ответ:</i> $m(\text{O}_2) = 8 \text{ г}$

## Алгоритм 2

### Вычисление объема вещества по известной массе другого вещества, участвующего в реакции

**Пример.** Вычислите объем кислорода (н. у.), выделившегося в результате разложения порции воды массой 9 г.

Последовательность выполнения действий	Оформление решения задачи
С помощью соответствующих обозначений запишем условие задачи, найдем молярную массу вещества, масса которого дана в условии задачи, приведем молярный объем газов	<i>Дано:</i> $m(\text{H}_2\text{O}) = 9 \text{ г}$ $V(\text{O}_2) = ? \text{ л (н. у.)}$ $M(\text{H}_2\text{O}) = 18 \text{ г/моль}$ $V_n = 22,4 \text{ л/моль}$
Найдем количество вещества, масса которого дана в условии задачи	<i>Решение:</i> $n(\text{H}_2\text{O}) = \frac{9 \text{ г}}{18 \text{ г/моль}} = 0,5 \text{ моль}$
Запишем уравнение реакции. Расставим коэффициенты	$2\text{H}_2\text{O} = 2\text{H}_2 + \text{O}_2$
Над формулой в уравнении реакции запишем найденное значение количества вещества, а под формулами веществ — стехиометрические соотношения, отображаемые химическим уравнением	$\begin{array}{ccc} 0,5 \text{ моль} & & ? \text{ моль} \\ 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{H}_2 + \text{O}_2 & & \\ 2 \text{ моль} & & 1 \text{ моль} \end{array}$
Вычислим количество вещества, массу которого требуется найти. Для этого составим пропорцию	$\frac{0,5 \text{ моль}}{2 \text{ моль}} = \frac{x \text{ моль}}{1 \text{ моль}},$ откуда $x = 0,25 \text{ моль}$ . Следовательно, $n(\text{O}_2) = 0,25 \text{ моль}$
Найдем объем вещества, который требуется вычислить	$V(\text{O}_2) = n(\text{O}_2) \cdot V_n$ $V(\text{O}_2) = 0,25 \text{ моль} \cdot 22,4 \text{ л/моль} = 5,6 \text{ л (н. у.)}$
Запишем ответ	<i>Ответ:</i> $V(\text{O}_2) = 5,6 \text{ л (н. у.)}$



### Алгоритм 3

#### Расчет по химическому уравнению объемных отношений газов

**Пример.** Вычислите объем кислорода, необходимого для сжигания порции ацетилена объемом 50 л.

Последовательность выполнения действий	Оформление решения задачи
С помощью соответствующих обозначений запишем условие задачи	<i>Дано:</i> $V(\text{C}_2\text{H}_2) = 50 \text{ л}$ $V(\text{O}_2) = ? \text{ л}$
Запишем уравнение реакции. Расставим коэффициенты	<i>Решение:</i> $2\text{C}_2\text{H}_2 + 5\text{O}_2 = 4\text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$
Над формулами веществ запишем данные об объемах газообразных веществ, известные из условия задачи, а под формулами — стехиометрические соотношения, отображаемые уравнением реакции, которые для газов, согласно закону Авогадро, равны их объемным отношениям	$\begin{array}{ccc} 50 \text{ л} & ? \text{ л} & \\ 2\text{C}_2\text{H}_2 + 5\text{O}_2 = 4\text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} & & \\ 2 \text{ моль} & 5 \text{ моль} & \end{array}$
Вычислим объем вещества, который требуется найти. Для этого составим пропорцию	$\frac{50 \text{ л}}{2 \text{ моль}} = \frac{x \text{ л}}{5 \text{ моль}}$ <p>откуда <math>x = 125 \text{ л}</math>.          Следовательно, <math>V(\text{O}_2) = 125 \text{ л}</math></p>
Запишем ответ	<i>Ответ:</i> $V(\text{O}_2) = 125 \text{ л}$

*Примечание.* Необходимо заметить, что ответ является правильным, если объемы газообразных веществ рассчитаны в одних и тех же условиях.

### Алгоритм 4

#### Вычисление относительной плотности газа по другому газу.

**Пример.** Вычислите плотность кислорода: а) по водороду; б) по воздуху.

Последовательность выполнения действий	Оформление решения задачи
Найдем относительные молекулярные массы газов, о которых говорится в условии задачи	$M_r(\text{O}_2) = 32$ $M_r(\text{H}_2) = 2$ $M_r(\text{возд.}) = 29 \text{ (условно)}$

Последовательность выполнения действий	Оформление решения задачи
Относительная плотность газа X по газу Y равна отношению относительной молекулярной массы X к относительной молекулярной массе Y. Вычислим это отношение	$D_{\text{H}_2}(\text{O}_2) = 32/2 = 16$ $D_{\text{возд}}(\text{O}_2) = 32/29 \approx 1,103$
Запишем ответ	<i>Ответ:</i> $D_{\text{H}_2}(\text{O}_2) = 16$ ; $D_{\text{возд}}(\text{O}_2) \approx 1,103$

**Примечание.** Понятие «относительная молекулярная масса воздуха» употребляется условно, так как воздух — это не индивидуальное вещество, а смесь газов.

## Алгоритм 5

### Вычисление массовой доли вещества в растворе

**Пример.** При выпаривании раствора массой 500 г образовалось 25 г кристаллической соли хлорида натрия. Вычислите массовую долю соли в исходном растворе.

Последовательность выполнения действий	Оформление решения задачи
С помощью соответствующих обозначений запишем условие задачи	<p><i>Дано:</i></p> $m_{\text{р-ра}}(\text{NaCl}) = 500 \text{ г}$ $m_{\text{в-ва}}(\text{NaCl}) = 25 \text{ г}$ $w(\text{NaCl}) = ?$
Запишем формулу для расчета массовой доли вещества в растворе	<p><i>Решение:</i></p> $w = \frac{m_{\text{в-ва}}}{m_{\text{р-ра}}}$
Подставим цифровые значения в эту формулу и произведем расчет	$w(\text{NaCl}) = \frac{25 \text{ г}}{500 \text{ г}} = 0,05$
Выразим массовую долю растворенного вещества в процентах. Для перехода от десятичной дроби к процентам умножим десятичную дробь на 100, перенеся запятую на два знака вправо	$0,05 \cdot 100 \% = 5 \%$ $w(\text{NaCl}) = 5 \%$
Запишем ответ	<i>Ответ:</i> $w(\text{NaCl}) = 0,05$ , или 5%

## Алгоритм 6

### Вычисление массы вещества в растворе по массе раствора и массовой доле растворенного вещества

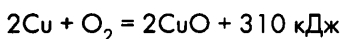
**Пример.** Вычислите массу гидроксида натрия, необходимого для приготовления 400 г 20%-го раствора гидроксида натрия.

Последовательность выполнения действий	Оформление решения задачи
С помощью соответствующих обозначений запишем условие задачи. Выразим массовую долю вещества с помощью десятичной дроби (для этого значение массовой доли, выраженной в процентах, поделим на 100, перенесем запятую на два знака влево)	<i>Дано:</i> $m_{\text{р-ра}}(\text{NaOH}) = 400 \text{ г}$ $w(\text{NaOH}) = 20 \%, \text{ или } 0,2$ $m_{\text{в-ва}}(\text{NaOH}) = ? \text{ г}$
Запишем формулу для расчета массовой доли вещества в растворе	<i>Решение:</i> $w = \frac{m_{\text{в-ва}}}{m_{\text{р-ра}}}$
Преобразуем данную формулу для расчета массы вещества	$m_{\text{в-ва}} = m_{\text{р-ра}} \cdot w$
Подставим цифровые данные в эту формулу и произведем расчет	$m_{\text{в-ва}}(\text{NaOH}) = 400 \text{ г} \cdot 0,2 = 80 \text{ г}$
Запишем ответ	<i>Ответ:</i> $m_{\text{в-ва}}(\text{NaOH}) = 80 \text{ г}$

## Алгоритм 7

### Расчеты по термохимическим уравнениям. Вычисление количества теплоты по известной массе вещества

**Пример.** По термохимическому уравнению



вычислите количество теплоты, выделяющейся в результате окисления порции меди массой 16 г.

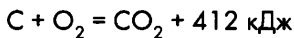
Последовательность выполнения действий	Оформление решения задачи
С помощью соответствующих обозначений запишем условие задачи, найдем молярную массу вещества, о котором идет речь в условии задачи	<i>Дано:</i> $m(\text{Cu}) = 16 \text{ г}$ $Q_{\text{р-ции}} = 310 \text{ кДж}$ $Q = ? \text{ кДж}$ $M(\text{Cu}) = 64 \text{ г/моль}$

Последовательность выполнения действий	Оформление решения задачи
Найдем количество вещества, масса которого дана в условии задачи	<i>Решение:</i> $n(\text{Cu}) = \frac{16 \text{ г}}{64 \text{ г/моль}} = 0,25 \text{ моль}$
Запишем термохимическое уравнение реакции	$2\text{Cu} + \text{O}_2 = 2\text{CuO} + 310 \text{ кДж}$
Над формулами веществ надпишем сведения о количестве вещества, найденном из условия задачи, а под формулой — соотношение, отображаемое уравнением реакции	$\begin{array}{r} 0,25 \text{ моль} \qquad \qquad \qquad ? \text{ кДж} \\ 2\text{Cu} + \text{O}_2 = 2\text{CuO} + 310 \text{ кДж} \\ 2 \text{ моль} \end{array}$
Вычислим количество вещества, массу которого требуется найти. Для этого составим пропорцию	$\frac{0,25}{2} = \frac{x}{310},$ <p>откуда <math>x = 38,75</math>.                  Следовательно, <math>Q = 38,75 \text{ кДж}</math></p>
Запишем ответ	<i>Ответ:</i> $Q = 38,75 \text{ кДж}$

### Алгоритм 8

#### Расчеты по термохимическим уравнениям. Вычисление массы вещества по известному количеству теплоты

**Пример.** По термохимическому уравнению



вычислите массу сгоревшего угля, если количество теплоты, выделившееся в результате реакции, составляет 82,4 кДж.

Последовательность выполнения действий	Оформление решения задачи
С помощью соответствующих обозначений запишем условие задачи, найдем молярную массу вещества, о котором идет речь в условии задачи	<i>Дано:</i> $Q = 82,4 \text{ кДж}$ $Q_{\text{р-ции}} = 412 \text{ кДж}$ <hr/> $m(\text{C}) = ? \text{ г}$ $M(\text{C}) = 12 \text{ г/моль}$
Запишем термохимическое уравнение реакции. Обозначим вопросительным знаком количество вещества, массу которого надо найти, и надпишем количество теплоты, записанное в условии задачи. Под формулой вещества обозначим молярное соотношение, вытекающее из уравнения реакции	<i>Решение:</i> $\begin{array}{r} ? \text{ моль} \qquad \qquad \qquad 82,4 \text{ кДж} \\ \text{C} + \text{O}_2 = \text{CO}_2 + 412 \text{ кДж} \\ 1 \text{ моль} \end{array}$

Последовательность выполнения действий	Оформление решения задачи
Вычислим количество вещества, массу которого требуется найти. Для этого составим пропорцию	$\frac{x}{1} = \frac{82,4}{412},$ откуда $x = 0,2$ . Следовательно, $n(\text{C}) = 0,2$ моль
Перейдем от количества вещества к массе вещества. Для этого используем молярную массу вещества	$m = n \cdot M$ $m(\text{C}) = n(\text{C}) \cdot M(\text{C}) = 0,2 \text{ моль} \cdot 12 \text{ г/моль} = 2,4 \text{ г}$
Запишем ответ	<i>Ответ:</i> $m(\text{C}) = 2,4 \text{ г}$

### Алгоритм 9

#### Расчеты по химическим уравнениям, если одно из реагирующих веществ дано в избытке

**Пример.** Смешали два раствора, содержащих соответственно 33,3 г хлорида кальция и 16,4 г фосфата натрия. Вычислите массу образовавшегося фосфата кальция.

Последовательность выполнения действий	Оформление решения задачи
С помощью соответствующих обозначений запишем условие задачи, найдем молярные массы веществ, о которых идет речь в условии задачи	<i>Дано:</i> $m(\text{CaCl}_2) = 33,3 \text{ г}$ $m(\text{Na}_3\text{PO}_4) = 16,4 \text{ г}$ $m(\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2) = ? \text{ г}$ $M(\text{CaCl}_2) = 111 \text{ г/моль}$ $M(\text{Na}_3\text{PO}_4) = 164 \text{ г/моль}$ $M(\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2) = 310 \text{ г/моль}$
Найдем количества веществ, масса которых дана в условии задачи	<i>Решение:</i> $n(\text{CaCl}_2) = \frac{33,3 \text{ г}}{111 \text{ г/моль}} = 0,3 \text{ моль}$ $n(\text{Na}_3\text{PO}_4) = \frac{16,4 \text{ г}}{164 \text{ г/моль}} = 0,1 \text{ моль}$
Запишем уравнение реакции. Расставим коэффициенты	$3\text{CaCl}_2 + 2\text{Na}_3\text{PO}_4 = \text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \downarrow + 6\text{NaCl}$

Последовательность выполнения действий	Оформление решения задачи
Над формулами веществ запишем данные о количествах веществ, найденных из условия задачи, а под формулами — стехиометрические соотношения, отображаемые уравнением реакции	$  \begin{array}{ccccc}  0,3 \text{ моль} & & 0,1 \text{ моль} & & ? \text{ моль} \\  3\text{CaCl}_2 + 2\text{Na}_3\text{PO}_4 = & \text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \downarrow + & 6\text{NaCl} \\  3 \text{ моль} & & 2 \text{ моль} & & 1 \text{ моль}  \end{array}  $
Определим, какой из реагентов взят в избытке. Для этого сначала обозначим через $a$ количество вещества одного из реагентов, оставив без изменений сведения о количестве вещества другого реагента	$  \begin{array}{ccccc}  0,3 \text{ моль} & & a \text{ моль} & & \\  3\text{CaCl}_2 + 2\text{Na}_3\text{PO}_4 & & & & \\  3 \text{ моль} & & 2 \text{ моль} & &   \end{array}  $
Вычислим количество вещества реагента, которое потребуется для взаимодействия с известным количеством вещества другого реагента. Для этого составим пропорцию и решим уравнение	$  \frac{0,3 \text{ моль}}{3 \text{ моль}} = \frac{a \text{ моль}}{2 \text{ моль}}  $ $3a = 0,3 \cdot 2$ $a = 0,2 \text{ моль}$
Распознаем, какой из реагентов дан в избытке. Для этого сравним найденное значение $a$ с количеством вещества данного реагента по условию задачи	<p>Для взаимодействия с 0,3 моль <math>\text{CaCl}_2</math> потребуется 0,2 моль <math>\text{Na}_3\text{PO}_4</math>. По условию имеем только 0,1 моль <math>\text{Na}_3\text{PO}_4</math>, что составляет недостаток по отношению к 0,3 моль <math>\text{CaCl}_2</math>. Следовательно, <math>\text{CaCl}_2</math> дан в избытке. Расчет ведем по <math>\text{Na}_3\text{PO}_4</math></p>
Перепишем уравнение реакций с молярным соотношением веществ, по которым ведется расчет, обозначим реагент, данный в избытке	$  \begin{array}{ccccc}  & & 0,1 \text{ моль} & & x \text{ моль} \\  3\text{CaCl}_2 + 2\text{Na}_3\text{PO}_4 = & \text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \downarrow + & 6\text{NaCl} \\  \text{изб.} & & 2 \text{ моль} & & 1 \text{ моль}  \end{array}  $
Вычислим количество вещества, массу которого требуется найти. Для этого составим пропорцию	$  \frac{0,1 \text{ моль}}{2 \text{ моль}} = \frac{x \text{ моль}}{1 \text{ моль}},  $ <p>откуда <math>x = 0,05 \text{ моль}</math>.</p> <p>Следовательно, <math>n(\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2) = 0,05 \text{ моль}</math></p>
Найдем массу вещества, которую требуется вычислить	$m(\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2) = n(\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2) \cdot M(\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2)$ $m(\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2) = 0,05 \text{ моль} \cdot 310 \text{ г/моль} = 15,5 \text{ г}$
Запишем ответ	<p><i>Ответ:</i> <math>m(\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2) = 15,5 \text{ г}</math></p>

## Алгоритм 10

### Вычисление массы продукта реакции по известной массе реагента, если известен выход продукта реакции от теоретически возможного

**Пример.** Вычислите массу оксида серы(VI), который можно получить при окислении 160 г оксида серы(IV) кислородом, если выход продукта реакции составит 90 % от теоретически возможного.

Последовательность выполнения действий	Оформление решения задачи
С помощью соответствующих обозначений запишем условие задачи, найдем молярные массы веществ, о которых идет речь в условии задачи	<p><i>Дано:</i></p> $m(\text{SO}_2) = 160 \text{ г}$ $\eta = 90\%$
Найдем количество вещества исходного реагента	<p><i>Решение:</i></p> $n(\text{SO}_2) = \frac{160 \text{ г}}{64 \text{ г/моль}} = 2,5 \text{ моль}$
Запишем уравнение реакции. Расставим коэффициенты	$2\text{SO}_2 + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{SO}_3$
Над формулами веществ запишем данные о количествах веществ, найденных из условия задачи, а под формулами — стехиометрические соотношения, отображаемые уравнением реакции	$\begin{array}{ccc} 2,5 \text{ моль} & & ? \text{ моль} \\ 2\text{SO}_2 + \text{O}_2 & \rightleftharpoons & 2\text{SO}_3 \\ 2 \text{ моль} & & 2 \text{ моль} \end{array}$
Вычислим количество вещества образовавшегося продукта. Для этого составим пропорцию	$\frac{2,5 \text{ моль}}{2 \text{ моль}} = \frac{x \text{ моль}}{2 \text{ моль}}$ , откуда $x = 2,5 \text{ моль}$ . Следовательно, $n(\text{SO}_3) = 2,5 \text{ моль}$
Найдем массу продукта реакции при 100%-м выходе продукта (теоретически возможную массу)	$m(\text{SO}_3) = n(\text{SO}_3) \cdot M(\text{SO}_3)$ $m_{\text{т}}(\text{SO}_3) = 2,5 \text{ моль} \cdot 80 \text{ г/моль} = 200 \text{ г}$
Найдем массу продукта реакции с учетом выхода (практически получаемую массу). Для этого составим пропорцию и решим уравнение	$200 \text{ г SO}_3 \text{ образуется при выходе } 100 \%$ $a \text{ г SO}_3 \text{ образуется при выходе } 90 \%$ $a \cdot 100 \% = 200 \cdot 90 \%$ $a = 180 \text{ г}$ Следовательно, $m_{\text{пр}}(\text{SO}_3) = 180 \text{ г}$
Запишем ответ	<p><i>Ответ:</i> <math>m_{\text{пр}}(\text{SO}_3) = 180 \text{ г}</math></p>

## Алгоритм 11

### Вычисление выхода продукта реакции по известной массе реагента и известной массе продукта реакции

**Пример.** При окислении 160 г оксида серы(IV) кислородом удалось получить 180 г оксида серы(VI). Вычислите выход продукта реакции от теоретически возможного для условий, в которых проводилась реакция.

Последовательность выполнения действий	Оформление решения задачи
С помощью соответствующих обозначений запишем условие задачи, найдем молярные массы веществ, о которых идет речь в условии задачи	<p><i>Дано:</i>  <math>m(\text{SO}_2) = 160 \text{ г}</math>  <math>m_{\text{пр}}(\text{SO}_3) = 180 \text{ г}</math>  <math>\eta = ? \%</math>  <math>M(\text{SO}_2) = 64 \text{ г/моль}</math>  <math>M(\text{SO}_3) = 80 \text{ г/моль}</math></p>
Найдем количество вещества исходного реагента	<p><i>Решение:</i>  <math>n(\text{SO}_2) = \frac{160 \text{ г}}{64 \text{ г/моль}} = 2,5 \text{ моль}</math></p>
Запишем уравнение реакции. Расставим коэффициенты	$2\text{SO}_2 + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{SO}_3$
Над формулами веществ запишем данные о количествах веществ, найденных из условия задачи, а под формулами — стехиометрические соотношения, отображаемые уравнением реакции	$\begin{array}{ccc} 2,5 \text{ моль} & & ? \text{ моль} \\ 2\text{SO}_2 + \text{O}_2 & \rightleftharpoons & 2\text{SO}_3 \\ 2 \text{ моль} & & 2 \text{ моль} \end{array}$
Вычислим количество вещества продукта реакции. Для этого составим пропорцию	$\frac{2,5 \text{ моль}}{2 \text{ моль}} = \frac{x \text{ моль}}{2 \text{ моль}}$ <p>откуда <math>x = 2,5 \text{ моль}</math>.          Следовательно, теоретически <math>n(\text{SO}_3) = 2,5 \text{ моль}</math></p>
Найдем массу продукта реакции при 100%-м выходе продукта (теоретически возможную массу)	$m(\text{SO}_3) = n(\text{SO}_3) \cdot M(\text{SO}_3)$ $m_{\text{т}}(\text{SO}_3) = 2,5 \text{ моль} \cdot 80 \text{ г/моль} = 200 \text{ г}$
Найдем выход продукта реакции от теоретически возможного. Для этого составим пропорцию и решим уравнение	$200 \text{ г SO}_3 \text{ образуется при выходе } 100 \%$ $180 \text{ г SO}_3 \text{ образуется при выходе } a \%$ $a \cdot 200 = 180 \cdot 100 \%$ $a = 90 \%$ <p>Следовательно, <math>\eta = 90 \%</math></p>
Запишем ответ	<p><i>Ответ:</i> <math>\eta = 90 \%</math></p>



## Алгоритм 12

### Вычисление массы реагента по известной массе продукта реакции, если известен выход продукта реакции от теоретически возможного

**Пример.** Вычислите массу оксида серы(IV), который потребуется для получения 180 г оксида серы(VI), если выход продукта реакции составит 90 % от теоретически возможного.

Последовательность выполнения действий	Оформление решения задачи
С помощью соответствующих обозначений запишем условие задачи, найдем молярные массы веществ, о которых идет речь в условии задачи	<p><i>Дано:</i></p> $m(\text{SO}_3) = 180 \text{ г}$ $\eta = 90\%$ <hr/> $m_{\text{пр}}(\text{SO}_2) = ? \text{ г}$ $M(\text{SO}_2) = 64 \text{ г/моль}$ $M(\text{SO}_3) = 80 \text{ г/моль}$
Найдем количество вещества, которое требуется получить в результате реакции	<p><i>Решение:</i></p> $n(\text{SO}_3) = \frac{180 \text{ г}}{80 \text{ г/моль}} = 2,25 \text{ моль}$
Запишем уравнение реакции. Расставим коэффициенты	$2\text{SO}_2 + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{SO}_3$
Над формулами веществ запишем данные о количествах веществ, найденных из условия задачи, а под формулами — стехиометрические соотношения, отображаемые уравнением реакции	$\begin{array}{ccc} ? \text{ моль} & & 2,25 \text{ моль} \\ 2\text{SO}_2 + \text{O}_2 & \rightleftharpoons & 2\text{SO}_3 \\ 2 \text{ моль} & & 2 \text{ моль} \end{array}$
Вычислим количество вещества реагента. Для этого составим пропорцию	$\frac{x \text{ моль}}{2 \text{ моль}} = \frac{2,25 \text{ моль}}{2 \text{ моль}},$ <p>откуда <math>x = 2,25 \text{ моль}</math>. Следовательно, <math>n(\text{SO}_2) = 2,25 \text{ моль}</math></p>
Найдем массу исходного вещества при 100%-м выходе продукта (теоретически требуемую массу)	$m(\text{SO}_2) = n(\text{SO}_2) \cdot M(\text{SO}_2)$ $m(\text{SO}_2) = 2,25 \text{ моль} \cdot 64 \text{ г/моль} = 144 \text{ г}$
Найдем массу исходного вещества с учетом выхода ( $m_{\text{пр}}$ ). Для этого составим пропорцию и решим уравнение	<p>144 г <math>\text{SO}_2</math> соответствует 90 %,   <math>a</math> г <math>\text{SO}_2</math> соответствует 100 %.  <math>a \cdot 90\% = 144 \cdot 100\%</math>,  <math>a = 160 \text{ г}</math>.  Следовательно, <math>m_{\text{пр}}(\text{SO}_2) = 160 \text{ г}</math></p>
Запишем ответ	<p><i>Ответ:</i> <math>m_{\text{пр}}(\text{SO}_2) = 160 \text{ г}</math></p>

## Алгоритм 13

### Вычисление массы продукта реакции по известной массе реагента, если в нем содержится примеси

**Пример.** Вычислите массу железа, которое можно получить при восстановлении 464 г железной окалины  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  водородом, если в ней содержится 10 % примесей.

Последовательность выполнения действий	Оформление решения задачи
С помощью соответствующих обозначений запишем условие задачи, найдем молярные массы веществ, о которых идет речь в условии задачи	<i>Дано:</i> $m_{\text{исх}}(\text{Fe}_3\text{O}_4) = 464 \text{ г}$ $w_{\text{пр}} = 10 \%$ <hr/> $m(\text{Fe}) = ? \text{ г}$ $M(\text{Fe}_3\text{O}_4) = 232 \text{ г/моль}$ $M(\text{Fe}) = 56 \text{ г/моль}$
Вычислим массовую долю основного реагента в порции исходного вещества	<i>Решение:</i> $w(\text{Fe}_3\text{O}_4) = 100 \% - 10 \% = 90 \%$
Вычислим массу основного реагента в порции исходного вещества	$m(\text{Fe}_3\text{O}_4) = m_{\text{исх}}(\text{Fe}_3\text{O}_4) \cdot w(\text{Fe}_3\text{O}_4)$ $m(\text{Fe}_3\text{O}_4) = 464 \text{ г} \cdot 0,9 = 417,6 \text{ г}$ или пропорция: 464 г исх. вещества соответствует 100 % $a$ г $\text{Fe}_3\text{O}_4$ соответствует 90 % откуда $a = 417,6 \text{ г}$
Найдем количество вещества исходного реагента	$n(\text{Fe}_3\text{O}_4) = \frac{417,6 \text{ г}}{232 \text{ г/моль}} = 1,8 \text{ моль}$
Запишем уравнение реакции. Расставим коэффициенты	$\text{Fe}_3\text{O}_4 + 4\text{H}_2 = 3\text{Fe} + 4\text{H}_2\text{O}$
Над формулами веществ запишем данные о количествах веществ, найденных из условия задачи, а под формулами — стехиометрические соотношения, отображаемые уравнением реакции	1,8 моль                      ? моль $\text{Fe}_3\text{O}_4 + 4\text{H}_2 = 3\text{Fe} + 4\text{H}_2\text{O}$ 1 моль                              3 моль
Вычислим количество продукта реакции. Для этого составим пропорцию	$\frac{1,8 \text{ моль}}{1 \text{ моль}} = \frac{x \text{ моль}}{3 \text{ моль}}$ откуда $x = 5,4 \text{ моль}$ . Следовательно, $n(\text{Fe}) = 5,4 \text{ моль}$
Найдем массу продукта реакции	$m(\text{Fe}) = n(\text{Fe}) \cdot M(\text{Fe})$ $m(\text{Fe}) = 5,4 \text{ моль} \cdot 56 \text{ г/моль} = 302,4 \text{ г}$
Запишем ответ	<i>Ответ:</i> $m(\text{Fe}) = 302,4 \text{ г}$

## Алгоритм 14

### Вычисление массовой доли примесей в исходном веществе по его массе и известной массе продукта реакции

**Пример.** При восстановлении порции железной окалины  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  массой 464 г водородом образовалось 302,4 г железа. Вычислите массовую долю  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  в данной порции железной окалины и массовую долю примесей в ней.

Последовательность выполнения действий	Оформление решения задачи
С помощью соответствующих обозначений запишем условие задачи, найдем молярные массы веществ, о которых идет речь в условии задачи	<p><i>Дано:</i></p> $m_{\text{исх}}(\text{Fe}_3\text{O}_4) = 464 \text{ г}$ $m(\text{Fe}) = 302,4 \text{ г}$ <hr/> $w(\text{Fe}_3\text{O}_4) = ? \% ; w_{\text{пр}} = ? \%$ $M(\text{Fe}_3\text{O}_4) = 232 \text{ г/моль}$ $M(\text{Fe}) = 56 \text{ г/моль}$
Найдем количество вещества продукта реакции	<p><i>Решение:</i></p> $n(\text{Fe}) = \frac{302,4 \text{ г}}{56 \text{ г/моль}} = 5,4 \text{ моль}$
Запишем уравнение реакции. Расставим коэффициенты	$\text{Fe}_3\text{O}_4 + 4\text{H}_2 = 3\text{Fe} + 4\text{H}_2\text{O}$
Над формулами веществ надпишем данные о количествах веществ, найденных из условия задачи, а под формулами — стехиометрические соотношения, отображаемые уравнением реакции	$\begin{array}{ccc} ? \text{ моль} & & 5,4 \text{ моль} \\ \text{Fe}_3\text{O}_4 + 4\text{H}_2 = & 3\text{Fe} + & 4\text{H}_2\text{O} \\ 1 \text{ моль} & & 3 \text{ моль} \end{array}$
Вычислим количество вещества реагента. Для этого составим пропорцию	$\frac{x \text{ моль}}{1 \text{ моль}} = \frac{5,4 \text{ моль}}{3 \text{ моль}}$ <p>откуда <math>x = 1,8</math> моль. Следовательно, для чистого <math>\text{Fe}_3\text{O}_4</math> <math>n(\text{Fe}_3\text{O}_4) = 1,8</math> моль</p>
Найдем массу исходного вещества (основного реагента), вступившего в реакцию	$m(\text{Fe}_3\text{O}_4) = n(\text{Fe}_3\text{O}_4) \cdot M(\text{Fe}_3\text{O}_4)$ $m(\text{Fe}_3\text{O}_4) = 1,8 \text{ моль} \cdot 232 \text{ г/моль} = 417,6 \text{ г}$
Найдем массовую долю основного реагента в порции исходного вещества. Для этого составим пропорцию и решим уравнение	<p>464 г составляет 100 % массы исходного вещества 417,6 г составляет <math>a</math> %, <math>a \cdot 464 = 417,6 \cdot 100 \%</math>, <math>a = 90 \%</math>. Следовательно, <math>w(\text{Fe}_3\text{O}_4) = 90 \%</math></p>

Последовательность выполнения действий	Оформление решения задачи
Найдем массовую долю примесей в порции исходного вещества	$w_{\text{пр}} = 100\% - 90\% = 10\%$
Запишем ответ	Ответ: $w(\text{Fe}_3\text{O}_4) = 90\%$ ; $w_{\text{пр}} = 10\%$

## Алгоритм 15

### Вычисление массы исходного вещества, содержащего известную долю примесей по известной массе продукта реакции

**Пример.** Вычислите массу железной окалины  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ , содержащей 10 % примесей, необходимой для получения 302,4 г железа.

Последовательность выполнения действий	Оформление решения задачи
С помощью соответствующих обозначений запишем условие задачи, найдем молярные массы веществ, о которых идет речь в условии задачи	<p><i>Дано:</i></p> $m(\text{Fe}) = 302,4 \text{ г}$ $w_{\text{пр}} = 10\%$ <hr/> $m_{\text{исх}}(\text{Fe}_3\text{O}_4) = ? \text{ г}$ $M(\text{Fe}_3\text{O}_4) = 232 \text{ г/моль}$ $M(\text{Fe}) = 56 \text{ г/моль}$
Найдем количество вещества, которое требуется получить в результате реакции	<p><i>Решение:</i></p> $n(\text{Fe}) = \frac{302,4 \text{ г}}{56 \text{ г/моль}} = 5,4 \text{ моль}$
Запишем уравнение реакции. Расставим коэффициенты	$\text{Fe}_3\text{O}_4 + 4\text{H}_2 = 3\text{Fe} + 4\text{H}_2\text{O}$
Над формулами веществ запишем данные о количествах веществ, найденных из условия задачи, а под формулами — стехиометрические соотношения, отображаемые уравнением реакции	$\begin{array}{ccccccc} ? \text{ моль} & & & & 5,4 \text{ моль} & & \\ \text{Fe}_3\text{O}_4 + 4\text{H}_2 = & 3\text{Fe} + & 4\text{H}_2\text{O} & & & & \\ 1 \text{ моль} & & & & 3 \text{ моль} & & \end{array}$
Вычислим количество вещества исходного реагента. Для этого составим пропорцию	$\frac{x \text{ моль}}{1 \text{ моль}} = \frac{5,4 \text{ моль}}{3 \text{ моль}}$ <p>откуда <math>x = 1,8 \text{ моль}</math>.  Следовательно, <math>n(\text{Fe}_3\text{O}_4) = 1,8 \text{ моль}</math></p>
Найдем массу исходного вещества (основного реагента) без учета примесей	$m(\text{Fe}_3\text{O}_4) = n(\text{Fe}_3\text{O}_4) \cdot M(\text{Fe}_3\text{O}_4)$ $m(\text{Fe}_3\text{O}_4) = 1,8 \text{ моль} \cdot 232 \text{ г/моль} = 417,6 \text{ г}$

Последовательность выполнения действий	Оформление решения задачи
Вычислим массовую долю основного реагента в порции исходного вещества	<i>Решение:</i> $w(\text{Fe}_3\text{O}_4) = 100\% - 10\% = 90\%$
Найдем массу исходного вещества с учетом содержания примесей. Для этого составим пропорцию и решим уравнение	$417,6 \text{ г Fe}_3\text{O}_4$ соответствует $90\%$ $a \text{ г Fe}_3\text{O}_4$ с примесями соответствует $100\%$ , $a \cdot 90\% = 417,6 \cdot 100\%$ , $a = 464 \text{ г}$ . Следовательно, $m_{\text{исх}}(\text{Fe}_3\text{O}_4) = 464 \text{ г}$
Запишем ответ	<i>Ответ:</i> $m_{\text{исх}}(\text{Fe}_3\text{O}_4) = 464 \text{ г}$

## Глава 10

### Примеры решения комбинированных задач

**Задача 1.** Смешали 9%-й раствор сульфата алюминия массой 190 г и 8%-й раствор хлорида бария массой 195 г. Вычислите массовые доли веществ, находящихся в растворе после реакции.

*Дано:*

$$m_{\text{р-ра}}(\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3) = 190 \text{ г}$$

$$w(\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3) = 0,09$$

$$m_{\text{р-ра}}(\text{BaCl}_2) = 195 \text{ г}$$

$$w(\text{BaCl}_2) = 0,08$$

*Значения молярных масс:*

$$M(\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3) = 342 \text{ г/моль}$$

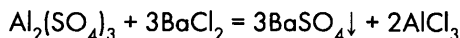
$$M(\text{BaCl}_2) = 208 \text{ г/моль}$$

$$M(\text{BaSO}_4) = 233 \text{ г/моль}$$

$$M(\text{AlCl}_3) = 133,5 \text{ г/моль}$$

*Решение:*

Запишем уравнение реакции:



Найдем количества вещества реагентов; сопоставив полученные данные, найдем реагент, данный в избытке; рассчитаем количество вещества продукта реакции, находящегося в растворе; найдем его массовую долю (для этого найдем его массу и массу раствора); найдем количество вещества реагента, оставшегося в растворе после реакции; найдем его массовую долю в растворе.

■ Найдем массы реагентов в растворе  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  и  $\text{BaCl}_2$  соответственно.

$$m(\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3) = 190 \text{ г} \cdot 0,09 = 17,1 \text{ г}$$

$$m(\text{BaCl}_2) = 195 \text{ г} \cdot 0,08 = 15,6 \text{ г}$$

■ Найдем количества вещества реагентов в растворе  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  и  $\text{BaCl}_2$ .

$$n(\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3) = 17,1 \text{ г} / (342 \text{ г/моль}) = 0,05 \text{ моль}$$

$$n(\text{BaCl}_2) = 15,6 \text{ г} / (208 \text{ г/моль}) = 0,075 \text{ моль}$$

■ Определим, какой из реагентов находится в избытке.

На 1 моль  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  по уравнению реакции требуется 3 моль  $\text{BaCl}_2$

на 0,05 моль  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  —  $x$  моль  $\text{BaCl}_2$

$$x = 0,15 \text{ моль.}$$

Требуется 0,15 моль  $\text{BaCl}_2$ , а в исходном растворе находится только 0,075 моль. Следовательно,  $\text{BaCl}_2$  вступает в реакцию полностью, а  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  находится в избытке. Расчет продуктов реакции ведется по  $\text{BaCl}_2$ .

■ Рассчитаем количества вещества продуктов реакции.

3 моль  $\text{BaCl}_2$  по уравнению реакции соответствуют 2 моль  $\text{AlCl}_3$   
0,075 моль  $\text{BaCl}_2$  —  $y$  моль  $\text{BaCl}_2$ ,

$y = 0,05$  моль,

$n(\text{AlCl}_3) = 0,05$  моль.

3 моль  $\text{BaCl}_2$  по уравнению реакции соответствуют 3 моль  $\text{BaSO}_4$   
0,075 моль  $\text{BaCl}_2$  — 0,075 моль  $\text{BaSO}_4$ ,

$n(\text{BaSO}_4) = 0,075$  моль.

■ Найдем массы продуктов реакции.

$m(\text{AlCl}_3) = 0,05 \text{ моль} \cdot 133,5 \text{ г/моль} \approx 6,68 \text{ г}$

$m(\text{BaSO}_4) = 0,075 \text{ моль} \cdot 233 \text{ г/моль} \approx 17,48 \text{ г}$

Определим, какие вещества находятся в растворе после реакции.

$\text{AlCl}_3$  растворим в воде, следовательно, он присутствует в растворе.

$\text{BaSO}_4$  выпадает в осадок, следовательно, его практически нет в растворе (точнее, его содержанием в растворе можно пренебречь).

$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  был в избытке, следовательно, его остаток будет в растворе и после реакции.

$\text{BaCl}_2$  полностью вступил в реакцию, следовательно, его нет в растворе.

Таким образом, следует найти массовые доли  $\text{AlCl}_3$  и  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  в растворе.

■ Найдем массу раствора после реакции.

$m_{\text{р-ра}} = 190 \text{ г} + 195 \text{ г} - 17,48 = 367,52 \text{ г}$

■ Найдем массовую долю продукта реакции в растворе.

$w(\text{AlCl}_3) = 6,68 \text{ г} / 367,52 \text{ г} \approx 0,018$ , или 1,8 %

■ Вычислим остаток реагента, взятого в избытке.

На 3 моль  $\text{BaCl}_2$  по уравнению реакции требуется 1 моль  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$   
на 0,075 моль  $\text{BaCl}_2$  — 0,025 моль  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ .

В реакцию вступает 0,025 моль  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ .

Останется после реакции:  $v_{\text{ост}}(\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3) = 0,05 \text{ моль} - 0,025 \text{ моль} = 0,025 \text{ моль}$ .

$m(\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3) = 0,025 \text{ моль} \cdot 342 \text{ г/моль} \approx 8,55 \text{ г}$

$w(\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3) = 8,55 \text{ г} / 367,52 \text{ г} \approx 0,023$ , или 2,3 %

**Ответ:**  $w(\text{AlCl}_3) \approx 0,018$ , или 1,8 %

$w(\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3) \approx 0,023$ , или 2,3 %

Решение задачи можно также представить в виде таблицы.

$Al_2(SO_4)_3 + 3BaCl_2 = 3BaSO_4 + 2AlCl_3$				
Стехиометрич. соотношение	1 моль	3 моль	3 моль	2 моль
M, г/моль	342	208	233	133,5
До реакции				
$m_{p-pa}$ , г	190	195	—	—
w	0,09	0,08	—	—
$m_{b-ba}$ , г	17,1	15,6	—	—
n, моль	0,05	0,075	—	—
После реакции				
n, моль	$0,05 - 0,025 = 0,025$	—	0,075	0,05
$m_{b-ba}$ , г	6,68	—	17,48	6,68
w	0,023	—	—	0,018

**Задача 2.** В 4%-й раствор хлорида калия массой 149 г погрузили инертные электроды и пропустили постоянный электрический ток. Через некоторое время объем выделившихся на электродах газов составил 1,12 л (н. у.). Рассчитайте массовые доли веществ в растворе к данному моменту и долю разложившегося хлорида калия.

*Дано:*

$$m_{p-pa}(KCl) = 149 \text{ г}$$

$$w(KCl) = 0,04$$

$$V_{газ} = 1,12 \text{ л (н. у.)}$$

*Значения молярных масс:*

$$M(KCl) = 74,5 \text{ г/моль}$$

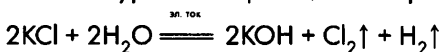
$$M(KOH) = 58 \text{ г/моль}$$

$$M(Cl_2) = 71 \text{ г/моль}$$

$$M(H_2) = 2 \text{ г/моль}$$

*Решение:*

Запишем уравнение реакции электролиза раствора KCl.



■ Найдем суммарное количество вещества образовавшихся газообразных продуктов реакции и количество вещества каждого из этих продуктов.

$$n(\text{газ. прод.}) = 1,12 \text{ л} / (22,4 \text{ л/моль}) = 0,05 \text{ моль}$$

Так как стехиометрическое соотношение водорода и хлора 1 моль  $H_2$  : 1 моль  $Cl_2$ , то количество вещества водорода равно количеству вещества хлора. Таким образом,

$$n(H_2) = 0,05 \text{ моль} / 2 = 0,025 \text{ моль}$$

$$n(Cl_2) = 0,05 \text{ моль} / 2 = 0,025 \text{ моль}$$



■ Рассчитаем массу раствора к данному моменту электролиза.

Так как в ходе электролиза газообразные продукты уходят из раствора, его масса уменьшается.

$$m_{\text{р-ра}} = m_{\text{р-ра}} - m(\text{H}_2) - m(\text{Cl}_2)$$

$$m(\text{H}_2) = 0,025 \text{ моль} \cdot 2 \text{ г/моль} = 0,05 \text{ г}$$

$$m(\text{Cl}_2) = 0,025 \text{ моль} \cdot 71 \text{ г/моль} \approx 1,78 \text{ г}$$

$$m_{\text{р-ра}} = 149 \text{ г} - 0,05 \text{ г} - 1,78 \text{ г} = 147,17 \text{ г}$$

■ Найдем количество вещества, массу и массовую долю продукта реакции (KOH), который находится в растворе. Расчет можно вести или по  $\text{H}_2$ , или по  $\text{Cl}_2$ .

По уравнению реакции на 1 моль  $\text{Cl}_2$  приходится 2 моль KOH  
на 0,025 моль  $\text{Cl}_2$  — 0,05 моль KOH,

$$n(\text{KOH}) = 0,05 \text{ моль}$$

$$m(\text{KOH}) = 0,05 \text{ моль} \cdot 56 \text{ г/моль} = 2,8 \text{ г}$$

$$w(\text{KOH}) = 2,8 \text{ г} / 147,17 \text{ г} \approx 0,019, \text{ или } 1,9 \%$$

■ Найдем количество вещества той части KCl, которая разложилась к данному моменту электролиза, и той части, которая остается в растворе.

До начала реакции:

$$m_{\text{в-ва}}(\text{KCl}) = 149 \text{ г} \cdot 0,04 = 5,96 \text{ г}$$

$$n(\text{KCl}) = 5,96 \text{ г} / (74,5 \text{ г/моль}) = 0,08 \text{ моль}$$

К данному моменту:

по уравнению реакции 1 моль  $\text{Cl}_2$  соответствует 2 моль KCl  
0,025 моль  $\text{Cl}_2$  — 0,05 моль KCl,

$$n(\text{KCl})_{\text{разл}} = 0,05 \text{ моль.}$$

■ Найдем массу и массовую долю KCl, который остается в растворе к данному моменту электролиза.

$$m(\text{KCl}) = 0,05 \text{ моль} \cdot 74,5 \text{ г/моль} \approx 3,73 \text{ г}$$

$$w(\text{KCl}) = 3,73 \text{ г} / 147,17 \text{ г} \approx 0,025, \text{ или } 2,5 \%$$

■ Вычислим долю разложившегося KCl к данному моменту электролиза.

До начала электролиза в растворе находилось 0,08 моль KCl, а к настоящему моменту в растворе находится 0,05 моль KCl.

$$w_{\text{разл}}(\text{KCl}) = 0,05 \text{ моль} / 0,08 \text{ моль} = 0,625, \text{ или } 62,5 \%$$

*Ответ:*  $w(\text{KOH}) \approx 0,019$ , или 1,9 %

$$w(\text{KCl}) \approx 0,025, \text{ или } 2,5 \%$$

$$w_{\text{разл}}(\text{KCl}) = 0,625, \text{ или } 62,5 \%$$

**Задача 3.** Железную пластинку массой 7,87 г опустили в 8%-й раствор сульфата меди(II) массой 300 г. Через некоторое время пластинку вынули, высушили и взвесили. Ее масса составила 8,27 г. Вычислите массу железа, вступившего в реакцию, массу меди, осевшей на пластинке, массовые доли веществ, находящихся в растворе после реакции.

*Дано:*

$$m_{\text{нн}} = 7,87 \text{ г}$$

$$m'_{\text{нн}} = 8,27 \text{ г}$$

$$m_{\text{р-ра}}(\text{CuSO}_4) = 300 \text{ г}$$

$$w(\text{CuSO}_4) = 0,08$$

*Значения молярных масс:*

$$M(\text{Fe}) = 56 \text{ г/моль}$$

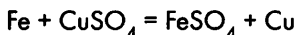
$$M(\text{Cu}) = 64 \text{ г/моль}$$

$$M(\text{FeSO}_4) = 152 \text{ г/моль}$$

$$M(\text{CuSO}_4) = 160 \text{ г/моль}$$

*Решение:*

Запишем уравнение реакции.



■ Находим изменение массы пластинки.

$$\Delta m = m'_{\text{нн}} - m_{\text{нн}} = 8,27 \text{ г} - 7,87 \text{ г} = 0,4 \text{ г}$$

■ Введем переменную (обозначим через  $x$  количество вещества одного из реагентов), составим и решим уравнение, определяющее **изменение массы пластинки**.

Пусть  $x$  моль =  $\nu(\text{Fe})$  — количество вещества железа, вступившего в реакцию. Тогда количество вещества меди, образовавшейся в результате реакции, составит также  $x$  моль. (Стехиометрическое соотношение железа и меди по уравнению реакции 1 моль Fe : 1 моль Cu.)

$$n(\text{Fe}) = x \text{ моль}$$

$$n(\text{Cu}) = x \text{ моль}$$

Используя значения молярных масс, выразим массы железа и меди через  $x$ .

$$m(\text{Fe}) = 56x \text{ г}$$

$$m(\text{Cu}) = 64x \text{ г}$$

Изменение массы пластинки определяется растворением железа и осаждением меди на пластинке.

$$\Delta m = -m(\text{Fe}) + m(\text{Cu})$$

$$0,4 = -56x + 64x$$

$$x = 0,05 \text{ моль}$$

Таким образом,  $n(\text{Fe}) = 0,05$  моль;  $n(\text{Cu}) = 0,05$  моль.

■ Найдем массы металлов.

$$m(\text{Fe}) = 0,05 \text{ моль} \cdot 56 \text{ г/моль} = \underline{2,8 \text{ г}}$$

$$m(\text{Cu}) = 0,05 \text{ моль} \cdot 64 \text{ г/моль} = \underline{3,2 \text{ г}}$$

■ Найдем массу раствора.

Если масса пластинки увеличилась на 0,8 г, то масса раствора соответственно на столько же уменьшилась.

$$m_{\text{р-ра}} = 300 \text{ г} - 0,4 \text{ г} = 299,6 \text{ г}$$

■ Найдем массу и массовую долю продукта реакции в растворе.

По уравнению реакции из 1 моль Fe образуется 1 моль  $\text{FeSO}_4$   
из 0,05 моль Fe — 0,05 моль  $\text{FeSO}_4$ ,

$$n(\text{FeSO}_4) = 0,05 \text{ моль}$$

$$m(\text{FeSO}_4) = 0,05 \text{ моль} \cdot 152 \text{ г/моль} = 7,6 \text{ г}$$

$$w'(\text{FeSO}_4) = 7,6 \text{ г} / 299,6 \text{ г} \approx \underline{0,025, \text{ или } 2,5 \%}$$

■ Найдем массовую долю исходного вещества в растворе.

Вычислим, какое количество вещества сульфата меди (II) **вступило** в реакцию.

По уравнению реакции 1 моль Cu соответствует 1 моль  $\text{CuSO}_4$   
0,05 моль Cu — 0,05 моль  $\text{CuSO}_4$

$$n(\text{CuSO}_4) = 0,05 \text{ моль}$$

Определим, какое количество вещества сульфата меди(II) находилось в растворе **до** реакции:

$$m(\text{CuSO}_4) = 300 \text{ г} \cdot 0,08 = 24 \text{ г}$$

$$n(\text{CuSO}_4) = 24 \text{ г} / (160 \text{ г/моль}) = 0,15 \text{ моль}$$

Вычислим количество вещества сульфата меди(II), которое остается в растворе **после** реакции:

$$n(\text{CuSO}_4) = 0,15 \text{ моль} - 0,05 \text{ моль} = 0,1 \text{ моль}$$

Рассчитаем массу и массовую долю  $\text{CuSO}_4$  в растворе **после** реакции:

$$m(\text{CuSO}_4) = 0,1 \text{ моль} \cdot 160 \text{ г/моль} = 16 \text{ г}$$

$$w'(\text{CuSO}_4) = 16 \text{ г} / 299,6 \text{ г} \approx \underline{0,053, \text{ или } 5,3 \%}$$

*Ответ:*  $m(\text{Fe}) = 2,8 \text{ г}$   
 $m(\text{Cu}) = 3,2 \text{ г}$   
 $w'(\text{FeSO}_4) \approx 0,025$ , или 2,5 %  
 $w'(\text{CuSO}_4) \approx 0,053$ , или 5,3 %

**Задача 4.** Смешали 20%-й раствор ортофосфорной кислоты объемом 26,25 см<sup>3</sup> и 16%-й раствор гидроксида калия объемом 50 см<sup>3</sup>. Вычислите массовые доли солей в образовавшемся растворе. (Плотности растворов ортофосфорной кислоты и гидроксида калия соответственно 1,12 г/см<sup>3</sup> и 1,16 г/см<sup>3</sup>.)

*Дано:*

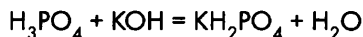
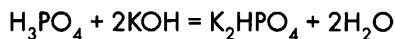
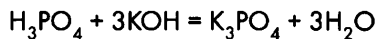
$V_{\text{р-ра}}(\text{H}_3\text{PO}_4) = 26,25 \text{ см}^3$   
 $w(\text{H}_3\text{PO}_4) = 20 \%$ , или 0,2  
 $\rho_{\text{р-ра}}(\text{H}_3\text{PO}_4) = 1,12 \text{ г/см}^3$   
 $V(\text{KOH}) = 50 \text{ см}^3$   
 $w(\text{KOH}) = 16 \%$ , или 0,16  
 $\rho_{\text{р-ра}}(\text{KOH}) = 1,16 \text{ г/см}^3$

*Значения молярных масс:*

$M(\text{H}_3\text{PO}_4) = 98 \text{ г/моль}$   
 $M(\text{KOH}) = 58 \text{ г/моль}$   
 $M(\text{K}_3\text{PO}_4) = 212 \text{ г/моль}$   
 $M(\text{K}_2\text{HPO}_4) = 174 \text{ г/моль}$   
 $M(\text{KH}_2\text{PO}_4) = 136 \text{ г/моль}$

*Решение:*

При взаимодействии ортофосфорной кислоты с гидроксидом калия могут образоваться как средняя, так и кислые соли в соответствии с уравнениями реакций:



Чтобы определить, какие продукты и в каком соотношении образуются, определим соотношение кислоты и щелочи. Для этого вычислим количество вещества ортофосфорной кислоты и гидроксида калия в растворах.

■ Вычислим массу растворов.

$$m = \rho \cdot V$$

$$m_{\text{р-ра}}(\text{H}_3\text{PO}_4) = 26,25 \text{ см}^3 \cdot 1,12 \text{ г/см}^3 = 29,4 \text{ г}$$

$$m_{\text{р-ра}}(\text{KOH}) = 50 \text{ см}^3 \cdot 1,16 \text{ г/см}^3 = 58 \text{ г}$$

■ Вычислим массу и количество вещества реагентов.

$$m(\text{H}_3\text{PO}_4) = 29,4 \text{ г} \cdot 0,2 = 5,88 \text{ г}$$

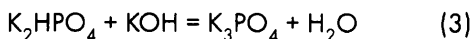
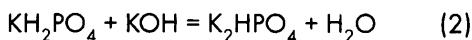
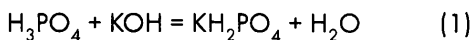
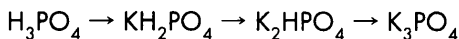
$$m(\text{KOH}) = 58 \text{ г} \cdot 0,16 = 9,28 \text{ г}$$

$$n(\text{H}_3\text{PO}_4) = 9,28 \text{ г} / (98 \text{ г/моль}) = 0,06 \text{ моль}$$

$$n(\text{KOH}) = 9,28 \text{ г} / (56 \text{ г/моль}) = 0,16 \text{ моль}$$

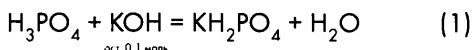
■ Вычислим количество вещества образовавшихся солей в растворе.

Запишем уравнения реакций, представив себе, что замещение водорода на калий в ортофосфорной кислоте происходит поэтапно:



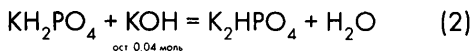
По уравнению реакции (1) на 1 моль  $\text{H}_3\text{PO}_4$  требуется 1 моль  $\text{KOH}$ . В растворе содержится 0,06 моль  $\text{H}_3\text{PO}_4$  и 0,16 моль  $\text{KOH}$ . Очевидно,  $\text{KOH}$  в избытке, расчет продукта ведем по  $\text{H}_3\text{PO}_4$ . Тогда количество вещества  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  составит 0,06 моль, а количество вещества гидроксида калия после реакции (1) составит  $0,16 - 0,06 = 0,1$  моль.

0,06 моль    0,16 моль    0,06 моль



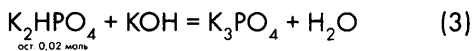
По уравнению реакции (2) на 1 моль  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  требуется 1 моль  $\text{KOH}$ . В растворе содержится 0,06 моль  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  и 0,1 моль  $\text{KOH}$ . Опять  $\text{KOH}$  в избытке, расчет продукта ведем по  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ . Тогда количество вещества  $\text{K}_2\text{HPO}_4$  составит 0,06 моль, а количество вещества гидроксида калия после реакции (2) составит  $0,1 - 0,06 = 0,04$  моль.

0,06 моль    0,1 моль    0,06 моль



По уравнению реакции (3) на 1 моль  $\text{K}_2\text{HPO}_4$  требуется 1 моль  $\text{KOH}$ . В растворе содержится 0,06 моль  $\text{K}_2\text{HPO}_4$  и 0,04 моль  $\text{KOH}$ . Теперь  $\text{K}_2\text{HPO}_4$  в избытке, расчет продукта ведем по  $\text{KOH}$ . Тогда количество вещества  $\text{K}_3\text{PO}_4$  составит 0,02 моль, а количество вещества  $\text{K}_2\text{HPO}_4$  после реакции (3) составит  $0,06 - 0,04 = 0,02$  моль.

0,06 моль    0,04 моль    0,04 моль



Таким образом, в растворе после реакции:

$$n(\text{K}_3\text{PO}_4) = 0,04 \text{ моль}$$

$$n(\text{K}_2\text{HPO}_4) = 0,02 \text{ моль}$$

■ Вычислим массу и массовые доли солей в растворе.

$$m(\text{K}_3\text{PO}_4) = 0,04 \text{ моль} \cdot 212 \text{ г/моль} = 8,48 \text{ г}$$

$$m(\text{K}_2\text{HPO}_4) = 0,02 \text{ моль} \cdot 174 \text{ г/моль} = 3,48 \text{ г}$$

$$m_{\text{р-ра}} = 58 \text{ г} + 29,4 \text{ г} = 87,4 \text{ г}$$

$$w(\text{K}_3\text{PO}_4) = 8,48 \text{ г} / 87,4 \text{ г} \approx 0,097, \text{ или } 9,7 \%$$

$$w(\text{K}_2\text{HPO}_4) = 3,48 \text{ г} / 87,4 \text{ г} \approx 0,040, \text{ или } 4,0 \%$$

Эти вычисления можно оформить и в виде таблицы.

	$M$ , г/моль	$n$ , моль	$m$ , г	$w$
$\text{K}_3\text{PO}_4$	212	0,04	8,48	0,097
$\text{K}_2\text{HPO}_4$	174	0,02	3,48	0,040

*Ответ:*  $w(\text{K}_3\text{PO}_4) \approx 0,097$ , или 9,7 %;  $w(\text{K}_2\text{HPO}_4) \approx 0,040$ , или 4,0 %.

**Задача 5.** Порцию пропана  $\text{C}_3\text{H}_8$  объемом 2,24 л (н. у.) сожгли в избытке кислорода и полученную после реакции смесь веществ пропустили через 10%-й раствор гидроксида натрия массой 200 г. Вычислите массовые доли солей в растворе после реакции.

*Дано:*

$$V(\text{C}_3\text{H}_8) = 2,24 \text{ л}$$

$$m_{\text{р-ра}}(\text{NaOH}) = 200 \text{ г}$$

$$w(\text{NaOH}) = 10 \%, \text{ или } 0,1$$

*Значения молярных масс:*

$$M(\text{NaOH}) = 40 \text{ г/моль}$$

$$M(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 106 \text{ г/моль}$$

$$M(\text{NaHCO}_3) = 84 \text{ г/моль}$$

$$M(\text{H}_2\text{O}) = 18 \text{ г/моль}$$

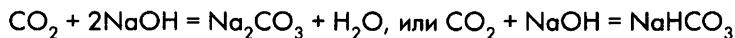
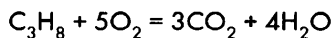
$$M(\text{CO}_2) = 44 \text{ г/моль}$$

*Молярный объем:*

$$V_n = 22,4 \text{ л/моль}$$

*Решение:*

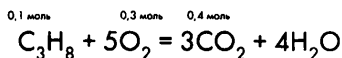
Уравнения реакций:



Угльная кислота  $\text{H}_2\text{CO}_3$ , которой соответствует кислотный оксид  $\text{CO}_2$ , — двухосновная, следовательно, может образоваться как карбонат, так и гидрокарбонат натрия. Соотношение солей  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  и  $\text{NaHCO}_3$  в растворе будет зависеть от соотношения оксида углерода(IV) и щелочи.

■ Найдем количества вещества пропана и продуктов его сгорания.

$$n(\text{C}_3\text{H}_8) = 2,24 \text{ л} / (22,4 \text{ л/моль}) = 0,1 \text{ моль}$$



По уравнению реакции при сгорании 1 моль  $\text{C}_3\text{H}_8$  образуется 3 моль  $\text{CO}_2$   
0,1 моль  $\text{C}_3\text{H}_8$  — 0,3 моль  $\text{CO}_2$

По уравнению реакции при сгорании 1 моль  $\text{C}_3\text{H}_8$  образуется 4 моль  $\text{H}_2\text{O}$   
0,1 моль  $\text{C}_3\text{H}_8$  — 0,4 моль  $\text{H}_2\text{O}$

$$n(\text{CO}_2) = 0,3 \text{ моль}$$

$$n(\text{H}_2\text{O}) = 0,4 \text{ моль}$$

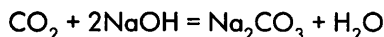
■ Найдем количество вещества гидроксида натрия в растворе щелочи.

$$m(\text{NaOH}) = 200 \text{ г} \cdot 0,1 = 20 \text{ г}$$

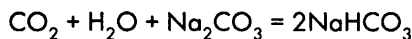
$$n(\text{NaOH}) = 20 \text{ г} / (40 \text{ г/моль}) = 0,5 \text{ моль}$$

■ Определим количество вещества образовавшихся солей в растворе.

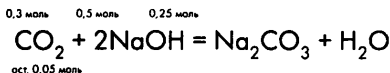
Когда начали пропускать смесь продуктов сгорания в раствор щелочи, щелочь находилась в избытке по отношению к кислотному оксиду. Поэтому допустим, что сначала полностью прошла реакция:



Затем, если углекислый газ  $\text{CO}_2$  продолжал поступать в раствор, то происходило образование кислой соли:



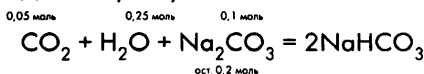
Проведем вычисления, аналогичные тем, какие приведены в задаче 4.



По уравнению реакции на 1 моль  $\text{CO}_2$  требуется 2 моль  $\text{NaOH}$ .

На 0,3 моль  $\text{CO}_2$  потребуется 0,6 моль  $\text{NaOH}$ , а имеется только 0,5 моль. Следовательно,  $\text{CO}_2$  в избытке, расчет ведем по  $\text{NaOH}$ . В реакцию вступает (0,5 : 2) моль  $\text{CO}_2$ , тогда после реакции остается  $0,3 - 0,25 = 0,05$  моль  $\text{CO}_2$ .

Дальше рассуждаем аналогично.



Таким образом, после реакции:

$$n(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 0,1 \text{ моль}$$

$$n(\text{NaHCO}_3) = 0,2 \text{ моль}$$

■ Найдем массу раствора после реакции.

Масса раствора будет складываться из массы исходного раствора щелочи и массы поглощенного углекислого газа. В реакции был поглощен весь углекислый газ, образовавшийся при сгорании пропана. Найдем его массу.

$$m(\text{CO}_2) = 0,3 \text{ моль} \cdot 44 \text{ г/моль} = 13,2 \text{ г}$$

В условии задачи сказано, что через раствор щелочи пропустили не только углекислый газ, а всю смесь веществ, полученную при сгорании пропана. Следовательно, надо учесть, что вода, которая тоже является продуктом сгорания пропана, конденсируется в растворе, а кислород, который был взят в избытке, в растворе не остается (его растворимость незначительна, и ею можно пренебречь).

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 0,04 \text{ моль} \cdot 18 \text{ г/моль} = 0,72 \text{ г}$$

$$m_{\text{р-ра}} = 200 \text{ г} + 13,2 \text{ г} + 0,72 \text{ г} = 213,92 \text{ г}$$

■ Вычислим массу и массовые доли веществ в растворе после реакции.

$$m(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 0,1 \text{ моль} \cdot 106 \text{ г/моль} = 10,6 \text{ г}$$

$$m(\text{NaHCO}_3) = 0,2 \text{ моль} \cdot 84 \text{ г/моль} = 16,8 \text{ г}$$

$$w(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 10,6 \text{ г} / 213,92 \text{ г} \approx 0,050, \text{ или } 5,0 \%$$

$$w(\text{NaHCO}_3) = 16,8 \text{ г} / 213,92 \text{ г} \approx 0,079, \text{ или } 7,9 \%$$

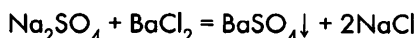
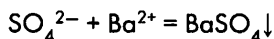
*Ответ:*  $w(\text{Na}_2\text{CO}_3) \approx 0,050, \text{ или } 5,0 \%$   
 $w(\text{NaHCO}_3) \approx 0,079, \text{ или } 7,9 \%$

### **Задача с элементами качественного анализа (задача на распознавание веществ)**

В четырех склянках без этикеток находятся растворы хлорида натрия, сульфата натрия, нитрата натрия и нитрата аммония. Предложите способ распознавания этих веществ.

*Решение:*

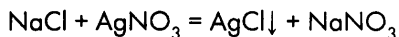
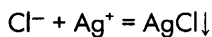
1. Приготовим пробы и в каждую из проб добавим несколько капель раствора хлорида или нитрата бария, чтобы распознать сульфат натрия. В пробе, которая содержит сульфат натрия, выпадет белый кристаллический осадок сульфата бария:



Сульфат натрия определен, пометим склянку с данным раствором.

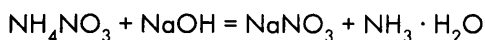
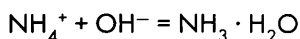


2. Приготовим пробы оставшихся еще нераспознанных трех растворов. В каждую из проб добавим несколько капель раствора нитрата серебра. В пробе, содержащей хлорид натрия, наблюдаем выпадение белого творожистого осадка хлорида серебра.

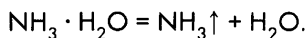


Раствор хлорида натрия определен.

3. Остались два нераспознанных раствора. Приготовим их пробы и в каждую из проб добавим немного раствора гидроксида натрия или калия. Определим, в какой из проб появляется характерный запах аммиака — там находится раствор нитрата аммония:



При нагревании проб запах аммиака ощущается сильнее:



Раствор нитрата аммония определен. Оставшийся раствор — раствор нитрата натрия.

Ход решения задачи можно также представить в виде таблицы.

Определяемые вещества	Реагенты		
	$\text{BaCl}_2$ или $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$	$\text{AgNO}_3$	$\text{NaOH}$
$\text{Na}_2\text{SO}_4$	$\text{BaSO}_4 \downarrow$ бел. кристаллич. осадок	Определен	
$\text{NaCl}$	—	$\text{AgCl} \downarrow$ бел. творожистый осадок	Определен
$\text{NH}_4\text{NO}_3$	—	—	$\text{NH}_3 \uparrow$ запах аммиака
$\text{NaNO}_3$	—	—	—

*Примечание.* Важно не только подобрать реакции, с помощью которых можно обнаружить наличие тех или иных ионов, но и продумать последовательность их проведения. Так, например, в данной задаче рациональнее сначала определить сульфат натрия, а не хлорид натрия. Если начать определение с хлорида натрия, то при добавлении раствора нитрата серебра к пробам в осадок выпал бы как хлорид серебра, так и, вполне возможно, сульфат серебра  $\text{Ag}_2\text{SO}_4$  — малорастворимое соединение.

# Приложение I

## Электрохимический ряд напряжений металлов

← Усиление восстановительных свойств металлов — простых веществ																			
Восстановленная форма	Li	K	Ca	Na	Mg	Al	Mn	Zn	Cr	Fe	Ni	Sn	Pb	H <sub>2</sub>	Cu	Hg	Ag	Pt	Au
Окисленная форма	Li <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	Mn <sup>2+</sup>	Zn <sup>2+</sup>	Cr <sup>2+</sup>	Fe <sup>2+</sup>	Ni <sup>2+</sup>	Sn <sup>2+</sup>	Pb <sup>2+</sup>	2H <sup>+</sup>	Cu <sup>2+</sup>	Hg <sup>2+</sup>	Ag <sup>+</sup>	Pt <sup>2+</sup>	Au <sup>3+</sup>
<i>E</i> <sup>0</sup> , В	-3,04	-2,92	-2,87	-2,71	-2,37	-1,66	-1,18	-0,76	-0,74	-0,44	-0,25	-0,14	-0,13	0,0	+0,34	+0,79	+0,8	+1,2	+1,5
Усиление окислительных свойств катионов металлов →																			

## Приложение II

Значения относительной электроотрицательности элементов (по Л. Полингу)

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
1	<b>H</b> 2,20						<b>(H)</b>	<b>He</b>
2	<b>Li</b> 0,98	<b>Be</b> 1,57	<b>B</b> 2,04	<b>C</b> 2,55	<b>N</b> 3,04	<b>O</b> 3,44	<b>F</b> 3,98	<b>Ne</b>
3	<b>Na</b> 0,93	<b>Mg</b> 1,31	<b>Al</b> 1,61	<b>Si</b> 1,90	<b>P</b> 2,19	<b>S</b> 2,58	<b>Cl</b> 3,16	<b>Ar</b>
4	<b>K</b> 0,82	<b>Ca</b> 1,00	<b>Sc</b> 1,36	<b>Ti</b> 1,54	<b>V</b> 1,63	<b>Cr</b> 1,66	<b>Mn</b> 1,55	<b>Fe</b> 1,83
	<b>Cu</b> 1,90	<b>Zn</b> 1,65	<b>Ga</b> 1,81	<b>Ge</b> 2,01	<b>As</b> 2,18	<b>Se</b> 2,55	<b>Br</b> 2,96	<b>Kr</b>
	<b>Rb</b> 0,82	<b>Sr</b> 0,95	<b>Y</b> 1,22	<b>Zr</b> 1,4	<b>Nb</b> 1,6	<b>Mo</b> 2,16	<b>Tc</b> 1,9	<b>Ru</b> 2,2
5	<b>Ag</b> 1,93	<b>Cd</b> 1,69	<b>In</b> 1,78	<b>Sn</b> 1,96	<b>Sb</b> 2,05	<b>Te</b> 2,1	<b>I</b> 2,66	<b>Xe</b> 2,6
	<b>Cs</b> 0,79	<b>Ba</b> 0,89	<b>La</b> 1,10	<b>Hf</b> 1,3	<b>Ta</b> 1,5	<b>W</b> 2,36	<b>Re</b> 1,9	<b>Os</b> 2,2
6	<b>Au</b> 2,54	<b>Hg</b> 2,00	<b>Tl</b> 1,62	<b>Pb</b> 2,33	<b>Bi</b> 2,02	<b>Po</b> 2,0	<b>At</b> 2,2	<b>Rn</b>
								<b>Co</b> 1,88
								<b>Ni</b> 1,91
								<b>Rh</b> 2,28
								<b>Pb</b> 2,20
								<b>Ir</b> 2,20
								<b>Pt</b> 2,28

### Приложение III

Условные обозначения, названия и единицы измерения некоторых физических величин

Физическая величина	Обозначение	Единица измерения
Время	$t$	с
Давление	$p$	Па, кПа
Количество вещества	$n$	моль
Масса вещества	$m$	кг, г
Массовая доля	$w$	Безразмерная
Молярная масса	$M$	кг/моль, г/моль
Молярный объем	$V_n$	м <sup>3</sup> /моль, л/моль
Объем вещества	$V$	м <sup>3</sup> , л
Объемная доля	$\varphi$	Безразмерная
Относительная атомная масса	$A_r$	Безразмерная
Относительная молекулярная масса	$M_r$	Безразмерная
Относительная плотность газа А по газу Б	$D_B(A)$	Безразмерная
Плотность вещества	$\rho$	кг/м <sup>3</sup> , г/см <sup>3</sup> , г/мл
Постоянная Авогадро	$N_A$	1/моль
Температура абсолютная	$T$	К (Кельвин)
Температура по шкале Цельсия	$t$	°С (градус Цельсия)
Тепловой эффект химической реакции	$Q$	кДж/моль

## Приложение IV

### Качественные реакции на некоторые ионы

Определяемый ион	Реагент	Уравнение реакции	Признак реакции
<b>Качественные реакции на катионы</b>			
$\text{H}^+(\text{H}_3\text{O}^+)$	Лакмус	*	Изменение цвета лакмуса с фиолетового на красный
$\text{NH}_4^+$	$\text{OH}^-$	$\text{NH}_4^+ + \text{OH}^- = \text{NH}_3\uparrow + \text{H}_2\text{O}$	Появление запаха аммиака
$\text{Cu}^{2+}$	$\text{OH}^-$	$\text{Cu}^{2+} + 2\text{OH}^- = \text{Cu}(\text{OH})_2\downarrow$ $\text{Cu}(\text{OH})_2 \xrightarrow{t} \text{CuO} + \text{H}_2\text{O}$	Выпадение синего студенистого осадка $\text{Cu}(\text{OH})_2$ , чернеющего при нагревании ( $\text{CuO}$ – черный)
$\text{Fe}^{3+}$	$\text{CNS}^-$	$2\text{Fe}^{3+} + 6\text{CNS}^- = \text{Fe}[\text{Fe}(\text{CNS})_6]$	Появление кроваво-красной окраски
$\text{Fe}^{2+}$	$\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$	$\text{Fe}^{2+} + \text{K}^+ + [\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-} = \text{KFe}[\text{Fe}(\text{CN})_6]\downarrow$	Появление синей окраски, выпадение осадка
<b>Качественные реакции на анионы</b>			
$\text{OH}^-$	Фенолфталеин	*	Появление малиновой окраски
$\text{NO}_3^-$	Дифениламин	*	Появление синей окраски
$\text{Cl}^-$	$\text{Ag}^+$	$\text{Cl}^- + \text{Ag}^+ = \text{AgCl}\downarrow$	Выпадение белого творожистого осадка $\text{AgCl}$

\* Уравнение реакции в школьном курсе не рассматривается.

Определяемый ион	Реагент	Уравнение реакции	Признак реакции
<b>Качественные реакции на анионы</b>			
$\text{Br}^-$	$\text{Ag}^+$	$\text{Br}^- + \text{Ag}^+ = \text{AgBr} \downarrow$	Выпадение светло-желтого осадка $\text{AgBr}$
$\text{I}^-$	$\text{Ag}^+$	$\text{I}^- + \text{Ag}^+ = \text{AgI} \downarrow$	Выпадение светло-желтого осадка $\text{AgI}$
	$\text{Pb}^{2+}$	$\text{Pb}^{2+} + 2\text{I}^- = \text{PbI}_2 \downarrow$	Выпадение желтого кристаллического осадка $\text{PbI}_2$ *
$\text{S}^{2-}$	$\text{Pb}^{2+}$	$\text{S}^{2-} + \text{Pb}^{2+} = \text{PbS} \downarrow$	Выпадение черного осадка $\text{PbS}$
	$\text{Cd}^{2+}$	$\text{S}^{2-} + \text{Cd}^{2+} = \text{CdS} \downarrow$	Выпадение желтого осадка $\text{CdS}$
$\text{SO}_3^{2-}$	$\text{H}^+(\text{H}_3\text{O}^+)$	$\text{SO}_3^{2-} + 2\text{H}^+ = \text{SO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$	Появление запаха сернистого газа $\text{SO}_2$
$\text{SO}_4^{2-}$	$\text{Ba}^{2+}$	$\text{SO}_4^{2-} + \text{Ba}^{2+} = \text{BaSO}_4 \downarrow$	Выпадение белого кристаллического осадка $\text{BaSO}_4$
$\text{CO}_3^{2-}$	$\text{H}^+(\text{H}_3\text{O}^+)$ , $\text{Ca}(\text{OH})_2$ р-р (известковая вода)	а) $\text{CO}_3^{2-} + 2\text{H}^+ = \text{CO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$ б) $\text{CO}_2 + \text{Ca}(\text{OH})_2 = \text{CaCO}_3 \downarrow + \text{H}_2\text{O}$	При действии сильных кислот – выделение газа, вызывающего помутнение известковой воды

\* Осадок  $\text{PbI}_2$  растворяется в воде при нагревании, при охлаждении раствора выпадает вновь в виде золотистых чешуек.

Определяемый ион	Реагент	Уравнение реакции	Признак реакции
<b>Качественные реакции на анионы</b>			
$\text{SiO}_3^{2-}$	$\text{H}^+ (\text{H}_3\text{O}^+)$	$\text{SiO}_3^{2-} + 2\text{H}^+ = \text{H}_2\text{SiO}_3 \downarrow$ *	Выпадение гелеобразного осадка кремниевой кислоты
$\text{PO}_4^{3-}$	$\text{Ag}^+$	$\text{PO}_4^{3-} + 3\text{Ag}^+ = \text{Ag}_3\text{PO}_4 \downarrow$	Выпадение желтого осадка $\text{Ag}_3\text{PO}_4$ , растворимого в азотной кислоте
$\text{CH}_3\text{COO}^-$	$\text{H}^+ (\text{H}_3\text{O}^+)$	$\text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}^+ = \text{CH}_3\text{COOH}$	Появление характерного запаха уксусной кислоты

\* Осаждение кремниевой кислоты приводит к образованию геля (студня) переменного состава  $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$  ( $n > 2$ ). Над осадком в разбавленном растворе существует мономерная слабая ортокремниевая кислота  $\text{H}_4\text{SiO}_4$ . Соединение мономерного состава  $\text{H}_2\text{SiO}_3$  не выделено.

## Ответы к задачам

### Глава 1

- 1-1. а)  $-392,5$  кДж; б)  $-15,7$  кДж; в)  $-1570$  кДж.  
1-2. а)  $2257,5$  кДж; б)  $602$  кДж; в)  $37\ 6250$  кДж.  
1-3. а)  $20$  г; б)  $50$  г; в)  $2$  кг.  
1-4. а)  $3,1$  г; б)  $12,4$  г; в)  $1,86$  кг.  
1-5. а)  $130,5$  кДж; б)  $3\ 262,5$  кДж.  
1-6. а)  $280$  кДж; б)  $6300$  кДж.  
1-7. а)  $6,5$  г;  $5,6$  л (н. у.); б)  $130$  г;  $112$  л (н. у.).  
1-8. а)  $49$  г;  $39,2$  л (н. у.); б)  $35$  г;  $28$  л (н. у.).  
1-9. С; Al; Mg; P; Fe.  
1-10. ... $+822,2$  кДж.  
1-11. ... $+370,3$  кДж.  
1-12. ... $+1026,8$  кДж.  
1-13. ... $+890$  кДж.  
1-14. ... $+1123,4$  кДж.  
1-15.  $279,6$  кДж и  $280$  кДж.  
1-16. ... $+761,6$  кДж.  
1-17. ... $+3109,4$  кДж.  
1-18.  $14,1$  мл.  
1-19.  $66,23$  л.  
1-20.  $6$  моль/(л · с).  
1-21.  $0,03$  моль/(л · с).  
1-22.  $0,2$  л/(моль · мин).  
1-23.  $4$  л/(моль · мин).  
1-24.  $0,8$  моль/л  
1-26.  $3$ .  
1-27.  $0,125$  моль/(л · с).  
1-28.  $5,32$  мин.  
1-29. а)  $0,7$  моль/(л · с); б)  $0,35$  моль/(л · с).  
1-30. а)  $40$  моль/(л · с); б)  $2,5$  моль/(л · с).  
1-31. а) в  $27$  раз увеличится; б) замедлится в  $1,7$  раза.  
1-32.  $7,5$  мин.  
1-33.  $48$  моль/(л · с).  
1-34.  $3$ .  
1-35.  $0,0625$  моль/(л · с).  
1-36. Примерно в  $15,6$  раза.  
1-37. а)  $3$ ; б)  $4$ .  
1-38. а)  $10$  с; б)  $13,5$  мин.  
1-48.  $1,7$  моль/л;  $1,9$  моль/л;  $K_p = 4,05$ .  
1-49.  $1$  моль/л;  $3$  моль/л;  $2$  моль/л.  
1-50. В  $16$  раз; в  $4$  раза; равновесие смещается вправо.  
1-51. В  $4$  раза; равновесие смещается вправо.



## Глава 2

- 2-13. 1 моль/л; 1 моль/л.  
2-14. 0,2 моль/л; 0,1 моль/л.  
2-15. 1,26 моль/л; 1,26 моль/л.  
2-16. 1,56 моль/л; 1,56 моль/л.  
2-17. 0,64 моль/л; 0,97 моль/л.  
2-54. 4,5 моль;  $\text{pH} < 7$ .  
2-55. 2,25 моль;  $\text{pH} > 7$ .  
2-56. 3 моль; 426 г;  $\text{pH} > 7$ ; 40 г.  
2-57. 5 моль; 1060 г;  $\text{pH} > 7$ ; 168 г.  
2-58. 10,1 г.  
2-59. 4,25 г.  
2-60. 10 г.  
2-61. 5 г.  
2-62. 13,6 г.  
2-63. 13,6 г.  
2-64. 47,8 г.  
2-65. 47,2 г.  
2-66. 27,75 г.  
2-67. 16,4 г;  $\text{pH} > 7$ ; 12 г.  
2-68. 166,5 г;  $\text{pH} < 7$ ; 182,5 г.  
2-69. 42,4 г; 9,4 г.  
2-70. 322 г; 44,8 л (н. у.).  
2-71. 466 г.  
2-72. 8 г.  
2-73. 29,6 г.  
2-74. 54,4 г.  
2-75. 17 г.  
2-76. а) 19 г; б) 12,3 %.  
2-77. 4 %.  
2-78. 12,5 г.  
2-79. 24 г.  
2-80. 2,54 г.  
2-81. 466 г.  
2-82. 9,8 г; 9,7 %.  
2-83. 1,96 г.  
2-84. 12 г.  
2-85. а) 10 г; б) 1,38 г.  
2-86. а) 20,2 г; б) 20,2 г.  
2-87. а) 14,35 г; б) 13,05 г; в) 5,7 %; г) 10,4 г; д) 4,6 %.  
2-88. а) 12,25 г; б) 17,75 г; в) 6,9 %; г) 20 г; д) 7,8 %.  
2-89. а) 11,65 г; б) 5,8 г; в) 1,5 %; г) 25,6 г; д) 6,5 %.  
2-90. а) 24,8 г; б) 17 г; в) 6,4 %; г) 7,8 г; д) 2,9 %.  
2-91. 6,1 %  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ; 9,7 %  $\text{NaHCO}_3$ .

- 2-92. 18,7 %  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ; 14,8 %  $\text{NaHCO}_3$ .  
 2-93. 7,4 %  $\text{Na}_2\text{S}$ ; 4,7 %  $\text{NaHS}$ .  
 2-94. 22,4 %  $\text{K}_2\text{SO}_3$ ; 11,4 %  $\text{KHSO}_3$ .  
 2-95. 3,8 %  $\text{Na}_3\text{PO}_4$ ; 6,5 %  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ .  
 2-96. 6,1 %  $\text{K}_2\text{HPO}_4$ ; 2,4 %  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ .  
 2-97. 6,1 %.  
 2-98. 9,4 %  $\text{CaCO}_3$ ; 0,13 %  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ .  
 2-99. 55,1 %  $\text{K}_2\text{SO}_4$  и 44,9 %  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ .  
 2-100. 20,2 %  $\text{CaCO}_3$ ; 79,8 %  $\text{BaCO}_3$ .  
 2-101. 5,85 %  $\text{NaCl}$ ; 7,45 %  $\text{KCl}$ .

### Глава 3

- 3-22. 80 г; 56 л (н. у.).  
 3-23. 14 г и 8 г.  
 3-24. 19,4 г; 6,4 г.  
 3-25. 18 г.  
 3-26. 56,7 г.  
 3-27. а) 7,5 л; б) 1,5 л.  
 3-28. а) нет; б) да.  
 3-29. 97 кг.  
 3-30. Na.  
 3-31. Hg.  
 3-32. Pb.  
 3-33. 19,2 г.  
 3-34. 32 г.  
 3-35. 28,8 г.  
 3-36. 64 г.  
 3-37. 20 %.  
 3-38. 48,5 г.  
 3-39. 86 л.  
 3-40. 8 %.  
 3-41. 25 л.  
 3-42. 51 г; 33,6 л (н. у.);  $\text{H}_2$ .  
 3-43. 75 %.  
 3-44. 64 %; 36 %.  
 3-45. 57,1 %; 42,9 %.  
 3-46. 50 % и 50 %.  
 3-47. 20 %; 80 %; 0,952.  
 3-48. 43,3 %  $\text{Na}_2\text{S}$ ; 52 %  $\text{NaCl}$ ; 4,7 % NaF.  
 3-49. 1,8 %  $\text{NaHS}$ ; 9,8 %  $\text{Na}_2\text{S}$ .  
 3-50.  $1/3$  и  $2/3$ .  
 3-63. 80 %.  
 3-64. 760 г.  
 3-65. 12,8 г.

- 3-66. 28,8 г.
- 3-67. 10,25 %
- 3-68.  $\text{CS}_2$ .
- 3-69. 4,1 %; 5,0 %.
- 3-70. 52 г.
- 3-71.  $\text{SnS}_2$ .
- 3-91. 58,25 г.
- 3-92. 272 г; pH > 7.
- 3-93. 16 г; 5,6 л.
- 3-94. 1: а) 88,9 %; б) 99,6 %; 2: а) 1230 т; б) 1229,74 т.
- 3-95. 750 кг
- 3-96. 375 т.
- 3-97. 18,9 %  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ; 50,7 %  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ; 30,4 %  $\text{NaNO}_3$ .
- 3-98. 25 г.
- 3-99. 24,5 г.
- 3-100. 24,5 %.
- 3-101. 17,78 г; 188,22 г.
- 3-102. 32,5 %.
- 3-103. 812,3 г.
- 3-104. 49,7 г раствора  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ; 150,3 г  $\text{SO}_3$ .
- 3-105. 326,1 г  $\text{SO}_3$ ; 73,9 г раствора  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .
- 3-106. 154,2 г  $\text{SO}_3$ ; 45,8 г раствора  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .

#### Глава 4

- 4-17. 1,155 г; 0,476 г.
- 4-18. 5,6 г; 7,4 л.
- 4-19. 11,2 л.
- 4-20. 11,2 л.
- 4-21. 56 л.
- 4-22. 34 г.
- 4-23. 4,48 л.
- 4-24. 34 г.
- 4-25. 3,2 л.
- 4-26. 92,65 кг; 19,85 кг.
- 4-27. 65 %.
- 4-28. 13,3 %; 18,6 %; 68,1 %.
- 4-29. 15,6 %; 51,8 %; 32,6 %.
- 4-50. 128,6 г.
- 4-51. 85,7 мл; 86,6 мл.
- 4-52. 1145,5 кг; 1340,4 кг; 1400 кг.
- 4-53. 2,44 кг.
- 4-54. 4,925 кДж.
- 4-55. 51,2 % Cu; 48,8 % Al.
- 4-56. 6,4 г.

- 4-57. 41,4 г.
- 4-58. 11,9 г.
- 4-59. 60 % Cu; 40 % Zn.
- 4-60. 71,7 % Ag; 28,3 % Cu.
- 4-61. 0,3 % азотная кислота; 0,2 % азотистая кислота.
- 4-62. 42,5 г; 34,5 г.
- 4-63. 1,29 г; 9,73 г.
- 4-64. 74,8 г; 13,3 %; 11,9 %.
- 4-65. Ni или Co.
- 4-66. 3,8 %.
- 4-67. 30,3 %; 69,7 %.

### Глава 5

- 5-20. 3,875 г.
- 5-21. 16 г; 11,2 л.
- 5-22. 2,8 л; 1,68 л.
- 5-23. 41 г.
- 5-24. 68,9 г.
- 5-25. 67,2 г.
- 5-26. 31 г.
- 5-27. 27,9 г.
- 5-28. 30 г.
- 5-29. 21,2 %.
- 5-30. 3,28 %.
- 5-31. 7,93 т.
- 5-32. 9,53 т.
- 5-33. 2,45 т.
- 5-34. 0,3 моль  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ; 0,2 моль  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ .
- 5-35. 0,3 моль  $\text{K}_2\text{HPO}_4$ ; 0,2 моль  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ .
- 5-36. 2 моль  $\text{Na}_3\text{PO}_4$ ; 2 моль  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ .
- 5-37. 3,78 %; 6,54 %.
- 5-38. 6,06 %  $\text{K}_2\text{HPO}_4$ ; 2,37 %  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ .
- 5-39. 21,11 %  $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ ; 8,08 %  $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ .
- 5-40. 9,8 %.
- 5-41. 17,75 %.
- 5-42. 39,2 %.
- 5-43. 28,18 %.
- 5-44. а) 28,4 г  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ ; 12 г  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$ ; б) 5,42 %; 12,8;
- 5-45. 38 г; 162 мл.
- 5-46. 44,8 г; 155,2 г.
- 5-47. 12,8 %; 5,4 %.

## Глава 6

- 6-40. 2,4 кг.  
6-41. 16,8 м<sup>3</sup>.  
6-42. 30 г.  
6-43. а) 28 л; б) 58,8 л; в) 8,4 л.  
6-44. а) 11,2 г; 8,96 л; б) 16,8 г; 13,44 л.  
6-45. 70 %.  
6-46. 60 %.  
6-47. 753,2 кг; 1196,2 кг; 261,6 кг.  
6-48. 42,9 % С; 57,1 % S.  
6-49. 50 % и 50 %; 38,9 % и 61,1 %.  
6-50. Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> · 10H<sub>2</sub>O.  
6-51. KNaCO<sub>3</sub> · 6H<sub>2</sub>O.  
6-52. 2 %.  
6-53. 135,1 г.  
6-54. 94,1 г.  
6-55. 10,6 %; 1,1 моль/л.  
6-56. 73,7 г.  
6-57. а) 11 г; 5,6 л; б) 11 г; 5,6 л.  
6-58. 14,8 % NaHCO<sub>3</sub>; 18,7 % Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>.  
6-59. 9,7 % NaHCO<sub>3</sub>; 6,1 % Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>.  
6-60. 0,4 г; 0,13 %.  
6-61. 20 % и 80 %; 10,5 % и 89,5 %.  
6-62. 20 % и 80 %; 39,2 % и 60,8 %.  
6-63. 20 % и 80 %; 12,5 % и 87,5 %.  
6-64. 20 % и 80 %; 12,5 % и 87,5 %.  
6-65. 20 % и 80 %; 12,5 % и 87,5 %.  
6-66. 53 % Cu; 47 % (CuOH)<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>.  
6-67. 41,6 % Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>; 18,4 % NaCl; 40,0 % NaNO<sub>3</sub>.  
6-68. 21 г MgCO<sub>3</sub>; 25 г CaCO<sub>3</sub>; 37 г Mg(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>.  
6-69. 44 % Mg и 56 % MgCO<sub>3</sub>.  
6-70. 47 % PbCO<sub>3</sub> и 53 % Pb(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>.

## Глава 8

- 8-18. 1,1 В.  
8-19. 3,17 В.  
8-20. 1,53 В.  
8-21. 1,93 В.  
8-29. 325 г.  
8-30. 36 г.  
8-31. Zn.  
8-32. Mg.  
8-33. Al.  
8-34. Na.

- 8-35.** 5,6 г; 6,4 г.  
**8-36.** 19,5 г; 11,2 г.  
**8-37.** 22,4 г; 25,6 г; 12,2 %.  
**8-38.** 39 г; 22,4 г; 24,15 %.  
**8-39.** Mg.  
**8-40.** Zn.  
**8-41.** Cu.  
**8-42.** 23,2 г.  
**8-53.** 0,1 г; 1,12 л; 4 г.  
**8-54.** 0,1 г; 1,12 л; 5,6 г.  
**8-55.** 294,9 г.  
**8-56.** 50,9 %.  
**8-57.** 37,1 % Na; 62,3 % K.  
**8-58.** 54,1 % Na, 45,9 % K.  
**8-59.** 8 г; 3,9 %.  
**8-60.** 9,6 г; 3,8 %.  
**8-61.** 2,24 г; 4,3 %.  
**8-62.** 11 %.  
**8-63.** 16,9 %.  
**8-64.** 1,6 % NaOH; 11,9 % KOH.  
**8-65.** 12,2 г.  
**8-66.** 40 г.  
**8-67.** 3,45 г.  
**8-68.** 10,6 г.  
**8-69.** 24,33 г и 376,64 г.  
**8-70.** 11,9 г и 489,8 г.  
**8-78.** 538,5 г.  
**8-79.** 450 кг; 1458,3 кг.  
**8-80.** 0,74 %.  
**8-81.** 1,82 %.  
**8-82.** 0,162 г.  
**8-83.** 0,38 г.  
**8-84.** 0,19 г; 249,81 г.  
**8-85.** 2,36 см.  
**8-86.** 0,57 %.  
**8-87.** 162 г; 38 г.  
**8-88.** 31,6 г и 168,4 г.  
**8-103.** 53,4 г.  
**8-104.** а) 0,36 г и 0,64 г; б) 0,75 г и 0,25 г; в) 0,07 г и 0,93 г; г) 0,66 г и 0,34 г.  
**8-105.** 3,51 г.  
**8-106.** 94,5 %.  
**8-107.** 18,8 г Al; 0,8 г Cu; 0,2 г Mg; 0,2 г Mn.  
**8-108.** 259,4 г  
**8-109.** 8 кг.

- 8-120. 1,43 кг.  
8-121. 38,74 г.  
8-122. а) 6,36 г и 3,64 г; б) 3,45 г и 6,55 г; в) 9,33 г и 0,67 г.  
8-123. 16 725,7 т.  
8-124. 2909 т.  
8-125. 2688 км<sup>3</sup>; 1565,2 т.  
8-126. 92,5 %.  
8-127. 13,83 т.  
8-128. 4750 т железняка; 1900 т кокса; 950 т флюса.  
8-129. 62 %, 25 %, 13 %.  
8-130.  $1,7204 \cdot 10^9$  т;  $5,842 \cdot 10^8$  м<sup>3</sup>;  $6,716 \cdot 10^8$  м<sup>3</sup>.  
8-131.  $2,432 \cdot 10^6$  т.  
8-132. 1,6 %.  
8-133. 5,9 %.  
8-134. 46,7 % Fe ; 53,3 % Cu.  
8-135. 21,9 % Fe; 56,9 % Cu; 21,2 % Al.  
8-136. 23,3 % Fe; 54,2 % Zn; 22,5 % Al.

## Оглавление

Предисловие .....	3
<b>Глава 1</b>	
Теоретические основы химических процессов .....	5
1.1. Тепловой эффект химической реакции .....	5
1.2. Скорость химической реакции .....	8
1.3. Химическое равновесие. Принцип Ле Шателье .....	11
Контрольная работа по теме «Теоретические основы химических процессов» .....	13
<b>Глава 2</b>	
Теория электролитической диссоциации .....	15
2.1. Электролитическая диссоциация. Сильные и слабые электролиты. Электролитическая диссоциация оснований, кислот и солей .....	15
2.2. Реакции в растворах электролитов. Ионные уравнения реакций ....	18
2.3. Расчеты по химическим уравнениям, когда одно из реагирующих веществ дано в избытке. Комбинированные задачи ....	23
2.4. Гидролиз солей .....	27
Контрольная работа по теме «Теория электролитической диссоциации» .....	30
<b>Глава 3</b>	
Сера. Соединения серы .....	31
3.1. Сера. Сероводород. Сульфиды .....	31
3.2. Сернистый газ. Сернистая кислота. Сульфиты .....	35
3.3. Серная кислота. Сульфаты .....	38
Контрольная работа по теме «Сера. Соединения серы» .....	41
<b>Глава 4</b>	
Азот. Соединения азота .....	43
4.1. Азот. Аммиак. Соли аммония .....	43
4.2. Оксиды азота. Азотная кислота. Нитраты .....	46
Контрольная работа по теме «Азот. Соединения азота» .....	50
<b>Глава 5</b>	
Фосфор. Соединения фосфора .....	51
Контрольная работа по теме «Фосфор. Соединения фосфора» .....	55



## **Глава 6**

Углерод и кремний .....	57
Контрольная работа по теме «Углерод и кремний» .....	63

## **Глава 7**

Общие сведения об органических соединениях .....	65
7.1. Общие представления об органических веществах. Алканы .....	65
7.2. Алкены .....	66
7.3. Алкины .....	67
7.4. Спирты .....	68
7.5. Предельные одноосновные карбоновые кислоты .....	69
7.6. Жиры, углеводы, белки .....	70

## **Глава 8**

Металлы .....	72
8.1. Общая характеристика металлов .....	72
8.2. Щелочные металлы .....	76
8.3. Магний. Щелочноземельные металлы .....	78
8.4. Алюминий .....	80
8.5. Железо .....	82
Контрольная работа по теме «Металлы» .....	85

## **Глава 9**

Алгоритмы решения типовых задач .....	86
---------------------------------------	----

## **Глава 10**

Примеры решения комбинированных задач .....	101
---	-----

<i>Приложение I. Электрохимический ряд напряжений металлов .....</i>	<i>113</i>
--	------------

<i>Приложение II. Значения относительной электроотрицательности элементов (по Л. Полингу) .....</i>	<i>114</i>
---	------------

<i>Приложение III. Условные обозначения, названия и единицы измерения некоторых физических величин .....</i>	<i>115</i>
--	------------

<i>Приложение IV. Качественные реакции на некоторые ионы .....</i>	<i>116</i>
--	------------

Ответы .....	119
--------------	-----