

1	He	2
±7 1s <sup>1</sup> ОД	4,002602±2 ГЕЛИЙ	1s <sup>1</sup> 2

10	Ne	10
20,179±1 ФГОС	НЕОН	1s <sup>2</sup> 2p <sup>6</sup> 8

17	Ar	18
39,948±1	АРГОН	3s <sup>2</sup> 3p <sup>6</sup> 8

26	Fe	26
55,845±2	ЖЕЛЕЗО	3d <sup>6</sup> 4s <sup>2</sup> 8

35	Kr	36
83,80±1	КРИПТОН	4s <sup>2</sup> 4p <sup>6</sup> 8

44	Ru	44
101,07±2	РУТЕНИЙ	4d <sup>6</sup> 5s <sup>1</sup> 8

53	Xe	54
131,29±3	КСЕНОН	5s <sup>2</sup> 5p <sup>6</sup> 8

76	Os	76
190,2±1	ОСМИЙ	5d <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 8

85	Rn	86
222,0176	РАДОН	6s <sup>2</sup> 6p <sup>6</sup> 8

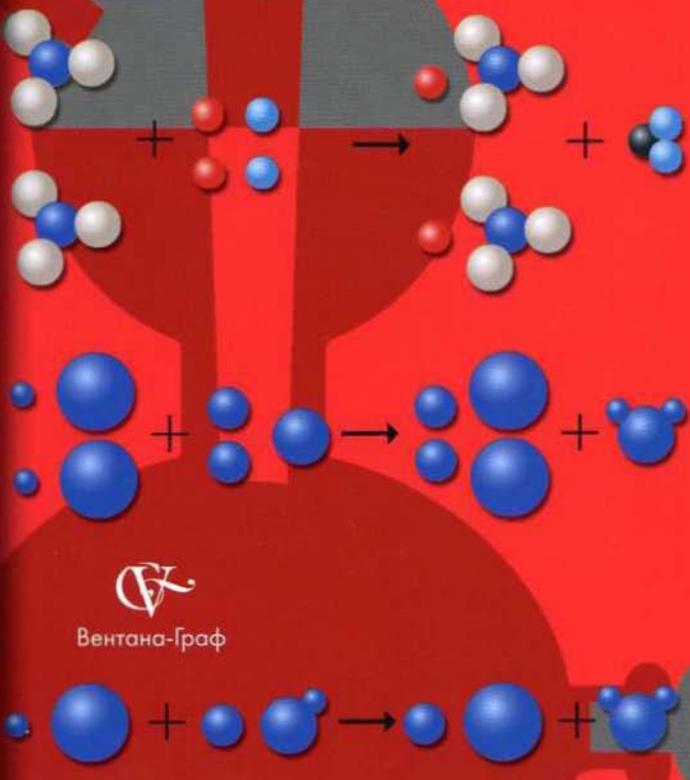
108	Hs	108
[262]	БОРИЙ	[265]

* ЛАНТАНОИДЫ		
64	Tb	65
158,9254±1	ТЕРБИЙ	4f <sup>9</sup> 6s <sup>2</sup> 8

** АКТИНОИДЫ		
96	Bk	97
247,0703	БЕРКЛИЙ	5f <sup>9</sup> 6d <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup> 8

Н.Е. Кузнецова  
А.Н. Лёвкин

# Задачник по химии 8 класс



Вентана-Граф

АЛГОРИТМ УСПЕХА



Н.Е. Кузнецова

А.Н. Лёвкин

Задачник  
по химии  
8 класс



Москва  
Издательский центр  
«Вентана-Граф»  
2012

ББК 24я72  
К89

**Кузнецова Н.Е.**

К89 Задачник по химии : 8 класс : [для учащихся общеобразовательных учреждений] / Н.Е. Кузнецова, А.Н. Лёвкин. — М. : Вентана-Граф, 2012. — 128 с. : ил.

ISBN 978-5-360-03211-3

Задачник включен в систему «Алгоритм успеха» и содержит расчетные задачи, задачи повышенной сложности; задания и упражнения, развивающие учебные умения, творческие и аналитические способности учащихся. Задачи сгруппированы по темам, изучаемым в 8 классе основной школы, в порядке возрастания их сложности: от простых расчетных до олимпиадных. В конце каждой главы приводятся тематические контрольные работы. Последняя (девятая) глава содержит алгоритмы решения типовых задач.

Большое число разнообразных задач позволяет учителю использовать их дифференцированно, с учетом подготовки и желания учеников, а учащимся организовать свою собственную деятельность.

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

ББК 24я72

*Учебное издание*

**Кузнецова Нинель Евгеньевна  
Лёвкин Антон Николаевич**

**Задачник по химии**

**8 класс**

**Для учащихся общеобразовательных учреждений**

Редакторы *Н.Ю. Никонюк, О.М. Нечаева*. Внешнее оформление *А.А. Осколкова*  
Художественный редактор *Л.В. Перцева*. Компьютерная верстка *Н.И. Беляевой*  
Технические редакторы *М.В. Плешакова, Т.В. Фатюхина*. Корректор *В.С. Антонова*

Подписано в печать 17.01.12. Формат 70×90/16. Бумага офсетная № 1  
Печать офсетная. Гарнитура NewBaskervilleС. Печ. л. 8,0. Тираж 10 000 экз. Заказ № 3227/12

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 соответствии с предоставленными материалами  
в ООО «ИПК Парето-Принт»,  
170546, Тверская область, Калининский р-н, Бурашевское сельское поселение,  
промышленная зона Боровлёво-1, комплекс № 3 «А». www.pareto-print.ru

ISBN 978-5-360-03211-3

© Кузнецова Н.Е., Лёвкин А.Н., 2002  
© Издательский центр «Вентана-Граф», 2002

## Предисловие

Этот задачник ориентирован на учебник авторского коллектива под руководством доктора педагогических наук, профессора Н.Е. Кузнецовой и входит в состав учебно-методического комплекта тех же авторов. Задачником можно пользоваться и при работе с учебниками других авторов. В наш задачник, состоящий из девяти глав, 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 сгруппированы по основным темам, последовательно изучаемым в 8-м классе: «Первоначальные химические понятия», «Химические реакции», «Смеси. Растворы», «Газы. Кислород. Горение», «Основные классы неорганических соединений», «Строение атома. Периодический закон и периодическая система Д.И. Менделеева», «Строение вещества. Химические реакции в свете электронной теории», «Водород. Галогены». В заключительную — девятую — главу выделена тема «Алгоритмы решения типовых задач», что должно помочь в освоении способов решения расчетных задач основных типов.

Каждая из глав, в свою очередь, разбита на несколько разделов. В начале большинства разделов приводится перечень основных понятий, использованных при изучении той или иной конкретной, «узкой» темы, и краткое объяснение этих понятий. Подчеркнем, что мы не старались заменить учебник и подробно раскрыть содержание обсуждаемых терминов. Наша задача состояла в актуализации тех терминов и понятий, которые используют учащиеся при решении задач по той или иной теме.

После упражнений, предназначенных для отработки определенных умений и навыков, для закрепления изучаемого материала, идут расчетные задачи, расположенные 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. Большое число различных заданий дает учителю возможность их выбора в зависимости от уровня подготовленности учащихся и предполагаемой специализации. Мы хотели, чтобы в нашем задачнике были и вполне доступные задачи для учащихся базовых классов, и задачи, над которыми могли бы поразмышлять учащиеся, связывающие выбор своей профессии с химией. В каждом из разделов приводятся задачи разных типов, в то же время в задачник включено достаточно много однотипных задач для работы над формированием базовых умений и навыков. Это позволяет разобрать в классе ход решения нескольких таких задач, закрепить тот или иной навык во время самостоятельной работы и проверить степень усвоения учебного материала на последующих занятиях. Примеры решения типовых задач есть в большинстве разделов.

В конце каждой главы приведены решения некоторых комбинированных или нестандартных задач по теме в целом, а также тематическая контрольная

работа для учащихся базовых классов. К расчетным задачам предлагаются ответы в конце задачника. Отметим, что мы не давали ответы ко всем задачам, особенно к тем, которые требовали творческого подхода, оставляя учащимся возможность подумать самим и поискать ответы и решения в литературе.

Задачи повышенной сложности не выделены в отдельный блок, а включены в каждый из разделов. Мы сознательно не выделяли задачи такого типа, как и олимпиадные задачи, предоставляя учителю самому определить, кому из учащихся адресована та или иная задача.

Хочется пожелать всем нашим читателям творческих успехов, и пусть эта книга поможет вам в вашей работе. Свои отзывы о задачнике и замечания вы можете отправить авторам по электронной почте, наш адрес: [andgrey@yandex.ru](mailto:andgrey@yandex.ru)

## 1.1. Вещества и физические тела. Физические свойства веществ. Физические и химические явления

**Вещество** — вид материи, имеет определенный состав (природу составляющих его частиц и их число), строение (пространственное расположение частиц) и характерные, постоянные в данных условиях, свойства.

**Химия** — наука о веществах и их превращениях.

**Химические реакции (химические явления)** — процессы, в ходе которых исходные вещества (реагенты) превращаются в другие вещества (продукты реакции).

**Физические явления** — процессы, в ходе которых новые вещества не образуются.

*Примечание.* Резкой границы между физическими и химическими явлениями нет. Существуют физико-химические явления, например растворение — процесс образования раствора, сопровождающийся взаимодействием растворимого вещества с растворителем.

### Вопросы и задания

- 1-1. В каждом случае назовите физическое тело и вещество, из которого оно изготовлено (например, «стеклянный стакан»: стакан — тело, стекло — вещество).
- Медная монета, железный гвоздь, хрустальный башмачок, таблетка аспирина, серебряный колокольчик, кристалл сахара, ледяной дворец, оловянный солдатик, золотое кольцо.
- 1-2. В каких примерах речь идет о физических телах, а в каких — о веществах?
- Кирпич, сахар, стакан, проволока, ртуть, железо, поваренная соль, дрова, сера, кислород.
- 1-3. Определите, в чем явное отличие между следующими веществами:
- алюминий и ртуть;
  - вода и углекислый газ;
  - медь и алюминий;
  - поваренная соль и сахар;
  - уксус и бензин;
  - алюминий и свинец.
- 1-4. В каких случаях речь идет о чистых веществах, а в каких — о смесях: морская вода, азот, кислород, воздух, гранит, молоко, сахар, варенье, железо? Запишите в тетради названия чистых веществ.
- 1-5. По описанию физических свойств вещества определите, о каком веществе идет речь:

а) при обычных условиях это бесцветная жидкость, без запаха и вкуса,  $t_{\text{пл}} = 0 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $t_{\text{кип}} = 100 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $\rho = 1 \text{ г/см}^3$ ;

б) при обычных условиях это твердое вещество розового цвета,  $t_{\text{пл}} = 1083 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $\rho = 8,96 \text{ г/см}^3$ . Оно хорошо проводит тепло и электрический ток, обладает металлическим блеском;

в) при обычных условиях это кристаллы серого цвета с металлическим блеском. Вещество проводит электрический ток, устойчиво к легкому нагреванию, но при  $t = 3700 \text{ }^\circ\text{C}$ , не плавясь, переходит в газообразное состояние (возгоняется). Вещество мягкое; если провести изделием из этого вещества по какой-либо поверхности, на ней остаются частички данного вещества;

г) при обычных условиях это тяжелая подвижная жидкость серебристо-белого цвета с металлическим блеском,  $\rho = 13,6 \text{ г/см}^3$ .

**1-6.** Из перечисленных веществ выберите а) пластичные вещества, б) хрупкие вещества, в) эластичные вещества. Перечень веществ: свинец, резина, стекло, медь, пластмасса, каучук.

**1-7.** Пользуясь справочными таблицами, рассчитайте массу а) кристалла поваренной соли объемом  $0,5 \text{ см}^3$ , б) золотого кольца объемом  $1,25 \text{ см}^3$ , в) порции кислорода объемом  $7 \text{ м}^3$ .

**1-8.** Пользуясь справочными таблицами, рассчитайте объем а) серебряной статуэтки массой  $210 \text{ г}$ , б) медной детали массой  $45 \text{ г}$ , в) порции ацетона массой  $40 \text{ г}$ .

**1-9.** Определите, какие явления относятся к физическим, а какие — к химическим:

а) замерзание воды;

б) горение ацетона;

в) испарение ацетона;

г) образование зеленого налета на медных предметах;

д) измельчение кристаллов сахара;

е) прохождение тока по проводам;

ж) получение стали из руды;

з) брожение смесей, содержащих сахар.

Какие признаки перечисленных химических явлений мы можем наблюдать?

**1-10.** Определите, какие явления относятся к физическим, а какие — к химическим:

а) свечение нити в лампе накаливания;

б) гниение пищевых продуктов;

в) образование тумана;

г) изменение формы изделия из пластилина, если его мять в руках;

д) горение природного газа;

е) кипение воды;

ж) ржавление железа;

з) диффузия.

Какие признаки химических явлений мы можем наблюдать?

- 1-11. Какие из перечисленных явлений относят к физическим, а какие — к химическим: а) спекание кирпича из глины, б) перегонка воды, в) получение кислорода из воздуха, г) образование инея, д) процесс фотосинтеза?
- 1-12. Докажите, что работа автомобильного двигателя связана с химическими процессами.
- 1-13. Какие признаки химических явлений можно наблюдать а) при горении бенгальских огней, б) при взрыве петарды?
- 1-14. Приведите примеры химических явлений, используемых в домашних условиях.

## 1.2. Атомы и молекулы. Химические элементы.

### Формы существования элементов. Химические формулы

**Атом** — мельчайшая частица химического элемента, являющаяся носителем его свойств. Состоит из положительно заряженного ядра и отрицательно заряженных электронов.

**Молекула** — наименьшая частица веществ молекулярного строения. Молекулы образованы атомами, химически связанными друг с другом в определенном порядке.

**Химический элемент** — вид атомов с одинаковым зарядом ядра.

**Простое вещество** — вещество, образованное атомами одного химического элемента.

**Сложное вещество** — вещество, образованное атомами разных химических элементов.

**Химическая формула** — условная запись состава вещества посредством символов элементов и индексов.

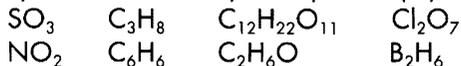
#### Вопросы и задания

- 1-15. Приведите примеры веществ, состоящих из молекул, и веществ, которые не состоят из молекул.
- 1-16. Из данного перечня выберите вещества молекулярного строения и вещества немолекулярного строения: вода, углекислый газ, кислород, медь, поваренная соль, водород, кварц.
- 1-17. Из данного перечня выберите свойства, присущие отдельным атомам и молекулам, и свойства, присущие веществу: размер, заряд, агрегатное состояние, цвет, запах, вкус, плотность, масса, температура плавления, твердость. Ответ обоснуйте.
- 1-18. Сейчас известно приблизительно 110 различных химических элементов, тогда как простых веществ — более 400. Почему простых веществ больше, чем элементов?
- 1-19. Перечислите семь простых веществ, молекулы которых состоят из двух атомов.

- 1-20.** Из перечня следующих веществ выберите простые: кислород, вода, углекислый газ, азот, хлор, хлорид натрия, озон.
- 1-21.** Вставьте пропущенные слова «атом» или «молекула» (в нужном числе и падеже):
- а) химический элемент — это вид ...;
  - б) ... простых веществ образованы ... одного химического элемента;
  - в) оксид кремния образован ... кремния и ... кислорода;
  - г) ... воды образованы ... водорода и ... кислорода;
  - д) при разложении воды электрическим током ... воды распадаются, в результате реакции образуются ... водорода и ... кислорода.
- 1-22.** Из следующих высказываний выберите те, в которых говорится о химическом элементе, и те, в которых говорится о простом веществе:
- а) атомы водорода;
  - б) кислород для дыхания;
  - в) кислород в составе воздуха;
  - г) горение магния;
  - д) хлор — газ зеленого цвета;
  - е) круговорот азота в природе;
  - ж) молекулы водорода;
  - з) кислород в составе воды;
  - и) кислород, растворенный в воде;
  - к) ржавление железа;
  - л) хлор в составе поваренной соли;
  - м) жидкий азот.
- 1-23.** В каких случаях речь идет о ртути — химическом элементе, а в каких — о простом веществе: а) из разбитого термометра вылилась ртуть; б) ртуть входит в состав оксида ртути; в) в воздухе были обнаружены пары ртути; г) в состав сульфида ртути входит ртуть?
- 1-24.** Из приведенных формул выпишите формулы простых веществ:  
 $Zn$ ,  $HCl$ ,  $Cl_2$ ,  $CaCO_3$ ,  $SO_2$ ,  $O_2$ ,  $O_3$ ,  $ZnO$ .
- 1-25.** Из перечня формул выберите формулы сложных веществ:  
 $NaCl$ ,  $K_2CO_3$ ,  $O_2$ ,  $MgO$ ,  $Cu$ ,  $S_8$ ,  $Fe_2O_3$ ,  $FeSO_4$ ,  $K$ ,  $Na_2SiO_3$ .
- 1-26.** Объясните, что означают записи:  
 $NH_3$ ,  $CH_4$ ,  $HNO_3$ ,  $H_2SO_4$ ,  $C_6H_{12}O_6$ .
- 1-27.** Объясните, что означают записи:  
 $4Fe$ ,  $5H_2O$ ,  $2O$ ,  $O_2$ ,  $O_3$ ,  $2O_3$ ,  $6O$ ,  $3O_2$ .
- 1-28.** Объясните, что означают записи:  
 $3Cu$ ,  $4CO_2$ ,  $2N$ ,  $N_2$ ,  $5N_2$ ,  $10N$ ,  $2N_2O_5$ .
- 1-29.** Запишите химические формулы веществ, если известно, что их молекулы образованы а) двумя атомами углерода и шестью атомами водорода; б) двумя атомами фосфора и пятью атомами кислорода; в) атомом углерода и четырьмя атомами фтора; г) тремя атомами водорода, атомом фосфора и четырьмя атомами кислорода.

**1-30.** Запишите химические формулы веществ, если известно, что их молекулы состоят: а) из двух атомов азота и одного атома кислорода; б) из трех атомов углерода и восьми атомов водорода; в) из двух атомов хлора и семи атомов кислорода; г) из четырех атомов водорода, двух атомов фосфора и семи атомов кислорода.

**1-31.** Определите, сколько атомов каждого из элементов содержится в молекулах, состав которых выражен формулами:



### 1.3. Относительная атомная масса. Относительная молекулярная масса

**Относительная атомная масса ( $A_r$ )** – это отношение средней массы атома данного элемента при его природном изотопном составе к одной атомной единице массы (1 а.е.м.). Величина безразмерная. В наших расчетах относительные атомные массы элементов будем округлять до целых чисел и только относительную атомную массу хлора примем равной 35,5.

**Относительная молекулярная масса ( $M_r$ )** – это отношение массы молекулы данного вещества к 1 а.е.м. Величина безразмерная. Для немолекулярных веществ понятие «относительная молекулярная масса» употребляется условно.

**Пример.** Вычислите относительную молекулярную массу следующих соединений: а)  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , б)  $(\text{CH}_3)_2\text{CO}$ , в)  $\text{CH}_3\text{COOH}$ .

*Решение.* а) Находим в периодической системе относительные атомные массы соответствующих элементов, округляя их до целых чисел:  $A_r(\text{H}) = 1$ ,  $A_r(\text{S}) = 32$ ,  $A_r(\text{O}) = 16$ . Сложим полученные числа с учетом числа атомов в молекуле  $\text{H}_2\text{SO}_4$ :

$$M_r(\text{H}_2\text{SO}_4) = 2A_r(\text{H}) + A_r(\text{S}) + 4A_r(\text{O}) = 2 \cdot 1 + 32 + 4 \cdot 16 = 98.$$

б) В случае  $(\text{CH}_3)_2\text{CO}$  учитываем, что в молекуле данного вещества две группы атомов  $\text{CH}_3$ ; следовательно, молекула такого соединения образована тремя атомами С, шестью атомами Н и одним атомом О. Получаем:

$$M_r[(\text{CH}_3)_2\text{CO}] = 3 \cdot 12 + 6 \cdot 1 + 16 = 58.$$

в) Обратите внимание, что в последней формуле символы элементов записаны «вразброс»; не забудьте подсчитать общее число атомов одного элемента. Получаем:

$$M_r(\text{CH}_3\text{COOH}) = 2 \cdot 12 + 4 \cdot 1 + 2 \cdot 16 = 60.$$

#### Вопросы и задания

**1-32.** Найдите в периодической системе и запишите, используя принятые обозначения, относительные атомные массы следующих элементов:

Li, Mg, Al, S, Cl, Ca.

- 1-33. Вычислите относительные молекулярные массы следующих соединений:  
 а)  $\text{CH}_4$ , б)  $\text{CO}_2$ , в)  $\text{C}_3\text{H}_8$ , г)  $\text{P}_2\text{O}_5$ .
- 1-34. Вычислите относительные молекулярные массы соединений:  
 а)  $\text{SO}_2$ , б)  $\text{SO}_3$ , в)  $\text{SCl}_2$ , г)  $\text{SF}_6$ .
- 1-35\*. Вычислите относительные молекулярные массы следующих веществ:  
 а)  $\text{FeO}$ , б)  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , в)  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ , г)  $\text{FeS}_2$ .
- 1-36\*. Вычислите относительные молекулярные массы следующих веществ:  
 а)  $\text{AlCl}_3$ , б)  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , в)  $\text{Al}_4\text{C}_3$ , г)  $\text{AlPO}_4$ .
- 1-37. Вычислите относительные молекулярные массы соединений:  
 а)  $\text{HCN}$ , б)  $\text{HNO}_3$ , в)  $\text{HClO}_4$ , г)  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ , д)  $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_2\text{COOH}$ .
- 1-38. Вычислите относительные молекулярные массы следующих соединений:  
 $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ,  $\text{Cu}(\text{OH})_2$ .
- 1-39\*. Вычислите относительные молекулярные массы следующих соединений:  
 а)  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ ; б)  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ ; в)  $\text{Ba}_3(\text{PO}_4)_2$ .

## 1.4. Вычисление массовой доли элемента. Вывод формулы вещества

**Массовая доля элемента в соединении**  $[w(\text{Э})]$  показывает, какова доля данного элемента в общей массе соединения.

$$w(\text{Э}) = \frac{k \cdot A_r(\text{Э})}{M_r} \quad (1)$$

$w$  — массовая доля элемента (Э);  $k$  — число атомов элемента Э в молекуле (в формульной единице).

**Пример 1.** Вычислим массовые доли элементов в ацетоне  $(\text{CH}_3)_2\text{CO}$ .

*Решение.* Сначала найдем относительную молекулярную массу соединения:

$$M_r[(\text{CH}_3)_2\text{CO}] = 2 \cdot (12 + 3 \cdot 1) + 12 + 16 = 58.$$

Находим массовую долю углерода. Для этого относительную атомную массу углерода (12) умножим на 3 (три атома углерода в молекуле) и поделим на относительную молекулярную массу. Получим примерно 0,621, или 62,1%.

Аналогично находим массовые доли остальных элементов:

$$w(\text{H}) = \frac{1 \cdot 6}{58} \approx 0,103, \text{ или } 10,3\%;$$

$$w(\text{O}) = \frac{16 \cdot 1}{58} \approx 0,276, \text{ или } 27,6\%.$$

В сумме массовые доли всех элементов должны составить 1, или 100%.

\* В данных задачах приведены только немолекулярные вещества, для которых понятие «относительная молекулярная масса» употреблено условно.

**Пример 2.** В некотором соединении массовая доля азота составляет 30,4%, кислорода — 69,6 %. Выведите простейшую формулу соединения.

*Решение.* Пусть  $x$  — число атомов азота,  $y$  — число атомов кислорода в данном соединении. Тогда формула вещества будет  $N_xO_y$ . Преобразовав формулу (1), получим:

$$x = \frac{M_r(N_xO_y) \cdot w(N)}{A_r(N)}; \quad y = \frac{M_r(N_xO_y) \cdot w(O)}{A_r(O)}$$

В данном случае недостает лишь относительной молекулярной массы. Нам достаточно выявить простейшее соотношение элементов  $x : y$ .

$$x : y = \frac{M_r(N_xO_y) \cdot w(N)}{A_r(N)} : \frac{M_r(N_xO_y) \cdot w(O)}{A_r(O)}$$

$$x : y = \frac{\cancel{M_r(N_xO_y)} \cdot w(N)}{A_r(N)} \cdot \frac{A_r(O)}{\cancel{M_r(N_xO_y)} \cdot w(O)}$$

$$x : y = \frac{w(N)}{A_r(N)} : \frac{w(O)}{A_r(O)}$$

Подставляя данные, получаем соотношение:

$$x : y = \frac{0,304}{14} : \frac{0,696}{16}$$

Таким образом,  $x : y = 0,0217 : 0,0435$ .

Чтобы упростить это соотношение, разделим оба числа (0,0217 и 0,0435) на наименьшее из них (на 0,0217). Получим:

$$x : y = 1 : 2$$

*Ответ:* формула искомого вещества —  $NO_2$ .

### Вопросы и задания

- 1-40.** Вычислите массовые доли элементов в следующих соединениях:  
а)  $Al_2O_3$ , б)  $P_2S_5$ , в)  $Fe_3O_4$ , г)  $Al_4C_3$ .
- 1-41.** Вычислите массовые доли элементов в следующих соединениях:  
а)  $FeS_2$ , б)  $Ag_2O$ , в)  $CuCl_2$ , г)  $Ca_3N_2$ .
- 1-42.** Вычислите массовые доли элементов в следующих соединениях:  
а)  $CaCO_3$ , б)  $CuSO_4$ , в)  $C_7H_{16}$ , г)  $C_5H_8O_2$ .
- 1-43.** В каком из соединений массовая доля кислорода больше:  
а)  $FeO$ ,  $Fe_3O_4$ ,  $Fe_2O_3$ ; б)  $Fe_2O_3$ ,  $Al_2O_3$ ,  $B_2O_3$ ?
- 1-44.** Вычислите массовые доли элементов в следующих соединениях:  
а)  $H_3PO_4$ , б)  $Na_2SiO_3$ , в)  $BaSO_4$ , г)  $KClO_3$ .
- 1-45.** Вычислите массовые доли элементов в следующих соединениях:  
а)  $Mg(NO_3)_2$ , б)  $Al_2(SO_4)_3$ , в)  $Ca_3(PO_4)_2$ .

- 1-46. Выведите простейшую формулу соединения, в котором массовая доля хрома составляет 68,42%, а массовая доля кислорода — 31,58%.
- 1-47. Выведите простейшую формулу соединения, в котором массовая доля фосфора составляет 43,66%, а массовая доля кислорода — 56,34%.
- 1-48. Выведите простейшую формулу соединения, в котором массовая доля калия составляет 26,53%, хрома — 35,37%, кислорода — 38,1%.
- 1-49. В некотором соединении массовые доли азота, водорода и кислорода соответственно равны 35%, 5% и 60%. Выведите простейшую формулу этого соединения.
- 1-50. Составьте простейшую формулу соединения, в котором массовые доли элементов приближенно равны: углерода — 25,4%, водорода — 3,17%, кислорода — 33,86%, хлора — 37,57%.
- 1-51. Назовите два вещества, в каждом из которых массовая доля элемента кислорода составляет 100%.

## 1.5. Знакомство с периодической системой химических элементов Д.И. Менделеева

**Периодическая система химических элементов** — это графическое выражение периодического закона Д.И. Менделеева.

**Период** — это последовательность элементов, в котором атомная масса постепенно возрастает, а свойства элементов изменяются от металлических к неметаллическим. Период начинается с типичного металла (кроме первого периода), заканчивается типичным неметаллом\*. В периодической системе периоды располагают горизонтально, а группы — вертикально.

**Группа** — это совокупность элементов со сходными химическими свойствами. В периодической системе группы располагают вертикально\*.

Каждая группа делится на главную и побочную подгруппы.

### Вопросы и задания

- 1-52. В каком периоде находится каждый из элементов:
- |             |              |             |           |
|-------------|--------------|-------------|-----------|
| а) кремний; | в) мышьяк;   | д) иод;     | ж) церий; |
| б) азот;    | г) марганец; | е) серебро; | з) радий? |
- 1-53. В каких группах находятся элементы:
- |              |           |             |             |
|--------------|-----------|-------------|-------------|
| а) сера;     | в) титан; | д) железо;  | ж) медь;    |
| б) алюминий; | г) иод;   | е) платина; | з) водород? |
- 1-54. Выпишите символы и номера следующих элементов:
- |                             |                            |
|-----------------------------|----------------------------|
| а) фосфор, кислород, калий; | в) барий, марганец, бром;  |
| б) никель, кальций, хром;   | г) цинк, магний, стронций. |

---

\* Данным определением можно пользоваться только на первом этапе знакомства с периодической системой химических элементов. Более точное определение дано в главе 6.

- 1-55.** Символы каких элементов записаны ниже? Укажите номер каждого из элементов.  
а) Li, Na, K; б) Ca, Sr, Ba; в) F, Cl, Br, I; г) Cu, Ag, Au.
- 1-56.** Укажите, в каком периоде и в какой группе находятся элементы, имеющие номера: 6, 9, 13, 23, 34, 38, 46, 48, 57, 58. Назовите эти элементы и запишите их символы.
- 1-57.** Укажите, в какой подгруппе (главной или побочной) находятся элементы:  
а) азот, теллур, молибден, серебро;  
б) мышьяк, натрий, гелий, железо.
- 1-58.** Опишите положение следующих элементов в периодической системе (номер элемента, период, группа, подгруппа): бор, бром, цинк, олово.
- 1-59.** Найдите элемент по его положению в периодической системе и запишите его символ:  
а) элемент 2-го периода, VI группы;  
б) элемент 3-го периода, II группы;  
в) элемент 4-го периода, V группы, побочной подгруппы;  
г) элемент 6-го периода, II группы, побочной подгруппы;  
д) элемент 5-го периода, III группы, главной подгруппы.
- 1-60.** Как изменяются металлические свойства элементов в последовательности от элемента № 12 к элементу № 17?
- 1-61.** Укажите положение типичных неметаллических элементов в периодической системе.
- 1-62.** Какой период состоит только из элементов-неметаллов?
- 1-63.** В каком периоде больше всего металлов?
- 1-64.** Найдите в периодической системе группу, в которой нет элементов-неметаллов.
- 1-65.** Существуют элементы, названные в честь некоторых стран. Найдите как можно больше таких элементов и выпишите их символы. Укажите их положение в периодической системе.
- 1-66.** Некоторые элементы названы в честь великих ученых. Найдите эти элементы в периодической системе, выпишите их символы, укажите их номера, а также номер периода, в котором они находятся.
- 1-67.** Какие элементы названы в честь героев мифов? Найдите эти элементы в периодической системе и выпишите их символы. Укажите номера этих элементов.
- 1-68.** Найдите в периодической системе элементы, названия которых происходят от названий небесных тел. Выпишите символы таких элементов, укажите номер периода, в котором находятся эти элементы.

## 1.6. Валентность химических элементов

**Валентность** – способность атома присоединять или замещать определенное число других атомов или атомных групп с образованием химической связи (см. с. 81).

Количественной мерой валентности атома элемента является число атомов водорода или кислорода (эти элементы принято считать одновалентными или двухвалентными), которые элемент присоединяет, образуя соединение с водородом или с кислородом.

В большинстве соединений:

элементы H, Li, Na, K, Rb, Cs, Ag, F одновалентны;

элементы O, Be, Mg, Ca, Sr, Ba, Ra, Zn, Cd двухвалентны;

элементы B, Al трехвалентны.

**Пример 1.** По данным формулам определите валентности элементов:

$\text{FeO}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CrO}_3$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{AlCl}_3$ .

*Решение.* В каждом соединении отмечаем валентность того элемента, у которого она постоянна:

$\overset{\text{II}}{\text{Fe}}\text{O}$ ,  $\overset{\text{II}}{\text{Fe}}_2\overset{\text{II}}{\text{O}}_3$ ,  $\overset{\text{VI}}{\text{Cr}}\overset{\text{II}}{\text{O}}_3$ ,  $\overset{\text{I}}{\text{N}}\overset{\text{III}}{\text{H}}_3$ ,  $\overset{\text{III}}{\text{Al}}\overset{\text{I}}{\text{Cl}}_3$ .

Находим и записываем над формулами общее число валентностей, которые образуют атомы в этом соединении:

2      6      6      3      3 — Общее число валентностей

$\overset{\text{II}}{\text{Fe}}\text{O}$ ,  $\overset{\text{II}}{\text{Fe}}_2\overset{\text{II}}{\text{O}}_3$ ,  $\overset{\text{VI}}{\text{Cr}}\overset{\text{II}}{\text{O}}_3$ ,  $\overset{\text{I}}{\text{N}}\overset{\text{III}}{\text{H}}_3$ ,  $\overset{\text{III}}{\text{Al}}\overset{\text{I}}{\text{Cl}}_3$ .

Вычисляем и надписываем в каждой формуле валентность другого элемента. Для этого общее число валентностей делим на индекс этого элемента (если он не обозначен, то равен единице):

$\overset{\text{II}}{\text{Fe}}\overset{\text{II}}{\text{O}}$ ,  $\overset{\text{II}}{\text{Fe}}_2\overset{\text{II}}{\text{O}}_3$ ,  $\overset{\text{VI}}{\text{Cr}}\overset{\text{II}}{\text{O}}_3$ ,  $\overset{\text{III}}{\text{N}}\overset{\text{I}}{\text{H}}_3$ ,  $\overset{\text{III}}{\text{Al}}\overset{\text{I}}{\text{Cl}}_3$ .

**Пример 2.** Составить формулы соединений по валентности элементов:

$\overset{\text{III}}{\text{Fe}}\overset{\text{I}}{\text{O}}$ ,  $\overset{\text{I}}{\text{N}}\overset{\text{IV}}{\text{O}}$ ,  $\overset{\text{IV}}{\text{N}}\overset{\text{II}}{\text{O}}$ .

*Решение.* Находим наименьшее общее кратное чисел, выражающих валентность обоих элементов:

6      2      4 — Наименьшее общее кратное

$\overset{\text{III}}{\text{Fe}}\overset{\text{I}}{\text{O}}$ ,  $\overset{\text{I}}{\text{N}}\overset{\text{IV}}{\text{O}}$ ,  $\overset{\text{IV}}{\text{N}}\overset{\text{II}}{\text{O}}$ .

Делим наименьшее общее кратное на валентность соответствующего элемента. Получаем индексы (индекс 1 не пишем):  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{NO}_2$ .

### Вопросы и задания

**1-69.** Укажите валентности элементов в соединениях:

а)  $\text{CF}_4$ ,  $\text{V}_2\text{O}_5$ ,  $\text{ZnCl}_2$ ,  $\text{CuO}$ ,  $\text{Cu}_2\text{O}$ ,  $\text{Mg}_3\text{P}_2$ ;

б)  $\text{CaBr}_2$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{As}_2\text{O}_5$ ,  $\text{Al}_2\text{S}_3$ ,  $\text{Ba}_3\text{P}_2$ ,  $\text{FeO}$ ;

в)  $\text{NO}$ ,  $\text{N}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SO}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{S}$ ,  $\text{SF}_6$ ,  $\text{BBr}_3$ ;

г)  $\text{Na}_3\text{N}$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{BaCl}_2$ ,  $\text{Mg}_3\text{P}_2$ ,  $\text{PbO}_2$ ,  $\text{PbO}$ .

1-70. Составьте формулы веществ по валентностям элементов (если валентности не указаны над символом какого-либо элемента, то они постоянны для данного элемента):

а)  $\overset{\text{VI}}{\text{Mo}}\text{O}$ ,  $\overset{\text{II}}{\text{Sb}}\text{O}$ ,  $\overset{\text{V}}{\text{Mg}}\text{O}$ ,  $\overset{\text{II}}{\text{Cu}}\overset{\text{I}}{\text{Cl}}$ ,  $\overset{\text{I}}{\text{Cu}}\text{O}$ ;

б)  $\overset{\text{III}}{\text{Li}}\text{N}$ ,  $\overset{\text{IV}}{\text{S}}\text{O}$ ,  $\overset{\text{V}}{\text{P}}\text{O}$ ,  $\overset{\text{VII}}{\text{Cl}}\text{O}$ ,  $\text{CaO}$ ;

в)  $\overset{\text{I}}{\text{Ba}}\text{I}$ ,  $\overset{\text{IV}}{\text{Mn}}\text{O}$ ,  $\overset{\text{II}}{\text{Ag}}\text{O}$ ,  $\overset{\text{III}}{\text{Fe}}\text{O}$ ,  $\text{PH}$ ;

г)  $\overset{\text{I}}{\text{Fe}}\text{Cl}$ ,  $\overset{\text{IV}}{\text{S}}\text{O}$ ,  $\overset{\text{VII}}{\text{Mn}}\text{O}$ ,  $\overset{\text{III}}{\text{Al}}\overset{\text{VI}}{\text{P}}$ ,  $\text{WO}$ .

1-71. Составьте формулы соединений элементов с постоянными валентностями: а) алюминия с кислородом, б) лития с кислородом, в) кислорода с фтором, г) цинка с кислородом, д) бора с фтором, е) цинка с фтором.

1-72. Приведен ряд формул соединений некоторых элементов с хлором:  $\text{PbCl}_2$ ,  $\text{AsCl}_3$ ,  $\text{SbCl}_5$ ,  $\text{SnCl}_4$ . Учитывая, что хлор в этих соединениях одновалентен, определите валентности элементов и составьте формулы их соединений с кислородом, в которых валентность этих элементов будет такая же, как и в соединениях с хлором.

1-73. Дан ряд формул некоторых элементов соединений с фтором:  $\text{CuF}_2$ ,  $\text{SF}_6$ ,  $\text{PF}_5$ ,  $\text{SiF}_4$ . Определите валентности элементов и составьте формулы их соединений с кислородом, в которых валентность этих элементов будет такая же, как и в соединениях с фтором.

1-74. Приведите примеры соединений элементов с кислородом, в которых эти элементы имеют валентности: а) II, IV, VI; б) I, III, V.

## 1.7. Количество вещества. Моль. Молярная масса

**Количество вещества** ( $n$ ) — величина, равная отношению числа частиц ( $N$ ) в данном веществе к постоянной Авогадро ( $N_A$ ). Единицей количества вещества является 1 моль.

**Моль** — количество вещества, в котором содержится столько структурных единиц (атомов или молекул), сколько атомов содержится в 12 г углерода\*.

**Постоянная Авогадро** ( $N_A$ ) =  $6,02 \cdot 10^{23}$  моль<sup>-1</sup> — число частиц, которое содержится в 1 моль любого вещества.

**Молярная масса** ( $M$ ) — величина, равная отношению массы вещества ( $m$ ) к количеству вещества ( $n$ ). Выражается в кг/моль или г/моль. Численно мо-

\* Более точно — в 12 г изотопа углерод-12,  $^{12}_6\text{C}$ .

лярная масса, выраженная в г/моль, совпадает с относительной молекулярной массой.

Формулы для расчетов:

$$n = \frac{m}{M} \quad (2)$$

$$n = \frac{N}{N_A} \quad (3)$$

$m$  – масса вещества;  $N$  – число частиц в данной порции вещества.

**Пример 1.** Определите массу серной кислоты количеством вещества 5 моль и число молекул, которое содержится в данной порции вещества.

*Решение.* Молярная масса вещества — это масса 1 моль вещества. Используя периодическую систему, находим молярную массу серной кислоты:

$$M(\text{H}_2\text{SO}_4) = 98 \text{ г/моль.}$$

Масса 5 моль в пять раз больше:

$$5 \text{ моль} \cdot 98 \text{ г/моль} = 490 \text{ г.}$$

Далее: в 1 моль любого вещества содержится  $6,02 \cdot 10^{23}$  частиц (число Авогадро).

В 5 моль — в пять раз больше, т.е.  $6,02 \cdot 10^{23} \cdot 5 = 30,1 \cdot 10^{23} = 3,01 \cdot 10^{24}$  частиц.

$$\text{Ответ: } m(\text{H}_2\text{SO}_4) = 490 \text{ г; } N(\text{H}_2\text{SO}_4) = 3,01 \cdot 10^{24}.$$

**Пример 2.** Вычислите количество вещества  $\text{H}_2\text{O}$ , содержащееся в воде массой 0,18 г. Рассчитайте число молекул, которое содержится в такой порции воды.

*Решение.* Для того чтобы рассчитать число молекул, сначала потребуется вычислить количество вещества воды. Молярная масса воды — 18 г/моль. Следовательно, в данной порции воды содержится

$$n(\text{H}_2\text{O}) = \frac{0,18 \text{ г}}{18 \text{ г/моль}} = 0,01 \text{ моль.}$$

Далее: известно, что в 1 моль любого вещества содержится  $6,02 \cdot 10^{23}$  структурных единиц (в данном случае — молекул).

В 0,01 моль воды содержится  $0,01 \cdot 6,02 \cdot 10^{23} = 6,02 \cdot 10^{21}$  молекул.

$$\text{Ответ: } n(\text{H}_2\text{O}) = 0,01 \text{ моль; } N(\text{H}_2\text{O}) = 6,02 \cdot 10^{21}.$$

**Пример 3.** Известно, что в кусочке металла массой 1,08 г содержится приблизительно  $2,41 \cdot 10^{22}$  атомов этого металла. Определите, какой это металл.

*Решение.* Известно, что 1 моль любого вещества содержит  $6,02 \cdot 10^{23}$  структурных единиц (атомов или молекул). Рассчитаем, в каком количестве вещества данного металла содержится в  $2,41 \cdot 10^{22}$  атомов.

$$n(\text{Me}) = \frac{2,41 \cdot 10^{22}}{6,02 \cdot 10^{23}} = 0,04 \text{ (моль)}.$$

Найдем атомную массу металла: 1,08 г этого металла составляет 0,04 моль, отсюда масса 1 моль этого металла равна:

$$M(\text{Me}) = \frac{1,08 \text{ г}}{0,04 \text{ моль}} = 27 \text{ г/моль}.$$

Такую молярную массу имеет алюминий.

*Ответ:* Al.

### Вопросы и задания

- 1-75.** Какую массу имеют порции веществ, соответствующие данному количеству вещества:
- а) 1 моль азота  $\text{N}_2$ ;
  - б) 0,5 моль углекислого газа  $\text{CO}_2$ ;
  - в) 2,5 моль карбоната кальция  $\text{CaCO}_3$ ;
  - г) 4 моль нитрата натрия  $\text{NaNO}_3$ ;
  - д) 0,1 моль дихромата калия  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ;
  - е) 10 моль сульфата алюминия  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ;
  - ж)  $a$  моль карбоната натрия  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ;
  - з)  $b$  моль хлорида серебра  $\text{AgCl}$ ?
- 1-76.** Какое количество вещества содержится:
- а) в 2,3 г натрия;
  - б) в 270 г алюминия;
  - в) в 168 г железа;
  - г) в 10 г водорода;
  - д) в 80 г кислорода;
  - е) в 160 г метана ( $\text{CH}_4$ );
  - ж) в 1170 г хлорида натрия (поваренной соли  $\text{NaCl}$ )?
- 1-77.** Определите, в какой порции вещества содержится больше атомов:
- а) в 5 моль свинца или в 5 моль цинка;
  - б) в 1 г серебра или в 1 г золота;
  - в) в 119 г олова или в 56 г железа;
  - г) в 48 г магния или в 69 г натрия;
  - д) в  $a$  моль фосфора или в  $a$  моль серы;
  - е) в  $a$  г меди или в  $a$  г железа.
- 1-78.** Определите, в какой порции вещества содержится больше молекул:
- а) в 8 моль углекислого газа  $\text{CO}_2$  или в 8 моль сернистого газа  $\text{SO}_2$ ;
  - б) в 3 моль кислорода  $\text{O}_2$  или в 2 моль озона  $\text{O}_3$ ;
  - в) в 132 г углекислого газа  $\text{CO}_2$  или в 80 г метана  $\text{CH}_4$ ;
  - г) в  $a$  г аммиака  $\text{NH}_3$  или в  $a$  г метана  $\text{CH}_4$ .
- 1-79.** Определите, в какой порции вещества содержится больше атомов кислорода:
- а) в 1 моль  $\text{O}_2$  или в 1 моль озона  $\text{O}_3$ ;
  - б) в 2 моль озона или в 3 моль кислорода.
- 1-80.** Известно, что 140 г некоторого металла содержат 2,5 моль атомов этого металла. Определите, какой это металл.

- 1-81.** Известно, что 5 моль двухатомных молекул некоторого неметалла имеют массу 140 г. О каком неметалле идет речь?
- 1-82.** В какой массе железа содержится столько же атомов, сколько их содержится в 256 г меди?
- 1-83.** В какой массе серебра содержится столько же атомов, сколько их содержится в 19,7 г золота?
- 1-84.** В какой массе воды содержится столько же молекул воды, сколько молекул содержится в 4,4 г углекислого газа  $\text{CO}_2$ ?
- 1-85.** Рассчитайте число молекул, которое содержится а) в 5 моль углекислого газа  $\text{CO}_2$ ; б) в 1 г водорода  $\text{H}_2$ ; в) в 45 г воды; г) в  $a$  г метана  $\text{CH}_4$ .
- 1-86.** Какую массу будут иметь:
- $6,02 \cdot 10^{23}$  молекул метана  $\text{CH}_4$ ;
  - $9,03 \cdot 10^{23}$  молекул углекислого газа  $\text{CO}_2$ ;
  - $1,806 \cdot 10^{24}$  молекул сернистого газа  $\text{SO}_2$ ;
  - $6,02 \cdot 10^{24}$  молекул хлороводорода  $\text{HCl}$ ;
  - $3,01 \cdot 10^{24}$  молекул кислорода;
  - $3,01 \cdot 10^{21}$  молекул оксида азота(IV) —  $\text{NO}_2$ ;
  - $a$  молекул озона  $\text{O}_3$ ?
- 1-87.** Сравните, в какой порции вещества содержится больше молекул:
- в 90 г воды или в 128 г кислорода;
  - в 5 моль углекислого газа или в 90 г воды;
  - $36 \text{ см}^3$  воды или в 3 моль водорода.
- 1-88.** В каком количестве вещества бензола  $\text{C}_6\text{H}_6$  содержится а) 18 моль атомов углерода; б) 3 моль атомов водорода?
- 1-89.** В каком количестве вещества сульфата натрия  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  содержится а) 0,4 моль атомов натрия; б) 12 моль атомов кислорода; в) 0,25 моль атомов кислорода?
- 1-90.** В каком количестве вещества тиосульфата натрия  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  содержится а) 21 моль атомов кислорода; б) 6 моль атомов серы; в) 9 моль атомов натрия?
- 1-91.** Заполните таблицу.

Вещество	Формула	Число частиц $N$	Масса $m$ , г	Молярная масса $M$ , г/моль	Количество вещества $n$ , моль	Плотность $\rho$ , г/см <sup>3</sup>	Объем $V$ , см <sup>3</sup>
<i>Первый вариант</i>							
Алюминий	?	?	13,5	?	?	2,7	?
Олово	?	?	?	?	0,73	7,3	?
Свинец	?	$3,01 \cdot 10^{23}$	?	?	?	11,4	?
Железо	?	?	?	?	?	7,9	44,24

Вещество	Формула	Число частиц $N$	Масса $m$ , г	Молярная масса $M$ , г/моль	Количество вещества $n$ , моль	Плотность $\rho$ , г/см <sup>3</sup>	Объем $V$ , см <sup>3</sup>
<b>Второй вариант</b>							
Медь	?	?	?	?	3	9,0	?
Серебро	?	$1,505 \cdot 10^{24}$	?	?	?	10,5	?
Золото	?	?	380,21	?	?	19,3	?
Платина	?	?	?	?	?	21,5	19,5
<b>Третий вариант</b>							
?	H <sub>2</sub> O	?	?	?	5	1,0	?
Этиловый спирт	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH	?	92	?	?	0,8	?
Бензол	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	$6,02 \cdot 10^{22}$	?	?	?	0,8	?
Ацетон	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O	?	?	?	?	0,8	46,4

**1-92.** В лаборатории имеются образцы различных металлов одинакового объема. Расположите эти образцы по возрастанию числа атомов, содержащихся в образце. Металлы: железо, медь, цинк, алюминий. Плотность этих металлов: железо —  $7,87 \text{ г/см}^3$ ; медь —  $8,96 \text{ г/см}^3$ ; цинк —  $7,13 \text{ г/см}^3$ ; алюминий —  $2,70 \text{ г/см}^3$ .

## Решения

**Задача 1-46.** В 100 г такого соединения содержится 68,42 г хрома (как элемента) и 31,58 г кислорода (как элемента). Вычислим, какое число атомов того и другого элемента содержится в 100 г соединения. Молярные массы хрома и кислорода соответственно равны 52 г/моль и 16 г/моль. Расчет:

$$n(\text{Cr}) = \frac{68,42 \text{ г}}{52 \text{ г/моль}} \approx 1,32 \text{ моль};$$

$$n(\text{O}) = \frac{31,58 \text{ г}}{16 \text{ г/моль}} \approx 1,97 \text{ моль}.$$

Таким образом, на 1,32 моль атомов хрома приходится 1,97 моль атомов кислорода. Выберем элемент, количество вещества которого наименьшее, и определим, какое количество вещества другого элемента приходится на 1 моль выбранного элемента.

В данном случае рассчитаем, сколько атомов кислорода приходится на 1 моль хрома. Вычисляем:  $1,97 / 1,32 \approx 1,5$ , т.е. на 1 моль атомов хрома приходится 1,5 моль атомов кислорода. Но сказать, что на 1 атом хрома приходится 1,5 атома кислорода, нельзя, так как выражение «1,5 атома» не имеет смысла. Для того чтобы выразить соотношение в целых числах, умножим 1 и 1,5 на 2; получим соотношение 2 : 3. Таким образом, на каждые два атома хрома в этом соединении приходится три атома кислорода.

*Ответ:* формула соединения  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ , оксид хрома(III).

**Задача 1-81.** Обозначим неметалл-элемент «X», а неметалл — простое вещество « $\text{X}_2$ », так как в условии задачи сказано, что молекула неметалла двухатомна. Масса некоторого неметалла количеством вещества 5 моль составляет 140 г. Тогда его молярная масса равна:

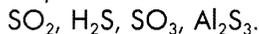
$$M(\text{X}_2) = 140 \text{ г} / 5 \text{ моль} = 28 \text{ г/моль}.$$

Атомная масса данного неметалла в два раза меньше, так как молекулы неметалла состоят из двух атомов:  $28 / 2 = 14$ . В периодической системе находим элемент с такой атомной массой — это азот.

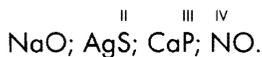
## Контрольная работа по теме «Первоначальные химические понятия»

### Вариант 1

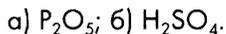
1. Определите валентность серы в следующих соединениях:



2. Составьте формулы соединений по валентности. Валентность элементов, у которых она постоянна, не обозначена.



3. Вычислите относительные молекулярные массы следующих соединений:



4. Вычислите массовые доли элементов в соединении  $\text{P}_2\text{O}_5$ .

5. Вычислите, какое количество вещества содержится

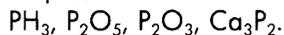
а) в навеске алюминия массой 270 г, б) в порции молекулярного кислорода массой 6,4 г.

6. Какова масса 5 моль воды  $\text{H}_2\text{O}$ ?

7. Чем отличаются сложные вещества от простых? Приведите примеры. Почему вода не является простым веществом? Как это можно доказать?

### Вариант 2

1. Определите валентность фосфора в следующих соединениях:



2. Составьте формулы соединений по валентности. Валентность элементов, у которых она постоянна, не обозначена.



3. Вычислите относительные молекулярные массы соединений:

а)  $\text{C}_3\text{H}_8$ ; б)  $\text{H}_3\text{PO}_4$ .

4. Вычислите массовые доли элементов в соединении  $\text{C}_3\text{H}_8$ .

5. Вычислите, какое количество вещества содержится

а) в навеске меди массой 6,4 г, б) в порции молекулярного водорода массой 10 г.

6. Какова масса 3 моль углекислого газа  $\text{CO}_2$ ?

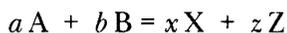
7. Что такое химические явления? Приведите примеры. Почему изменение агрегатного состояния вещества не является химической реакцией?

**Химические реакции (химические явления)** – процессы превращения одних веществ в другие.

## 2.1. Составление уравнений химических реакций

Стехиометрические соотношения – соотношения между количествами вступающих в реакцию реагентов и образующихся в результате реакции продуктов реакции.

Если  $a$  моль вещества **A** реагирует с  $b$  моль вещества **B**, а в результате реакции образуется  $x$  моль вещества **X** и  $z$  моль вещества **Z**, то уравнение



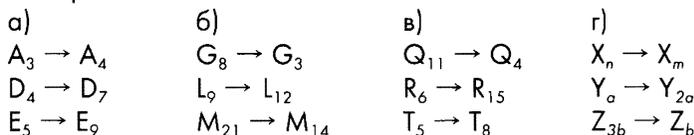
называется химическим уравнением данной реакции, а числа  $a$ ,  $b$ ,  $x$ ,  $z$  называются **стехиометрическими коэффициентами**.

### Вопросы и задания

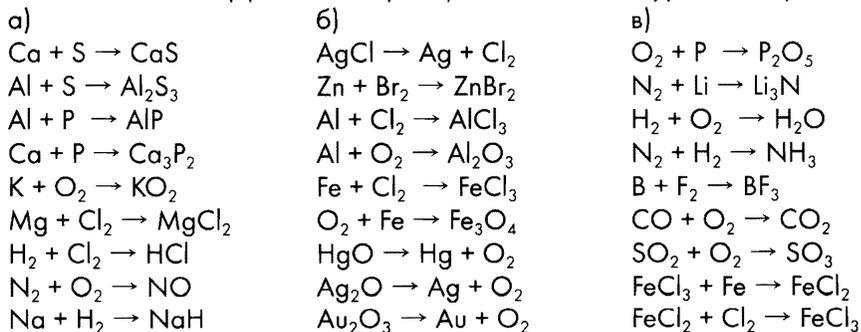
**2-1.** Расставьте коэффициенты, преобразовав схемы в уравнения реакций:



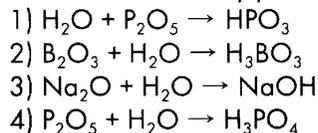
**2-2.** Расставьте коэффициенты, преобразовав схемы в уравнения «придуманных» реакций:



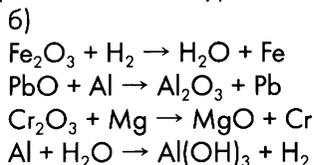
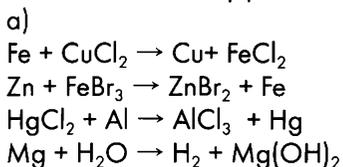
**2-3.** Расставьте коэффициенты, преобразовав схемы в уравнения реакций:



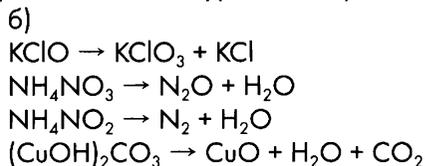
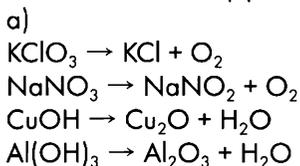
**2-4.** Расставьте коэффициенты, преобразовав схемы в уравнения реакций:



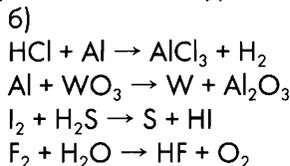
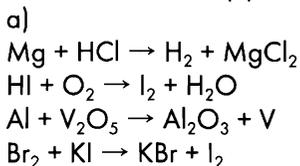
**2-5.** Расставьте коэффициенты, преобразовав схемы в уравнения реакций:



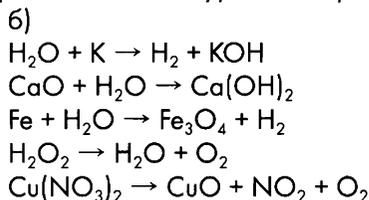
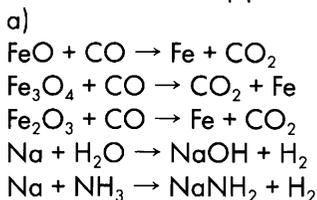
**2-6.** Расставьте коэффициенты, преобразовав схемы в уравнения реакций:



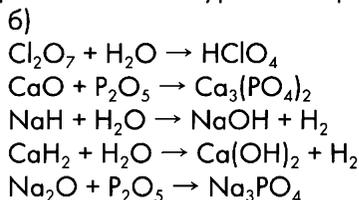
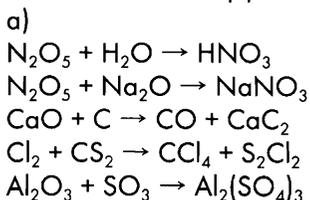
**2-7.** Расставьте коэффициенты, преобразовав схемы в уравнения реакций:



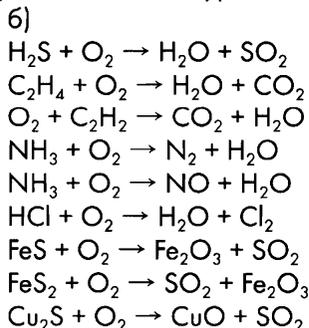
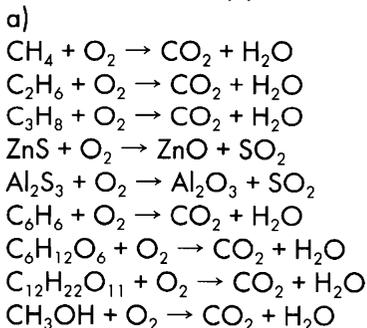
**2-8.** Расставьте коэффициенты, преобразовав схемы в уравнения реакций:



**2-9.** Расставьте коэффициенты, преобразовав схемы в уравнения реакций:

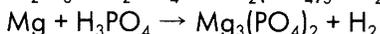
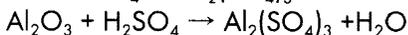
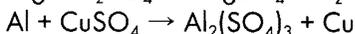


**2-10.** Расставьте коэффициенты, преобразовав схемы в уравнения реакций:

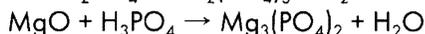
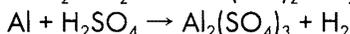
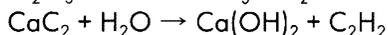
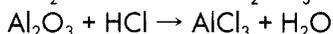
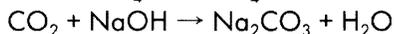
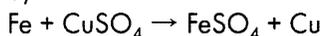


**2-11.** Расставьте коэффициенты, преобразовав схемы в уравнения реакций:

а)

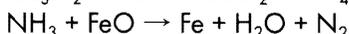
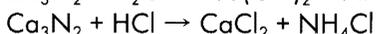
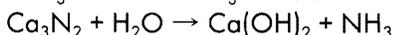
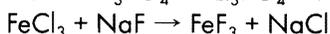
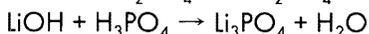
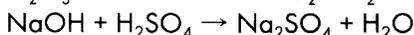
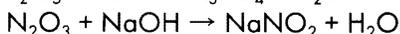
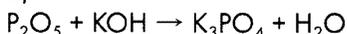


б)

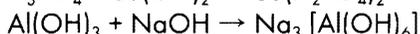
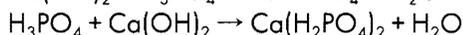
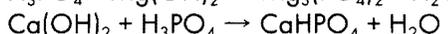
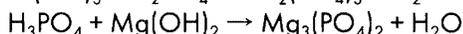
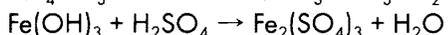
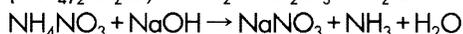


**2-12.** Расставьте коэффициенты, преобразовав схемы в уравнения реакций:

а)



б)



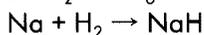
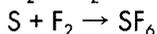
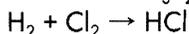
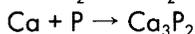
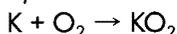
## 2.2. Типы химических реакций

Типы реакций	Примеры
<b>Реакции соединения</b> – реакции, в ходе которых из нескольких простых или сложных веществ образуется сложное вещество	$\text{H}_2 + \text{Cl}_2 \xrightarrow{h\nu} 2\text{HCl}$ $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} = \text{Ca}(\text{OH})_2$
<b>Реакции разложения</b> – реакции, в ходе которых из сложного вещества образуется несколько других простых или сложных веществ	$2\text{HgO} \xrightarrow{t} 2\text{Hg} + \text{O}_2\uparrow$ $\text{CaCO}_3 \xrightarrow{t} \text{CaO} + \text{CO}_2\uparrow$
<b>Реакции замещения</b> – реакции, в ходе которых в результате взаимодействия простого и сложного веществ образуются другое простое и другое сложное вещества	$2\text{Al} + 3\text{CuCl}_2 = 2\text{AlCl}_3 + 3\text{Cu}$ $\text{CuO} + \text{H}_2 \xrightarrow{t} \text{Cu} + \text{H}_2\text{O}$
<b>Реакции обмена</b> – реакции, в ходе которых в результате взаимодействия двух сложных веществ образуются два других сложных вещества	$\text{NaCl} + \text{AgNO}_3 = \text{AgCl}\downarrow + \text{NaNO}_3$ $\text{NaOH} + \text{HCl} = \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$

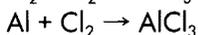
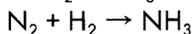
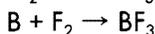
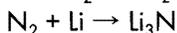
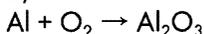
## Вопросы и задания

**2-13.** Расставьте коэффициенты (в тех случаях, где это необходимо), преобразовав схемы в уравнения реакций. Определите тип данных реакций.

а)



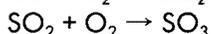
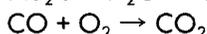
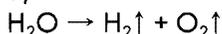
б)



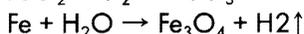
**2-14.** Расставьте коэффициенты, преобразовав схемы в уравнения реакций.

Укажите тип каждой реакции.

а)

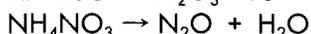
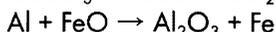


б)

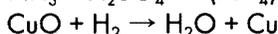
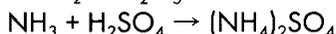
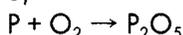


**2-15.** Определите типы реакций. Расставьте коэффициенты в тех случаях, когда это необходимо.

а)



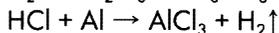
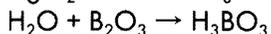
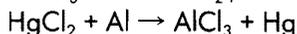
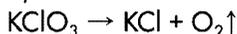
б)



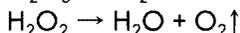
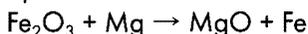
**2-16.** Расставьте коэффициенты, преобразовав схемы в уравнения реакций.

Укажите типы реакций.

а)



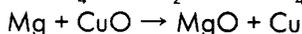
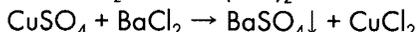
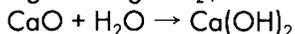
б)



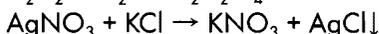
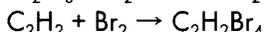
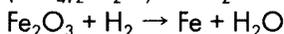
**2-17.** Расставьте коэффициенты, преобразовав схемы в уравнения реакций.

Укажите типы реакций.

а)



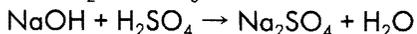
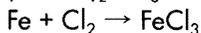
б)



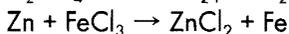
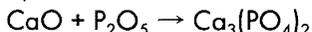
**2-18.** Расставьте коэффициенты, преобразовав схемы в уравнения реакций.

Укажите типы реакций.

а)



б)



**2-19.** Закончите уравнения реакций разложения, поставьте коэффициенты.



**2-20.** Закончите уравнения реакций соединения. Поставьте коэффициенты.



**2-21.** Закончите уравнения реакций замещения. Поставьте коэффициенты.

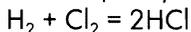


**2-22.** Приведите примеры реакций соединения, в результате которых образуются следующие вещества: а)  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ; б)  $\text{FeS}$ ; в)  $\text{FeCl}_3$ ; г)  $\text{FeI}_2$ .

**2-23.** Приведите примеры реакций соединения, в результате которых образуются следующие вещества: а)  $\text{CuO}$ ; б)  $\text{CuS}$ ; в)  $\text{CuCl}_2$ ; г)  $\text{CuBr}_2$ .

**2-24.** Приведите примеры реакций соединения, в результате которых образуются следующие вещества: а)  $\text{CO}_2$ ; б)  $\text{SO}_2$ ; в)  $\text{P}_2\text{O}_5$ ; г)  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ .

**2-25.** На примере реакции взаимодействия водорода и хлора



раскройте сущность данного процесса с позиций атомно-молекулярного учения.

## 2.3. Простейшие расчеты по уравнениям химических реакций

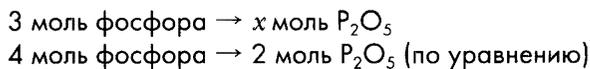
**Пример.** Вычислите массу оксида фосфора(V), который получится при сгорании 93 г фосфора. Вычислите массу кислорода, который потребуется для этой реакции.

*Решение.* Сначала найдем количество вещества фосфора:

$$n(\text{P}) = \frac{93 \text{ г}}{31 \text{ г/моль}} = 3 \text{ моль.}$$

Теперь запишем уравнение реакции:  $4\text{P} + 5\text{O}_2 = 2\text{P}_2\text{O}_5$ .

По уравнению реакции из 4 моль фосфора образуется 2 моль  $\text{P}_2\text{O}_5$ . А какое количество вещества  $\text{P}_2\text{O}_5$  образуется из 3 моль фосфора? Составим пропорцию:



$$\frac{3}{4} = \frac{x}{2}; \quad x = \frac{3 \cdot 2}{4} = 1,5.$$

Итак,  $x = 1,5$  моль. Следовательно,  $n(\text{P}_2\text{O}_5) = 1,5$  моль. Находим массу оксида фосфора(V):  $m(\text{P}_2\text{O}_5) = 142 \text{ г/моль} \cdot 1,5 \text{ моль} = 213 \text{ г}$ .

Аналогично вычислим количество вещества кислорода по уравнению реакции:

на 3 моль фосфора потребуется  $y$  моль кислорода,

на 4 моль фосфора потребуется 5 моль кислорода (по уравнению).

Составим и решим пропорцию:

$$\frac{3}{4} = \frac{y}{5}$$

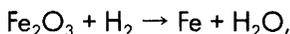
Получим:  $y = 3,75$  моль.

Находим массу кислорода:  $m(\text{O}_2) = 32 \text{ г/моль} \cdot 3,75 \text{ моль} = 120 \text{ г}$ .

Ответ:  $m(\text{P}_2\text{O}_5) = 213 \text{ г}$ ,  $m(\text{O}_2) = 120 \text{ г}$ .

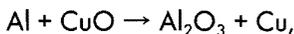
### Вопросы и задания

**2-26.** В реакцию, протекающую по схеме



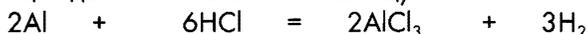
вступил водород количеством вещества 4,5 моль. Рассчитайте количества веществ — продуктов реакции. Какое количество вещества  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  может прореагировать с указанным количеством вещества водорода? (Не забудьте поставить коэффициенты в уравнении реакции.)

**2-27.** В реакцию, протекающую по схеме



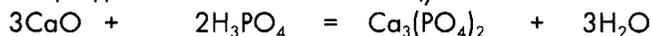
вступило 120 г оксида меди(II)  $\text{CuO}$ . Рассчитайте, какое количество вещества алюминия потребуется для этой реакции. Какое количество вещества меди и оксида алюминия образуется?

**2-28.** Найдите недостающие данные и заполните таблицу:



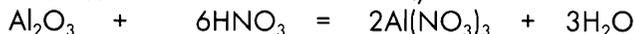
а	6 моль	? моль	? моль	? моль
б	? моль	0,12 моль	? моль	? моль
в	? моль	? моль	0,36 моль	? моль
г	? моль	? моль	? моль	5,1 моль

**2-29.** Найдите недостающие данные и заполните таблицу:



а	9 моль	? моль	? моль	? моль
б	? моль	0,14 моль	? моль	? моль
в	? моль	? моль	2,2 моль	? моль
г	? моль	? моль	? моль	15,9 моль

2-30. Найдите недостающие данные и заполните таблицу:



а	0,8 моль	? моль	? моль	? моль
б	? моль	18 моль	? моль	? моль
в	? моль	? моль	7,2 моль	? моль
г	0,24 моль	? моль	? моль	? моль

2-31. Вычислите массу оксида алюминия, который образуется при сгорании 135 г порошкообразного алюминия. Рассчитайте массу кислорода, который потребуется для этого.

2-32. Какую массу меди надо взять, чтобы получить 16 г оксида меди(II)? Какая масса кислорода потребуется для этой реакции?

2-33. Какую массу железа надо взять, чтобы получить 116 г железной окалины  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ? Какая масса кислорода будет израсходована в этой реакции?

2-34. Какую массу воды нужно подвергнуть разложению электрическим током, чтобы получить а) 1,6 г кислорода; б) 1,6 г водорода?

2-35. Какова масса оксида лития, образовавшегося при взаимодействии 35 г лития с кислородом?

2-36. Вычислите объем кислорода (н.у.), который потребуется для сжигания порошка магния массой 6 г.

2-37. При прокаливании 100 г карбоната кальция  $\text{CaCO}_3$  образовалось 56 г оксида кальция  $\text{CaO}$  и 22,4 л (н.у.) углекислого газа  $\text{CO}_2$ . Не противоречит ли это закону сохранения массы?

**Тепловой эффект химической реакции** — количество теплоты, которое выделяется или поглощается в результате реакции. Обозначается символом  $Q$ .

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

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

2-38. Тепловой эффект реакции образования сульфида меди(II)  $\text{CuS}$  составляет 48,53 кДж/моль. Какое количество теплоты выделится при образовании 144 г сульфида меди(II)?

2-39. Тепловой эффект образования хлороводорода составляет 92,05 кДж/моль. Вычислите количество теплоты, которое выделится при образовании 73 г хлороводорода.

2-40. Реакция получения хлороводорода протекает по уравнению:



Какое количество теплоты выделится, если в реакции будет участвовать 142 г хлора?

## Контрольная работа по теме «Химические реакции»

### Вариант 1

1. Преобразуйте схемы в уравнения реакций, укажите тип реакции.

- а)  $C + Al \rightarrow Al_4C_3$                       г)  $Fe_2O_3 + H_2 \rightarrow Fe + H_2O$   
б)  $P + O_2 \rightarrow P_2O_5$                       д)  $AgNO_3 + CaI_2 \rightarrow Ca(NO_3)_2 + AgI$   
в)  $KClO_3 \rightarrow KCl + O_2$

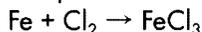
2. Закончите уравнения реакций

- а) соединения:  $Li + O_2 = ?$ ;  $Al + O_2 = ?$   
б) разложения:  $AgCl = ?$   
в) замещения:  $Al + CuO = ?$

При составлении формул сложных веществ не забудьте использовать знания о валентности элементов. Расставьте коэффициенты в уравнениях реакций.

3. Решите задачу.

Нагретый порошок железа сгорает в хлоре. В результате образуется хлорид железа(III)  $FeCl_3$ , который используется для травления плат в электротехнике. Сгоранию железа в хлоре соответствует схема реакции:



Преобразуйте данную схему в уравнение реакции. Рассчитайте массу железа, которая потребуется для получения 381 г хлорида железа(III).

4. Решите задачу.

Вычислите массу оксида алюминия, который образовался в результате сгорания 2,7 г порошка алюминия.

### Вариант 2

1. Преобразуйте схемы в уравнения реакций, укажите тип реакции.

- а)  $Al + S \rightarrow Al_2S_3$                       г)  $V_2O_5 + H_2 \rightarrow V + H_2O$   
б)  $B + O_2 \rightarrow B_2O_3$                       д)  $Al_2(SO_4)_3 + BaCl_2 \rightarrow BaSO_4 + AlCl_3$   
в)  $NaNO_3 \rightarrow NaNO_2 + O_2$

2. Закончите уравнения реакций

- а) соединения:  $Mg + O_2 = ?$      $H_2 + O_2 = ?$   
б) разложения:  $HgO = ?$   
в) замещения:  $Mg + Fe_2O_3 = ?$

При составлении формул сложных веществ не забудьте использовать знания о валентности элементов. Расставьте коэффициенты в уравнениях реакций.

3. Решите задачу.

Фосфор самовоспламеняется в хлоре. Этому процессу соответствует схема реакции:  
 $P + Cl_2 \rightarrow PCl_5$

Преобразуйте данную схему в уравнение реакции и вычислите массу фосфора, необходимого для получения 20,85 г хлорида фосфора(V)  $PCl_5$ .

4. Решите задачу.

Вычислите массу воды, которая образовалась при сгорании 10 г водорода.

## Глава 3

# Смеси. Растворы

### 3.1. Смеси. Очистка веществ. Массовая доля вещества в смеси

**Смеси** — системы переменного состава, состоящие из нескольких компонентов, в которых индивидуальность этих компонентов сохраняется.

#### Вопросы и задания

- 3-1.** Из данного перечня выберите а) смеси, б) индивидуальные вещества. Водород, воздух, дистиллированная вода, нефть, сахар, поваренная соль, медь, гранит.
- 3-2.** Почему свойства смесей отличаются от свойств чистых веществ? Ответ аргументируйте.
- 3-3.** Объясните, чем отличается смесь водорода и кислорода от химического соединения водорода и кислорода.
- 3-4.** Из данного перечня выберите а) однородные смеси, б) гетерогенные смеси. Воздух, молоко, песок и поваренная соль, смесь льда с водой, уксус, раствор сахара.
- 3-5.** Предложите способ разделения смесей: а) бензина и воды; б) сахарного и речного песка; в) медных и железных опилок; г) кристаллического иода и поваренной соли.
- 3-6.** Какие из перечисленных ниже операций необходимо произвести для отделения а) сахара от воды; б) воды от толченого мела? Выпаривание, перегонка, фильтрование.
- 3-7.** Какие из перечисленных операций: выпаривание, перегонка, фильтрование — необходимо произвести для очистки морской воды от растворенных в ней солей?
- 3-8.** Вычислите массовую долю олова в образце бронзы, который получен при сплавлении 30 г олова с 170 г меди.
- 3-9.** Вычислите массовую долю меди в образце латуни, полученной при сплавлении 17,5 г цинка с 32,5 г меди.
- 3-10.** Вычислите массовые доли металлов в сплаве, называемом дюралюмином, если известно, что образец такого сплава был получен при сплавлении 15 г меди, 9 г марганца, 3 г магния и 267 г алюминия.
- 3-11.** Мельхиоры — сплавы меди с никелем. Вычислите массу меди в мельхиоровом изделии массой 25 г, если известно, что массовая доля меди в таком сорте мельхиора составляет 60%.
- 3-12.** Массовая доля хрома в нержавеющей стали составляет 12%. Вычислите массу хрома, который содержится в детали массой 40 кг, сделанной из этой стали.
- 3-13.** Из 12 г загрязненного аспирина после очистки было получено 11,94 г чистого вещества. Какова массовая доля примесей в исходном аспирине?

**3-14.** Какую массу известняка надо взять для получения 200 г чистого карбоната кальция? Массовую долю карбоната кальция в известняке считать равной 80%.

### 3.2. Растворы. Массовая доля вещества в растворе

**Истинные растворы** – однородные системы переменного состава, содержащие частицы растворенного вещества (атомы, молекулы или ионы), частицы растворителя и продукты взаимодействия частиц растворенного вещества с частицами растворителя.

**Массовая доля растворенного вещества ( $w$ )** – отношение массы растворенного вещества к массе раствора. Массовая доля, выраженная в процентах (процентная концентрация), показывает, какая масса растворенного вещества (в г) содержится в 100 г раствора.

$$w = \frac{m_{\text{в-ва}}}{m_{\text{р-ра}}} = \frac{m_{\text{в-ва}}}{m_{\text{в-ва}} + m_{\text{р-ля}}} \quad (4)$$

$m_{\text{в-ва}}$  – масса растворенного вещества;  $m_{\text{р-ра}}$  – масса раствора;  $m_{\text{р-ля}}$  – масса растворителя.

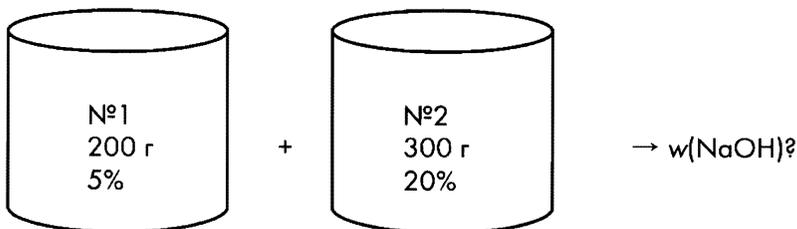
Преобразовав данную формулу, получим формулу для расчета массы растворенного вещества в растворе:

$$m_{\text{в-ва}} = w \cdot m_{\text{р-ра}}$$

Примеры решения типовых задач (с соответствующим оформлением) приведены в главе 9. Рассмотрим методы решения более сложных задач.

**Пример 1.** Вычислите массовую долю гидроксида натрия NaOH в растворе, полученном при смешивании 200 г 5%-ного раствора и 300 г 20%-ного раствора этого вещества.

*Решение.* Изобразим условие задачи с помощью схемы:



Введем обозначения:  $m_1$  – масса раствора в первом стакане,  $m_2$  – масса раствора во втором стакане,  $m_1(\text{NaOH})$  – масса растворенного вещества (в данном случае NaOH) в первом стакане,  $m_2(\text{NaOH})$  – масса растворенного вещества во втором стакане.

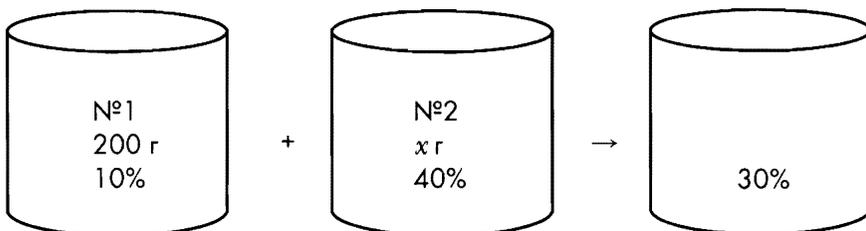
Массовые доли, выраженные в процентах, переведем в доли единицы. Для этого значения массовых долей в процентах разделим на 100%. Таким образом, массовые доли вещества в 5%-ном и в 20%-ном растворах составят 0,05 и 0,2 соответственно. В результате получаем:

$$w(\text{NaOH}) = \frac{m_1(\text{NaOH}) + m_2(\text{NaOH})}{m_1 + m_2} = \frac{0,05 \cdot 200 + 0,2 \cdot 300}{200 + 300} = 0,14, \text{ или } 14\%.$$

Ответ:  $w(\text{NaOH}) = 14\%$ .

**Пример 2.** Вычислите массу 40%-ного раствора серной кислоты, который надо добавить к 200 г 10%-ного раствора, чтобы получить 30%-ный раствор.

*Решение.* Изобразим условие задачи в виде схемы:



Пусть  $x \text{ г} = m_{\text{р-ра}} (\text{№2})$ . Массовые доли серной кислоты в 10%-ном, 40%-ном и 30%-ном растворах выразим в долях единицы; они составят 0,1; 0,4 и 0,3 соответственно. Масса растворенной серной кислоты в 10%-ном растворе равна  $(0,1 \cdot 200) \text{ г}$ , а в 40%-ном растворе —  $0,4x \text{ г}$ .

Составим и решим уравнение:

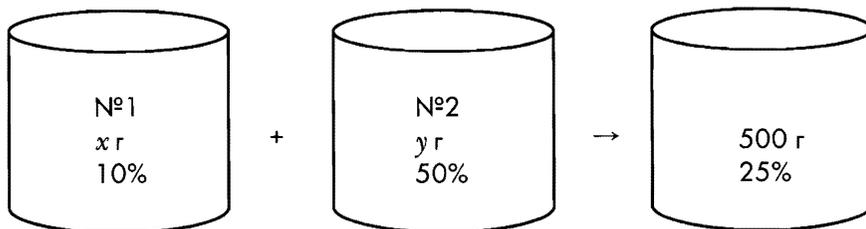
$$0,3 = \frac{0,1 \cdot 200 + 0,4 \cdot x}{200 + x};$$

$20 + 0,4x = 0,3 \cdot (200 + x)$ , откуда  $x = 400 \text{ г}$ .

Ответ: масса 40%-ного раствора  $\text{H}_2\text{SO}_4$  равна 400 г.

**Пример 3.** Определите, какая масса 10%-ного и какая масса 50%-ного раствора азотной кислоты потребуются для приготовления 500 г 25%-ного раствора.

*Решение.* Изобразим условие задачи в виде схемы:



Обозначим массу 10%-ного раствора через  $x$ , а массу 50%-ного раствора — через  $y$ :  
 $m_{\text{р-ра}}(\text{N}^{\circ}1) = x \text{ г}$ ;  $m_{\text{р-ра}}(\text{N}^{\circ}2) = y \text{ г}$ .

Масса раствора, образовавшегося в результате смешивания двух исходных растворов, равна  $x + y = 500 \text{ г}$ . Масса растворенного вещества в первом растворе составляет  $0,1x \text{ г}$ , а во втором —  $0,5y \text{ г}$ . Можно составить и решить систему уравнений:

$$\begin{cases} x + y = 500; \\ 0,25 = \frac{0,1x + 0,5y}{500} . \end{cases}$$

Решив систему, получим:  $x = 312,5 \text{ г}$ ;  $y = 187,5 \text{ г}$ .

Ответ:  $m_{\text{р-ра}}(10\%) = 312,5 \text{ г}$ ;  $m_{\text{р-ра}}(50\%) = 187,5 \text{ г}$ .

### Вопросы и задания

- 3-15.** Навеску соли массой 15 г растворили в 185 г воды. Вычислите массовую долю соли в образовавшемся растворе.
- 3-16.** Порцию серной кислоты  $\text{H}_2\text{SO}_4$  массой 25 г растворили в 125 г воды. Какова массовая доля серной кислоты в образовавшемся растворе?
- 3-17.** Навеску сахара  $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$  массой 12,5 г растворили в 112,5 г воды. Вычислите массовую долю сахара в полученном растворе.
- 3-18.** В 350 г воды растворили 50 г нитрата калия  $\text{KNO}_3$ . Вычислите массовую долю нитрата калия в образовавшемся растворе.
- 3-19.** В результате выпаривания 200 г раствора поваренной соли  $\text{NaCl}$  получили 12,5 г сухого остатка. Вычислите массовую долю соли в исходном растворе.
- 3-20.** В результате выпаривания 125 г раствора соли образовалось 36 г сухого остатка. Вычислите массовую долю соли в исходном растворе.
- 3-21.** В 100 г воды растворили 12 г гидроксида натрия  $\text{NaOH}$  и 13 г гидроксида калия  $\text{KOH}$ . Вычислите массовые доли гидроксида калия и гидроксида натрия в образовавшемся растворе.
- 3-22.** Для приготовления смеси кислот в 175 г воды растворили 10 г серной кислоты  $\text{H}_2\text{SO}_4$  и 15 г азотной кислоты  $\text{HNO}_3$ . Вычислите массовые доли серной и азотной кислот в полученном растворе.
- 3-23.** Вычислите массу соли, которая содержится в 500 г ее 12%-ного раствора.
- 3-24.** Какая масса соли и какая масса воды потребуются для приготовления 200 г 5%-ного раствора соли?
- 3-25.** Какая масса 100%-ной серной кислоты  $\text{H}_2\text{SO}_4$  и какая масса воды потребуются для приготовления 50 г 40%-ного раствора этой кислоты?
- 3-26.** В медицине используется физиологический раствор — 0,85%-ный раствор поваренной соли  $\text{NaCl}$ . Рассчитайте массу поваренной соли и массу воды, необходимые для получения 100 г такого раствора.
- 3-27.** Раствор уксусной кислоты  $\text{CH}_3\text{COOH}$ , в котором ее массовая доля составляет 9%, известен под названием «столовый уксус». Вычислите массу

100%-ной уксусной кислоты и массу воды, которые потребуются для приготовления 1 кг столового уксуса.

- 3-28.** Для приготовления моченых яблок используют раствор, массовая доля сахара в котором равна 3,84%. Какая масса сахара потребуется для приготовления 2 кг такого раствора?
- 3-29.** К 200 г 20%-ного раствора серной кислоты  $H_2SO_4$  добавили 50 г воды. Вычислите массовую долю серной кислоты в образовавшемся растворе.
- 3-30.** К 50 г 10%-ного раствора соли добавили 25 г воды. Вычислите массовую долю соли в образовавшемся растворе.
- 3-31.** Раствор уксусной кислоты  $CH_3COOH$ , в котором ее массовая доля составляет 80%, называется уксусной эссенцией. Вычислите массовую долю уксусной кислоты в растворе, полученном при разбавлении 72 г уксусной эссенции порцией воды, масса которой 128 г.
- 3-32.** Навеску соли массой 20 г растворили в 200 г воды. Раствор оставили в открытой посуде. Через несколько дней масса раствора уменьшилась по сравнению с исходной на 10 г. Вычислите массовую долю соли в исходном и в полученном растворах.
- 3-33.** Вычислите массовую долю поваренной соли в растворе, полученном при смешивании 200 г 5%-ного раствора и 300 г 8%-ного раствора поваренной соли.
- 3-34.** Вычислите массовую долю серной кислоты в растворе, полученном при сливании 500 г 10%-ного раствора и 250 г 20%-ного раствора серной кислоты.
- 3-35.** Смешали два раствора гидроксида натрия  $NaOH$ : 120 г 5%-ного раствора и 130 г 15%-ного раствора. Рассчитайте массовую долю гидроксида натрия в полученном растворе.
- 3-36.** В один сосуд вылили 200 г 5%-ного раствора некоторого вещества, 250 г 10%-ного раствора того же вещества, затем добавили 80 г этого вещества и 120 г воды. Вычислите массовую долю данного вещества в образовавшемся растворе.
- 3-37.** В один сосуд вылили 50 г 2%-ного раствора соли, затем добавили 30 г 4%-ного раствора той же соли и 40 г ее 5%-ного раствора. Раствор нагрели, в результате чего испарилось 20 г воды. Вычислите массовую долю соли в полученном растворе.
- 3-38.** В колбе смешали 25 г 2%-ного раствора нитрата серебра  $AgNO_3$ , 15 г 3%-ного раствора нитрата серебра  $AgNO_3$ , 20 г 10%-ного нитрата натрия  $NaNO_3$ , 30 г 20%-ного раствора нитрата натрия  $NaNO_3$  и 10 г воды. Вычислите массовую долю нитрата натрия и массовую долю нитрата серебра в полученном растворе.
- 3-39.** В сосуде смешали 18 г 10%-ного раствора хлорида кальция  $CaCl_2$ , 22 г 5%-ного раствора хлорида магния  $MgCl_2$ , 16 г воды, 54 г 8%-ного раствора хлорида бария  $BaCl_2$ . Вычислите массовые доли веществ, находящихся в растворе.
- 3-40.** Какую массу соли надо добавить к 95 г воды, чтобы получить 5%-ный раствор соли?

- 3-41. Какую массу соли надо добавить к 80 г воды, чтобы получить 20%-ный раствор соли?
- 3-42. Какую массу воды надо добавить к 500 г 10%-ного раствора соли, чтобы раствор стал 1%-ным?
- 3-43. Какую массу воды надо добавить к 200 г 25%-ного раствора соли, чтобы раствор стал 10%-ным?
- 3-44. Какую массу соли надо добавить к 5 кг 1%-ного раствора соли, чтобы раствор соли стал 10%-ным?
- 3-45. Какую массу соли надо добавить к 500 г 10%-ного раствора соли, чтобы раствор соли стал 25%-ным?
- 3-46. Какая масса пергидроля (30%-ного раствора пероксида водорода  $H_2O_2$ ) и воды потребуется для приготовления 100 г 3%-ного раствора пероксида водорода, используемого в медицине для обработки ран и ссадин?
- 3-47. В продажу поступает аммиачная вода с массовой долей аммиака  $NH_3$  25%. Какая масса аммиачной воды и какая масса дистиллированной воды потребуются для приготовления 50 г нашатырного спирта (10%-ного раствора аммиака)?
- 3-48. Какие массы 25%-ного и 5%-ного растворов серной кислоты  $H_2SO_4$  потребуются для приготовления 40 г 20%-ного раствора этой кислоты смешиванием двух исходных растворов?
- 3-49. Какие массы 10%-ного и 5%-ного растворов гидроксида натрия  $NaOH$  потребуются для приготовления 200 г 8%-ного раствора?
- 3-50. Какие массы 40%-ного и 20%-ного растворов азотной кислоты  $HNO_3$  потребуются для получения 100 г 25%-ного раствора  $HNO_3$  смешиванием исходных растворов?

### 3.3. Растворимость веществ

**Растворимость** — это способность вещества образовывать с другими веществами растворы.

**Насыщенный раствор** — раствор, в котором данное вещество при данной температуре больше не растворится.

Количественно растворимость характеризуется **коэффициентом растворимости** — отношением массы вещества, образующего насыщенный раствор при данной температуре, к объему растворителя.

**Пример 1.** Растворимость питьевой соды  $NaHCO_3$  при 20 °С составляет 9,6 г на 100 г воды. Вычислите массовую долю питьевой соды в насыщенном растворе.

*Решение.* Воспользуемся формулой (4) (см. разд. 3.2):

$$w(NaHCO_3) = \frac{9,6}{9,6 + 100} \approx 0,0876, \text{ или } 8,76\%.$$

*Ответ:*  $w(NaHCO_3) \approx 8,76\%$ .

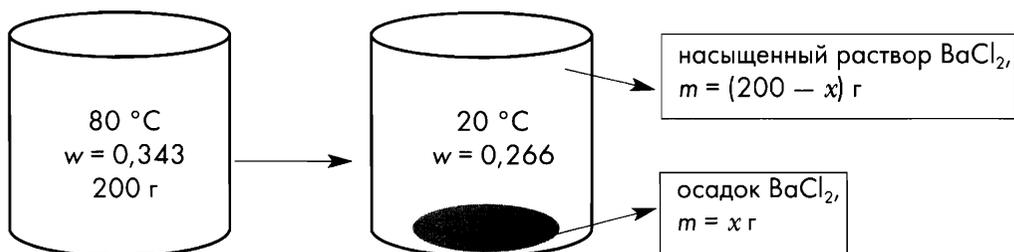
**Пример 2.** Растворимость хлорида бария  $\text{BaCl}_2$  в 100 г воды составляет 52,2 г при  $80^\circ\text{C}$  и 36,2 г в 100 г воды при  $20^\circ\text{C}$ . Вычислите массу соли, которая выпадет в осадок, если 200 г насыщенного при  $80^\circ\text{C}$  раствора хлорида бария охладить до  $20^\circ\text{C}$ .

*Решение.* Вычислим массовые доли  $\text{BaCl}_2$  в насыщенном растворе при  $80^\circ\text{C}$  и при  $20^\circ\text{C}$  соответственно:

$$w(80^\circ\text{C}) = \frac{52,2}{52,2 + 100} \approx 0,343;$$

$$w(20^\circ\text{C}) = \frac{36,2}{36,2 + 100} \approx 0,266.$$

Теперь условие задачи можно выразить схемой:



Пусть в результате охлаждения 200 г насыщенного при  $80^\circ\text{C}$  раствора  $\text{BaCl}_2$  до  $20^\circ\text{C}$  в осадок выпало  $x$  г  $\text{BaCl}_2$ . Тогда раствор станет легче на  $x$  г, его масса составит  $(200 - x)$  г. Массовая доля  $\text{BaCl}_2$  в насыщенном растворе при  $20^\circ\text{C}$  составляет 0,262, а масса растворенного хлорида бария в исходном растворе составляет  $0,343 \cdot 200$  г.

Составим и решим уравнение:

$$0,266 = \frac{0,343 \cdot 200 - x}{200 - x};$$

$$68,4 - x = 0,266 \cdot (200 - x).$$

В результате получаем:  $x = 20,71$  г.

*Ответ:*  $m$  (осадок  $\text{BaCl}_2$ ) = 20,71 г.

### Вопросы и задания

- 3-51.** Какая масса воды потребуется для приготовления насыщенного при  $20^\circ\text{C}$  раствора поваренной соли  $\text{NaCl}$  из 5 г соли? (Растворимость поваренной соли при  $20^\circ\text{C}$  составляет 35,9 г на 100 г воды.)
- 3-52.** Какую массу воды нужно взять для приготовления насыщенного при  $20^\circ\text{C}$  раствора нитрата натрия  $\text{NaNO}_3$  из 20 г нитрата натрия? (Растворимость нитрата натрия при  $20^\circ\text{C}$  составляет 87,6 г на 100 г воды.)
- 3-53.** Какую массу поваренной соли  $\text{NaCl}$  нужно добавить к 50 г воды, чтобы получить насыщенный при  $20^\circ\text{C}$  раствор? (Растворимость поваренной соли при  $20^\circ\text{C}$  составляет 35,9 г на 100 г воды.)

- 3-54.** Какую массу нитрата натрия  $\text{NaNO}_3$  потребуется добавить к 80 г воды, чтобы получить насыщенный при 40 °С раствор? (Растворимость нитрата натрия  $\text{NaNO}_3$  при 40 °С составляет 104,9 г на 100 г воды.)
- 3-55.** Вычислите растворимость бертолетовой соли  $\text{KClO}_3$  при 20 °С, если при данной температуре в 300 г воды удастся растворить 21,9 г этой соли.
- 3-56.** Вычислите растворимость сулемы  $\text{HgCl}_2$  при 25 °С, если в 500 г воды при данной температуре удалось растворить 36,5 г сулемы.
- 3-57.** Растворимость сахара  $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$  в 100 г воды при 0 °С составляет 179 г, а при 100 °С — 487 г. Какова масса сахара, который можно растворить а) в 200 г замерзающей воды (при 0 °С), б) в такой же массе кипящей воды (при 100 °С)? Какая масса сахара должна выпасть в осадок, если полученный при 100 °С насыщенный раствор охладить до 0 °С?
- 3-58.** Растворимость поваренной соли при 20 °С составляет 35,9 г /100 г воды, а при 80 °С — 38,1 г /100 г воды. Какую массу поваренной соли надо добавить к 250 г горячей воды, чтобы получить насыщенный раствор? Вычислите, какая масса поваренной соли должна выпасть в осадок при остывании такого раствора до 20 °С.
- 3-59.** Вычислите массу хлорида натрия  $\text{NaCl}$  и массу воды, которые надо взять, чтобы получить 500 г насыщенного при 20 °С раствора. (Растворимость поваренной соли при 20 °С составляет 35,9 г на 100 г воды.)
- 3-60.** Какова массовая доля нитрата бария  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$  в насыщенном при 25 °С растворе? (Растворимость нитрата бария при 25 °С составляет 10,3 г на 100 г воды.)
- 3-61.** Является ли 10%-ный раствор сульфата магния  $\text{MgSO}_4$  насыщенным при 20 °С? (Растворимость нитрата серебра при 20 °С составляет 35,1 г на 100 г воды.) Ответ подтвердите расчетами.
- 3-62.** Растворимость перманганата калия  $\text{KMnO}_4$  при 30 °С составляет 9 г соли на 100 г воды. Является ли раствор с массовой долей данного вещества 8,26% насыщенным? Ответ подтвердите расчетами.
- 3-63.** Растворимость нитрата калия  $\text{KNO}_3$  в 100 г воды составляет 138 г при 70 °С и 31,6 г при 20 °С. Вычислите массу осадка, который выпадет при охлаждении 400 г насыщенного при 70 °С раствора нитрата калия до 20 °С.
- 3-64.** Растворимость дихромата калия  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  в 100 г воды при 80 °С составляет 73,0 г, а при 20 °С — 12,3 г. Какова масса осадка, который образуется при охлаждении 200 г насыщенного при 80 °С раствора дихромата калия до 20 °С?

### 3.4. Молярная концентрация

**Молярная концентрация** ( $c$ ) — отношение количества растворенного вещества к объему раствора.

$$c = \frac{n_{\text{в-ва}}}{V_{\text{р-ра}}} \quad (5)$$

$n_{\text{в-ва}}$  — количество растворенного вещества, моль;  $V_{\text{р-ра}}$  — объем раствора, л.

Молярная концентрация выражается в моль/ $\text{м}^3$  или в моль/л.

Например,  $c(\text{H}_2\text{SO}_4) = 2$  моль/л (обозначается также «2М раствор  $\text{H}_2\text{SO}_4$ »). Это значит, что в 1 л такого раствора содержится 2 моль  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .

#### Вопросы и задания

- 3-65.** Вычислите количество вещества серной кислоты  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , которая содержится в 200 мл 2М раствора серной кислоты.
- 3-66.** Вычислите количество вещества гидроксида натрия  $\text{NaOH}$ , который содержится в 300 мл 6М раствора гидроксида натрия.
- 3-67.** Вычислите массу азотной кислоты  $\text{HNO}_3$ , которая содержится в 200 мл 3М раствора азотной кислоты.
- 3-68.** Вычислите массу гидроксида калия  $\text{KOH}$ , которая содержится в 500 мл 0,5М раствора  $\text{KOH}$ .
- 3-69.** Рассчитайте массу гидроксида натрия  $\text{NaOH}$ , который потребуется для приготовления 50 мл 2,5М раствора.
- 3-70.** Рассчитайте массу нитрата калия  $\text{KNO}_3$ , который потребуется для приготовления 200 мл 2М раствора нитрата калия.
- 3-71.** Рассчитайте массовую долю хлорида натрия  $\text{NaCl}$  в растворе с молярной концентрацией этого вещества 3М. Плотность такого раствора равна 1,12 г/ $\text{см}^3$ .
- 3-72.** Рассчитайте массовую долю ортофосфорной кислоты  $\text{H}_3\text{PO}_4$  в растворе с молярной концентрацией этого вещества 2М. Плотность раствора составляет 1,1 г/мл.
- 3-73.** Вычислите молярную концентрацию азотной кислоты  $\text{HNO}_3$  в ее 20%-ном растворе (плотность раствора — 1,1 г/мл).
- 3-74.** Вычислите молярную концентрацию серной кислоты  $\text{H}_2\text{SO}_4$  в ее 40%-ном растворе (плотность раствора — 1,3 г/мл).
- 3-75.** Вычислите процентную концентрацию 10,42М раствора ортофосфорной кислоты. Плотность раствора составляет 1,5 г/мл.
- 3-76.** Вычислите молярную концентрацию серной кислоты в растворе с массовой долей  $\text{H}_2\text{SO}_4$  87,69%. Плотность раствора составляет 1,8 г/мл.

### 3.5. Кристаллогидраты

#### Вопросы и задания

- 3-77.** Смешали 25 г медного купороса  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  и 175 г 10%-ного раствора сульфата меди(II). Вычислите массовую долю сульфата меди(II) в образовавшемся растворе.
- 3-78.** Вычислите массу медного купороса и массу 10%-ного раствора сульфата меди(II), необходимых для приготовления 200 г раствора сульфата меди(II) с массовой долей сульфата меди 16%.
- 3-79.** Вычислите массу порции медного купороса, при добавлении которой к 175 г 10%-ного раствора сульфата меди(II) можно получить раствор сульфата меди(II) с массовой долей 16,25%.
- 3-80.** Вычислите массу железного купороса  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  и объем воды, необходимый для приготовления 1520 г 10%-ного раствора сульфата железа(II).
- 3-81.** Вычислите массу никелевого купороса и объем воды, необходимый для приготовления 1550 г 10%-ного раствора сульфата никеля.
- 3-82.** Какую массу медного купороса надо добавить к 540 мл воды, чтобы получить 10%-ный раствор сульфата меди(II)?
- 3-83.** К 200 г 5%-ного раствора карбоната натрия добавили 28,6 г кристаллической соды (карбоната натрия десятиводного  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ). Вычислите массовую долю карбоната натрия в образовавшемся растворе.
- 3-84.** К 250 г 10%-ного раствора сульфата натрия добавили 50 г глауберовой соли (сульфата натрия десятиводного  $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ). Вычислите массовую долю сульфата натрия в образовавшемся растворе.
- 3-85.** Вычислите массу 5%-ного раствора карбоната натрия и массу кристаллической соды (карбоната натрия десятиводного  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ), которые необходимы для получения 200 г 10%-ного раствора карбоната натрия.
- 3-86.** Вычислите массу 10%-ного раствора сульфата натрия и массу глауберовой соли (сульфата натрия десятиводного), которые необходимы для получения 500 г 20%-ного раствора карбоната натрия.
- 3-87.** Растворимость карбоната натрия при 20 °С составляет 21,8 г в 100 г воды, а при 40 °С — 48,8 г. Вычислите массу кристаллической соды, которая выпадет в осадок, если 200 г насыщенного при 40 °С раствора охладить до 20 °С.
- 3-88.** Растворимость сульфата натрия в 100 г воды при 20 °С составляет 19,2 г, а при 30 °С — 40,8 г. Вычислите массу глауберовой соли, которая выпадет в осадок, если 500 г насыщенного при 30 °С раствора охладить до 20 °С.

## Контрольная работа по теме «Смеси. Растворы»

### Вариант 1

1. Рассчитайте массу соли и массу воды, которые потребуются для приготовления 150 г 5%-ного раствора соли. Какой будет массовая доля соли, если к полученному раствору добавить 100 г воды?

2. Вычислите объем воды и массу поваренной соли  $\text{NaCl}$ , которые потребуются для приготовления 250 мл 0,7М раствора. Плотность раствора принять равной  $1 \text{ г/см}^3$ . Какова массовая доля хлорида натрия в таком растворе?

3. Растворимость технической соды — карбоната натрия  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  составляет 29 г на 100 г воды при  $25^\circ\text{C}$ . Вычислите массовую долю карбоната натрия в насыщенном растворе. Какая масса карбоната натрия потребуется для приготовления 200 г насыщенного при  $25^\circ\text{C}$  раствора?

4. Чем отличается смесь порошков серы и железа от химического соединения  $\text{FeS}$ ? Ответ мотивируйте.

### Вариант 2

1. Рассчитайте массу соли и массу воды, которые потребуются для приготовления 50 г 2%-ного раствора соли. Какой будет массовая доля соли, если к полученному раствору добавить 25 г воды?

2. Вычислите объем воды и массу нитрата калия  $\text{KNO}_3$ , которые потребуются для приготовления 150 мл 0,5М раствора. Плотность раствора примите равной  $1 \text{ г/см}^3$ . Какова массовая доля хлорида натрия в таком растворе?

3. Растворимость перманганата калия  $\text{KMnO}_4$  составляет 7,6 г на 100 г воды при  $25^\circ\text{C}$ . Вычислите массовую долю перманганата калия в насыщенном растворе. Какая масса перманганата калия потребуется для приготовления 250 г насыщенного при  $25^\circ\text{C}$  раствора?

4. Чем отличается смесь газов водорода и кислорода от химического соединения  $\text{H}_2\text{O}$ ? Ответ мотивируйте.

## 4.1. Молярный объем газов. Относительная плотность газов

**Закон Авогадро:** в равных объемах различных газов при одинаковых условиях (температуре, давлении) содержится одинаковое число молекул.

**Следствия из закона Авогадро:**

1. Порции различных газов, содержащих равные количества вещества (одинаковое число молекул), при одинаковых условиях занимают один и тот же объем.

2. **Молярный объем газов:** при нормальных условиях (273 К, 101300 Па или 0 °С, 760 мм рт. ст.) 1 моль любого газа занимает объем 22,4 л ( $V_n = 22,4$  л/моль).

**Относительная плотность газа А по газу Б** – величина, показывающая, во сколько раз газ А тяжелее газа Б.

Формула для расчета количества газообразного вещества:

$$n = \frac{V}{V_n} \quad (6)$$

$n$  – количество вещества,  $V$  – объем газа;  $V_n$  – молярный объем газа (22,4 л/моль).

**Пример 1.** Какой объем при нормальных условиях будет иметь порция углекислого газа массой 8,8 г?

*Решение.* При нормальных условиях 1 моль любого газа занимает объем 22,4 л. Молярная масса углекислого газа равна 44 г/моль. Рассчитаем, какое количество вещества углекислого газа имеется в данной порции вещества:

$$n(\text{CO}_2) = \frac{8,8 \text{ г}}{44 \text{ г/моль}} = 0,2 \text{ моль.}$$

Теперь определим, какой объем займут 0,2 моль газа при нормальных условиях:

$$V(\text{CO}_2) = 0,2 \text{ моль} \cdot 22,4 \text{ л/моль} = 4,48 \text{ л.}$$

*Ответ:*  $V(\text{CO}_2) = 4,48$  л (н.у.).

**Пример 2.** Какую массу будет иметь порция хлора объемом 6,72 л (н.у.)?

*Решение.* При нормальных условиях в 22,4 л любого газа содержится 1 моль вещества.

$$n(\text{Cl}_2) = 6,72 \text{ л} / 22,4 \text{ л/моль} = 0,3 \text{ моль.}$$

Молярная масса хлора составляет 71 г/моль. Находим массу хлора:

$$m(\text{Cl}_2) = 0,3 \text{ моль} \cdot 71 \text{ г/моль} = 21,3 \text{ г.}$$

*Ответ:*  $m(\text{Cl}_2) = 21,3$  г.

**Пример 3.** Вычислите плотность озона  $O_3$  по азоту и по воздуху.

*Решение.* Для того чтобы вычислить относительную плотность одного газа по другому, надо относительную молекулярную массу первого газа разделить на относительную молекулярную массу второго газа.

$$D_{N_2}(O_3) = M_r(O_3) / M_r(N_2) = 48 / 28 \approx 1,71;$$

$$D_{\text{возд.}}(O_3) = M_r(O_3) / M_r(\text{возд.}) = 48 / 29 \approx 1,66.$$

Относительную молекулярную массу воздуха принимают равной 29 (с учетом содержания в воздухе азота, кислорода и других газов). Следует отметить, что понятие «относительная молекулярная масса воздуха» употребляется условно, так как воздух — это смесь газов.

### Вопросы и задания

- 4-1.** Какой объем при нормальных условиях будут иметь газы:
- |                                     |                             |
|-------------------------------------|-----------------------------|
| а) 5 моль кислорода;                | г) 2,5 моль метана $CH_4$ ; |
| б) 5 моль азота;                    | д) 10 моль аммиака $NH_3$ ; |
| в) 5 моль углекислого газа $CO_2$ ; | е) $a$ моль водорода?       |
- 4-2.** Какой объем при нормальных условиях будут иметь газы:
- а) 2 кмоль гелия, б) 4 ммоль аргона, в) 8 ммоль неона?
- 4-3.** Какое количество вещества содержится при нормальных условиях в следующих порциях газов:
- |                               |  |
|-------------------------------|--|
| а) 67,2 л азота;              | д) $a$ л сернистого газа $SO_2$ ;      |
| б) 44,8 л хлора;              | е) $x$ л хлороводорода $HCl$ ;         |
| в) 2,24 л фтора;              | ж) 448 м <sup>3</sup> аммиака $NH_3$ ; |
| г) 224 л угарного газа $CO$ ; | з) 67,2 мл фосфина $PH_3$ ?            |
- 4-4.** Известно, что 7,5 моль неизвестного газа занимают объем 168 л при нормальных условиях. Можно ли определить, какой это газ? Ответ обоснуйте.
- 4-5.** Рассчитайте, какую массу будут иметь следующие объемы газов, взятые при нормальных условиях:
- а) 22,4 л кислорода  $O_2$ ;  
б) 11,2 л азота  $N_2$ ;  
в) 5,6 л этана  $C_2H_6$ ;  
г) 448 л диоксида азота  $NO_2$ ;  
д) 6,72 л неона  $Ne$ ;  
е) 448 м<sup>3</sup> гелия  $He$ ;  
ж) 2,24 мл хлороводорода  $HCl$ ;  
з)  $a$  л пропана  $C_3H_8$ .
- 4-6.** Рассчитайте, какой объем при нормальных условиях займут порции газов:
- |                                 |                                |
|---------------------------------|--------------------------------|
| а) 48 г кислорода;              | д) 340 мг аммиака $NH_3$ ;     |
| б) 3,4 г сероводорода $H_2S$ ;  | е) 0,32 мг силана $SiH_4$ ;    |
| в) 42 г диборана $B_2H_6$ ;     | ж) 262 мг ксенона $Xe$ ;       |
| г) 14,5 кг бутана $C_4H_{10}$ ; | з) $a$ г бромоводорода $HBr$ . |

- 4-7.** В каких порциях веществ содержится больше молекул (объемы газов даются при нормальных условиях):
- а) в 32 г кислорода или в 22,4 л азота;
  - б) в 11,2 л метана  $\text{CH}_4$  или в 11,2 л силана  $\text{SiH}_4$ ;
  - в) в 34 г аммиака  $\text{NH}_3$  или в 34 г фосфина  $\text{PH}_3$ ;
  - г) в 2,5 моль углекислого газа  $\text{CO}_2$  или в 56 л сернистого газа  $\text{SO}_2$ ;
  - д) в 4 кг водорода или в 4 м<sup>3</sup> водорода;
  - е) в  $a$  л неона  $\text{Ne}$  или в  $a$  л аргона  $\text{Ar}$ ?
- 4-8.** В некотором сосуде вместимостью 6,72 л при нормальных условиях находится газ массой 21,3 г. Известно, что газ является простым веществом, молекулы его состоят из двух атомов. Какой это газ?
- 4-9.** В сосуде вместимостью 224 л при нормальных условиях находится газ, масса которого составляет 40 г. Известно, что газ является простым веществом. Каким газом заполнен сосуд?
- 4-10.** Какой объем при нормальных условиях займут:
- а)  $6,02 \cdot 10^{23}$  молекул кислорода;
  - б)  $1,204 \cdot 10^{23}$  молекул водорода;
  - в)  $1,204 \cdot 10^{23}$  молекул азота;
  - г)  $6,02 \cdot 10^{21}$  молекул углекислого газа  $\text{CO}_2$ ;
  - д)  $6,02 \cdot 10^{29}$  молекул водорода;
  - е)  $1,806 \cdot 10^{24}$  молекул метана  $\text{CH}_4$ ;
  - ж)  $2,408 \cdot 10^{17}$  атомов аргона  $\text{Ar}$ ;
  - з)  $a$  молекул аммиака  $\text{NH}_3$ ?
- 4-11.** Сколько молекул при нормальных условиях содержится а) в 112 л озона  $\text{O}_3$ ; б) в 179,2 л кислорода; в) в 2,24 м<sup>3</sup> сернистого газа  $\text{SO}_2$ ; г) в  $a$  л (н.у.) фтора?
- 4-12.** Вычислите плотность по водороду следующих газов: а) азота, б) гелия, в) бутана  $\text{C}_4\text{H}_{10}$ , г) фосгена  $\text{COCl}_2$ .
- 4-13.** Вычислите плотность а) по кислороду, б) по азоту, в) по воздуху следующих газов:
- 1) аммиака  $\text{NH}_3$ ; сернистого газа  $\text{SO}_2$ ;
  - 2) иодоводорода  $\text{HI}$ ; оксида азота(I);
  - 3) оксида азота(IV); фтороводорода  $\text{HF}$ .
- 4-14.** Плотность некоторого газа по гелию составляет 9,5. Известно, что газ является простым веществом. О каком веществе идет речь?
- 4-15.** В 890,5 мл воды растворили 67,2 л (н.у.) хлороводорода  $\text{HCl}$ . Вычислите массовую долю хлороводорода в образовавшейся соляной кислоте.
- 4-16.** В 479,75 мл воды растворили 5,6 л (н.у.) бромоводорода  $\text{HBr}$ . Вычислите массовую долю бромоводорода в образовавшейся бромоводородной кислоте.
- 4-17.** При осторожном нагревании 500 г 25%-ного раствора аммиака  $\text{NH}_3$  испарилось 3,36 л (н.у.) аммиака и 20 г воды. Вычислите массовую долю аммиака в образовавшемся растворе.

**4-18.** При осторожном нагревании 800 г 10%-ного раствора хлороводорода HCl испарилось 2,24 л (н.у.) хлороводорода и 50 г воды. Вычислите массовую долю хлороводорода в образовавшемся растворе.

## 4.2. Смеси газов. Объемная доля газа в смеси

**Пример 4.** Смесь газов: метана  $\text{CH}_4$  и этана  $\text{C}_2\text{H}_6$  массой 200 г занимает при нормальных условиях объем 201,6 л. Вычислите: а) объемные доли газов в смеси, б) массовые доли газов в смеси.

*Решение.* Вычислим объем и массу каждого газа в смеси. Обозначим через  $x$  количество вещества метана [ $M(\text{CH}_4) = 16$  г/моль], через  $y$  — количество вещества этана [ $M(\text{C}_2\text{H}_6) = 30$  г/моль]. Тогда масса метана составит  $16x$  г, а масса этана —  $30y$  г. Масса всей смеси равна 200 г. Составим уравнение:

$$16x + 30y = 200.$$

Молярный объем всех газов одинаков, можно найти суммарное количество вещества двух газов в смеси:

$$n_{\text{общ}} = \frac{201,6 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = 9 \text{ моль.}$$

Составим второе уравнение:  $x + y = 9$ . Решим систему уравнений:

$$\begin{cases} x + y = 9; \\ 16x + 30y = 200. \end{cases}$$

В результате получаем:  $x = 5$ ,  $y = 4$ . Таким образом,  $\nu(\text{CH}_4) = 5$  моль,  $\nu(\text{C}_2\text{H}_6) = 4$  моль. Объемные доли газов в смеси будут совпадать с молярными, это следует из закона Авогадро. Объемную долю обозначим через  $\varphi$ . Тогда  $\varphi(\text{CH}_4) = 5/9 \approx 0,56$ ;  $\varphi(\text{C}_2\text{H}_6) = 4/9 \approx 0,44$ . Теперь найдем массовые доли газов в смеси. Для этого вычислим массы газов:

$$m(\text{CH}_4) = 16 \cdot 5 = 80 \text{ (г)}; \quad m(\text{C}_2\text{H}_6) = 30 \cdot 4 = 120 \text{ (г)}.$$

$$\text{Соответственно } w(\text{CH}_4) = 80/200 = 0,4; \quad w(\text{C}_2\text{H}_6) = 120/200 = 0,6.$$

$$\text{Ответ: } \varphi(\text{CH}_4) \approx 56\%; \quad \varphi(\text{C}_2\text{H}_6) \approx 44\%; \quad w(\text{CH}_4) = 40\%; \quad w(\text{C}_2\text{H}_6) = 60\%.$$

**Пример 5.** Вычислите плотность по водороду смеси 25 л азота и 175 л кислорода.

*Решение.* Найдем объемные доли веществ в смеси:

$$\varphi(\text{N}_2) = 25 / (25+175) = 0,125; \quad \varphi(\text{O}_2) = 175 / (25+175) = 0,875.$$

Объемные доли газов будут совпадать с молярными, т.е. с долями количеств веществ, это следствие из закона Авогадро. Найдем условную молекулярную массу смеси:

$$M_r^{\text{сл}}(\text{N}_2 \text{ и } \text{O}_2) = \varphi(\text{N}_2) \cdot M_r(\text{N}_2) + \varphi(\text{O}_2) \cdot M_r(\text{O}_2) = 0,125 \cdot 28 + 0,875 \cdot 32 = 3,5 + 28 = 59,5.$$

Находим относительную плотность смеси по водороду:

$$D_{\text{H}_2}(\text{N}_2 \text{ и } \text{O}_2) = 59,5 / 2 = 29,75.$$

*Ответ:*  $D_{\text{H}_2}(\text{N}_2 \text{ и } \text{O}_2) = 29,75.$

**Пример 6.** Объемные доли азота и водорода в газовой смеси составляют 25 и 75% соответственно. Вычислите массовые доли газов в смеси.

*Решение.* Используя закон Авогадро, можно сделать вывод, что объемные доли газов в смеси соответствуют молярным. Следовательно, молярные доли газов в смеси составляют также 25 и 75%. Пусть имеется 100 моль смеси данных газов. В такой смеси содержится 25 моль азота и 75 моль водорода. Вычислим массы азота и водорода:

$$m(\text{N}_2) = n(\text{N}_2) \cdot M(\text{N}_2) = 25 \text{ моль} \cdot 28 \text{ г/моль} = 700 \text{ г};$$

$$m(\text{H}_2) = n(\text{H}_2) \cdot M(\text{H}_2) = 75 \text{ моль} \cdot 2 \text{ г/моль} = 150 \text{ г}.$$

Вычислим общую массу смеси и массовые доли газов в смеси:

$$m_{\text{смеси}} = m(\text{N}_2) + m(\text{H}_2) = 700 \text{ г} + 150 \text{ г} = 850 \text{ г};$$

$$w(\text{N}_2) = 700 / 850 \approx 0,82, \text{ или } 82\%; \quad w(\text{H}_2) = 150 / 850 \approx 0,18, \text{ или } 18\%.$$

*Ответ:*  $w(\text{N}_2) \approx 0,82, \text{ или } 82\%; \quad w(\text{H}_2) \approx 0,18, \text{ или } 18\%.$

### Вопросы и задания

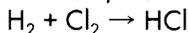
- 4-19.** Сосуд заполнили 25 мл кислорода и 125 мл азота. Объемы газов были измерены при одинаковых условиях. Вычислите объемные доли кислорода и азота в этой смеси.
- 4-20.** Сосуд заполнили 20 мл кислорода, 25 мл водорода и 100 мл хлороводорода. Объемы газов были измерены при одинаковых условиях. Вычислите объемные доли газов в этой смеси.
- 4-21.** Смесь азота и водорода массой 3,4 г при нормальных условиях занимает объем 8,96 л. Определите а) объемные доли газов в смеси, б) массовые доли газов в смеси.
- 4-22.** Смесь водорода и кислорода массой 74 г занимает объем 156,8 л (н.у.). Рассчитайте а) массовые доли и б) объемные доли газов в смеси.
- 4-23.** Смесь водорода  $\text{H}_2$  и аммиака  $\text{NH}_3$  массой 54 г занимает при н.у. объем 268,8 л. Определите а) массовые доли и б) объемные доли газов в смеси.
- 4-24.** Вычислите массовые доли водорода и гелия в смеси, содержащей 20% (по объему) водорода и 80% (по объему) гелия.
- 4-25.** Вычислите массовые доли кислорода и углекислого газа  $\text{CO}_2$  в смеси, содержащей 30% (по объему) кислорода.

- 4-26.** Вычислите объемные доли водорода и гелия в смеси, содержащей 20% (по массе) водорода.
- 4-27.** Найдите плотность по водороду смеси газов, в которой объемная доля кислорода составляет 20%, водорода — 40%, остальное — сероводород  $H_2S$ .
- 4-28.** Найдите плотность по кислороду смеси, состоящей из 5 л метана и 20 л неона.
- 4-29.** Вычислите плотность по азоту смеси, состоящей из 100 мл аргона, 200 мл кислорода и 100 мл хлороводорода  $HCl$ .
- 4-30.** Плотность по водороду газовой смеси, состоящей из этана  $C_2H_6$  и пропана  $C_3H_8$ , составляет 19,9. Вычислите а) объемные доли и б) массовые доли газов в данной смеси.
- 4-31.** Плотность по метану смеси, состоящей из гелия и неона, составляет 0,475. Вычислите: а) массовые доли газов в смеси, б) объемные доли газов в смеси.
- 4-32.** Определите плотность по водороду смеси азота и оксида углерода(II).

### 4.3. Простейшие расчеты по уравнениям реакций с участием газов

#### Вопросы и задания

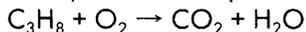
- 4-33.** Водород и хлор вступают в реакцию, которой соответствует схема:



Расставьте коэффициенты, преобразовав данную схему в уравнение реакции. Заполните таблицу (объемы газов измерены при одинаковых условиях).

	$V(H_2)$ , газ	$V(Cl_2)$ , газ	$V(HCl)$ , газ
а	7 л	?	?
б	?	5 л	?
в	?	?	15 л

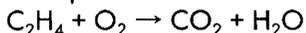
- 4-34.** Горению газа пропана  $C_3H_8$  соответствует схема реакции:



Расставьте коэффициенты, преобразовав данную схему в уравнение реакции. Заполните таблицу (объемы газов измерены при одинаковых условиях).

	$V(C_3H_8)$ , газ	$V(O_2)$ , газ	$V(CO_2)$ , газ	$V(H_2O)$ , газ
а	5 л	?	?	?
б	?	8 л	?	?
в	?	?	7 л	?
г	?	?	?	3 л

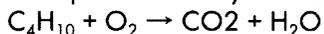
**4-35.** Горению газа этилена  $C_2H_4$  соответствует схема реакции:



Расставьте коэффициенты, преобразовав данную схему в уравнение реакции. Заполните таблицу (объемы газов измерены при одинаковых условиях).

	$V(C_2H_4)$ , газ	$V(O_2)$ , газ	$V(CO_2)$ , газ	$V(H_2O)$ , газ
а	5 л	? л	? л	? л
б	? л	8 л	? л	? л
в	? л	? л	7 л	? л
г	? л	? л	? л	3 л

**4-36.** Горению газа бутана  $C_4H_{10}$  соответствует схема реакции:



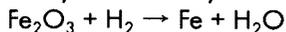
Расставьте коэффициенты, преобразовав данную схему в уравнение реакции. Заполните таблицу (объемы газов измерены при одинаковых условиях).

	$V(C_4H_{10})$ , газ	$V(O_2)$ , газ	$V(CO_2)$ , газ	$V(H_2O)$ , газ
а	5 л	? л	? л	? л
б	? л	8 л	? л	? л
в	? л	? л	7 л	? л
г	? л	? л	? л	3 л

**4-37.** Вычислите объем кислорода и водорода (н.у.), которые образуются в результате разложения электрическим током следующих порций воды:

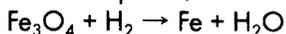
а) 5 моль, б)  $a$  моль, в) 36 г, г)  $x$  г.

**4-38.** Железо из красного железняка, состоящего в основном из оксида железа(III)  $Fe_2O_3$ , можно получить, обработав железняк водородом. Этому процессу соответствует схема реакции:



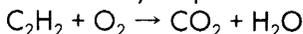
Самостоятельно расставьте коэффициенты. Вычислите объем водорода (н.у.), который потребуется а) для получения 28 г железа, б) для обработки 16 г  $Fe_2O_3$ .

**4-39.** Из магнитного железняка, состоящего в основном из  $Fe_3O_4$ , можно получить железо, обработав железняк водородом. Этому процессу соответствует схема реакции:



Самостоятельно расставьте коэффициенты. Вычислите объем водорода (н.у.), который потребуется а) для получения 42 г железа, б) для обработки 58 г  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ .

**4-40.** Полному сгоранию газа ацетилена  $\text{C}_2\text{H}_2$  соответствует схема реакции:



Самостоятельно расставьте коэффициенты. Какой объем кислорода (н.у.) потребуется для сжигания а) 13 г ацетилена, б) 0,25 моль ацетилена, в) 56 л (н.у.) ацетилена?

## 4.4. Получение кислорода. Вычисления по уравнениям реакций разложения

### Вопросы и задания

**4-41.** Вычислите, какой объем кислорода (н.у.) можно получить при разложении перманганата калия массой а) 395 г, б) 100 г, в)  $a$  г.

**4-42.** Вычислите объем кислорода (н.у.), который можно получить при разложении бертолетовой соли  $\text{KClO}_3$  массой а) 490 г, б) 100 г, в)  $a$  г.

**4-43.** Вычислите объем кислорода, который можно получить при разложении пероксида водорода массой а) 272 г, б) 100 г, в)  $a$  г.

**4-44.** Рассчитайте массу перманганата калия, необходимого для получения порции кислорода а) количеством вещества 2 моль, б) массой 80 г, в) объемом 112 л (н.у.), г) объемом  $a$  л (н.у.) кислорода.

**4-45.** Рассчитайте массу бертолетовой соли, необходимой для получения порции кислорода а) количеством вещества 3 моль, б) массой 40 г, в) объемом 16,8 л (н.у.), г) объемом  $a$  л (н.у.) кислорода.

**4-46.** Вычислите массу 3%-ного раствора пероксида водорода, при каталитическом разложении которого получится 11,2 л (н.у.) кислорода.

**4-47.** Вычислите массу 30%-ного раствора пероксида водорода (пергидроля), необходимую для получения 16,8 л (н.у.) кислорода.

**4-48.** Какая масса бертолетовой соли, содержащей 5% примесей, необходима для получения 50,4 л (н.у.) кислорода?

## 4.5. Кислород. Горение. Расчеты по уравнениям реакций горения

### Вопросы и задания

**4-49.** Вычислите массу и объем (н.у.) сернистого газа, который образуется при сгорании серы массой 8 г.

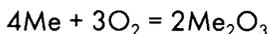
**4-50.** Вычислите массу угля, который потребуется для получения 112 л (н.у.) углекислого газа.

**4-51.** Рассчитайте объем (н.у.) кислорода, который был израсходован в реакции окисления порции меди а) массой 128 г, б) объемом 57,6  $\text{см}^3$  (плот-

- ность меди принять равной  $9 \text{ г/см}^3$ ). Для обоих случаев вычислите массу оксида меди(III), который образуется в результате реакции.
- 4-52.** Рассчитайте объем (н.у.) кислорода, который был израсходован в результате сгорания железного порошка а) массой  $3,36 \text{ г}$ , б) объемом  $16,8 \text{ см}^3$ . (Плотность железа примите равной  $7,9 \text{ г/см}^3$ .) Вычислите массу железной окалины, которая образуется в результате реакции.
- 4-53.** Вычислите объем углекислого газа (н.у.) и массу воды, которые образуются при сгорании  $8,6 \text{ г}$  гексана  $\text{C}_6\text{H}_{14}$ .
- 4-54.** Вычислите объем углекислого газа (н.у.) и массу воды, которые образуются при сгорании  $10 \text{ г}$  гептана  $\text{C}_7\text{H}_{16}$ .
- 4-55.** Вычислите объем кислорода (н.у.), который потребуется для полного сжигания а)  $112 \text{ л}$  (н.у.) метана  $\text{CH}_4$ , б)  $9 \text{ г}$  этана  $\text{C}_2\text{H}_6$ , в)  $14 \text{ г}$  этилена  $\text{C}_2\text{H}_4$ .
- 4-56.** Вычислите объем воздуха, из которого можно получить а)  $10 \text{ л}$  озона, б)  $4,8 \text{ г}$  озона. В расчетах необходимо учесть, что выход озона в озонаторе составляет  $15\%$  от теоретически возможного. Объемную долю кислорода в воздухе принять равной  $21\%$ .
- 4-57.** При сгорании порошка металла массой  $13,5 \text{ г}$  образовалось  $25,5 \text{ г}$  оксида, в котором металл трехвалентен. Определите, порошок какого металла сожгли.
- 4-58.** При сгорании  $26 \text{ г}$  порошка металла образовалось  $32,4 \text{ г}$  оксида, в котором металл двухвалентен. Порошок какого металла сожгли?
- 4-59.** При сгорании  $150 \text{ г}$  неметалла образовалось  $230 \text{ г}$  оксида, в котором этот неметалл пятивалентен. Определите, какой это неметалл.
- 4-60.** Вычислите объем (н.у.) кислорода, который потребуется для сжигания смеси  $6 \text{ г}$  угля и  $8 \text{ г}$  серы.
- 4-61.** Рассчитайте количество вещества кислорода, которое потребуется для окисления  $20 \text{ г}$  смеси порошков магния и алюминия. (Массовая доля алюминия в смеси составляет  $54\%$ .)
- 4-62.** Вычислите массовые доли серы и угля в смеси, если известно, что для сжигания  $27 \text{ г}$  такой смеси потребовалось  $22,4 \text{ л}$  (н.у.) кислорода.
- 4-63.** Вычислите массовые доли цинка и магния в смеси, для окисления  $68,5 \text{ г}$  которой потребовалось  $32 \text{ г}$  кислорода.
- 4-64.** Вычислите массовые доли алюминия и магния, если известно, что для сжигания  $78 \text{ г}$  такой смеси потребовалось  $44,8 \text{ л}$  (н.у.) кислорода.
- 4-65.** При окислении  $80 \text{ г}$  смеси порошков магния и меди образовалось  $120 \text{ г}$  смеси оксидов данных металлов. Рассчитайте массовые доли металлов в исходной смеси.
- 4-66.** В результате сгорания  $126 \text{ г}$  смеси порошков алюминия и магния образовалось  $222 \text{ г}$  смеси оксидов этих металлов. Вычислите массовые доли металлов в исходной смеси.

## Решения

**Задача 4-57.** Обозначим неизвестный металл «Me» и запишем уравнение реакции:



Пусть  $x$  г/моль — молярная масса этого металла, тогда молярная масса его оксида равна  $(2x + 48)$  г/моль. Выразим количества вещества металла и его оксида через  $x$ :

$$n(\text{Me}) = \frac{13,5}{x} \text{ моль};$$

$$n(\text{Me}_2\text{O}_3) = \frac{25,5}{2x + 48} \text{ моль}.$$

Составим пропорцию:

$$\frac{13,5}{x} \text{ моль металла соответствуют } \frac{25,5}{2x + 48} \text{ моль оксида}$$

4 моль металла соответствуют 2 моль оксида

Решаем уравнение:

$$\frac{4 \cdot 25,5}{2x + 48} = \frac{2 \cdot 13,5}{x}.$$

Получаем:  $x = 27$ . Таким образом, молярная масса этого металла равна 27 г/моль. Такова молярная масса алюминия. Алюминий действительно подходит, так как в соединениях он трехвалентен.

## Контрольная работа по теме «Газы. Кислород. Горение»

### Вариант 1

1. Какой объем при нормальных условиях займут а) 0,25 моль азота; б)  $6,02 \cdot 10^{21}$  молекул азота; в) 0,14 г азота?

2. Какая масса воды потребуется для электролиза, чтобы получить 112 л (н.у.) кислорода?

3. Напишите уравнения реакций горения магния, угля, железа, метана  $\text{CH}_4$ . Подпишите названия продуктов реакции.

4. Вычислите массу оксида фосфора(V), который образуется при сгорании 7,75 г фосфора. Рассчитайте объем кислорода (н.у.), который необходим для этого.

5. Приведите пример каталитической реакции. Какова роль катализатора?

## Вариант 2

1. Какой объем при нормальных условиях займут а) 0,75 моль хлора; б)  $6,02 \cdot 10^{24}$  молекул хлора; в) 0,71 г хлора?
2. Какая масса воды потребуется для электролиза, чтобы получить 28 л (н.у.) водорода?
3. Напишите уравнения реакций горения алюминия, серы, меди, пропана  $C_3H_8$ . Подпишите названия продуктов реакции.
4. Вычислите массу фосфора и объем кислорода (н.у.), которые потребуются для получения 35,5 г оксида фосфора(V).
5. Что такое воздух? Как можно разделить воздух на составляющие его компоненты? На какие? На чем основано такое разделение?

## 5.1. Классификация неорганических веществ

Схема. Классификация простых и сложных веществ



**Простое вещество** – это вещество, образованное атомами какого-либо одного элемента. Все остальные вещества являются сложными.

**Бинарные соединения** – вещества, образованные атомами двух химических элементов.

**Оксиды** – это вещества, образованные атомами двух элементов, одним из которых является кислород\*.

**Кислоты** – вещества, молекулы которых состоят из одного или нескольких атомов водорода, способных замещаться на атомы металлов, и кислотных остатков.

**Основания** – вещества, образованные атомами металлов и гидроксогруппами –ОН.

**Соли\*\*** – вещества, образованные атомами металлов и кислотными остатками.

\* Степень окисления кислорода в оксидах равна –2. Определение степени окисления дано в главе 7.

\*\* В дальнейшем определение солей уточняется на с. 63.

## Вопросы и задания

**5-1.** Из списка выберите формулы а) простых веществ, б) бинарных соединений, в) соединений из трех элементов:

а)	б)	в)	г)	д)	е)
$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{Li}_3\text{N}$	$\text{Ca}$	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	$\text{S}_8$	$\text{Na}_2\text{CO}_3$
$\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$	$\text{K}_2\text{CO}_3$	$\text{Ca}_3\text{N}_2$	$\text{CaF}_2$	$\text{C}_3\text{H}_7\text{O}_2$	$\text{Mg}_2\text{Si}$
$\text{Cu}$	$\text{N}_2$	$\text{N}_2\text{O}$	$\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2$	$\text{N}_2\text{O}_5$	$\text{O}_2$
$\text{CaC}_2$	$\text{Al}_4\text{C}_3$	$\text{Na}_2\text{SiO}_3$	$\text{H}_2$	$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$	$\text{PbO}_2$

**5-2.** Дайте названия веществам, формулы которых записаны ниже:

- а)  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{Ag}_2\text{O}$ ,  $\text{ZnO}$ ,  $\text{BaO}$ ,  $\text{Li}_2\text{O}$ ,  $\text{HgO}$ ;  
б)  $\text{CaO}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{PbO}_2$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SO}_3$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ;  
в)  $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{NaI}$ ,  $\text{AlF}_3$ ,  $\text{PbS}$ ,  $\text{Cu}_2\text{S}$ ,  $\text{FeBr}_3$ ,  $\text{PCl}_5$ ;  
г)  $\text{TeO}_2$ ,  $\text{Cl}_2\text{O}_7$ ,  $\text{K}_2\text{S}$ ,  $\text{SF}_6$ ,  $\text{SCl}_2$ ,  $\text{Ca}_3\text{N}_2$ ,  $\text{NCl}_3$ ,  $\text{FeI}_2$ ;  
д)  $\text{CCl}_4$ ,  $\text{Al}_4\text{C}_3$ ,  $\text{NaNH}$ ,  $\text{Li}_2\text{Se}$ ,  $\text{Sr}_3\text{P}_2$ ,  $\text{AsCl}_3$ ,  $\text{Mg}_2\text{Si}$ ,  $\text{BF}_3$ .

**5-3.** По названиям веществ составьте их формулы:

а)	б)
оксид натрия	оксид алюминия
оксид серебра	оксид марганца(IV)
оксид цинка	оксид марганца(VII)
оксид магния	оксид меди(I)
оксид бора	оксид ванадия(V)
оксид углерода(IV)	оксид железа(III)
оксид серы(VI)	оксид золота(III)
в)	г)
оксид азота(I)	сульфид серебра
оксид вольфрама(VI)	нитрид лития
сульфид алюминия	карбид алюминия
бромид свинца(II)	селенид натрия
иодид калия	фосфид кальция
фторид цинка	хлорид аммония
сульфид железа(II)	сульфид аммония

**5-4.** Составьте формулы следующих веществ: оксида железа(II), хлорида хрома(III), хлорида олова(IV), сульфида натрия.

**5-5.** Дайте названия солям, формулы которых приведены ниже:

а)	б)	в)	г)	д)	е)	ж)
$\text{NaNO}_3$	$\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$	$\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$	$\text{BaF}_2$	$\text{Al}(\text{NO}_3)_3$	$\text{Na}_2\text{SO}_3$	$\text{NH}_4\text{Cl}$
$\text{KCl}$	$\text{Ba}_3(\text{PO}_4)_2$	$\text{CaSO}_3$	$\text{CaCO}_3$	$\text{Li}_2\text{S}$	$\text{CuCl}_2$	$(\text{NH}_4)_2\text{S}$
$\text{CaSO}_4$	$\text{BaSO}_4$	$\text{Li}_2\text{CO}_3$	$\text{Pb}_3(\text{PO}_4)_2$	$\text{K}_2\text{SiO}_3$	$\text{CuS}$	
$(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Ba}$						
$\text{AlCl}_3$	$\text{BaCO}_3$	$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$	$\text{FeSO}_4$	$\text{Na}_2\text{SO}_4$	$\text{AlPO}_4$	$\text{CH}_3\text{COONH}_4$

**5-6.** По названиям солей (см. перечень ниже) составьте их молекулярные формулы. Солями каких кислот они являются? Результаты выполнения этого упражнения представьте в виде таблицы:

Название вещества	Формула вещества	Формула соответствующей кислоты	Название кислоты, которой соответствует соль
-------------------	------------------	---------------------------------	--

Перечень солей: а) сульфат натрия, сульфат алюминия, карбонат калия, нитрат серебра, сульфид серебра, фосфат бария, силикат магния, хлорид меди(II);

б) нитрат железа(III), сульфат свинца(II), хлорид хрома(III), сульфид калия, сульфит калия, сульфат калия, фосфат алюминия, фосфат кальция, хлорид титана(IV);

в) сульфид железа(II), сульфат железа(II), сульфит железа(II), сульфат железа(III), сульфид серебра, сульфат меди(II), сульфит калия, сульфат магния; сульфид цинка;

г) карбонат железа(II), нитрат железа(III), ацетат магния, хлорид бария, бромид калия, иодид натрия, ацетат свинца(II), фосфат калия;

д) ацетат цезия, нитрит бария, карбонат аммония, хлорат калия, перхлорат калия, селенат натрия, метафосфат натрия.

**5-7.** Дайте названия веществам, формулы которых приведены ниже, и укажите, формула какого вещества (простого или сложного) написана. К каким классам относятся сложные вещества?

а) $\text{Cu}(\text{OH})_2$	б) $\text{CO}_2$	в) $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$	г) $\text{H}_3\text{PO}_4$	д) $\text{Si}$	е) $\text{NaOH}$
$\text{P}_2\text{O}_5$	$\text{K}_2\text{CO}_3$	$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{ZnSO}_4$	$\text{Zn}$
$\text{Cl}_2$	$\text{HCl}$	$\text{Zn}(\text{OH})_2$	$\text{HgCl}_2$	$\text{HgO}$	$\text{CaSiO}_3$
$\text{H}_2\text{SiO}_3$	$\text{Cu}_3(\text{PO}_4)_2$	$\text{SiO}_2$	$\text{P}_4$	$\text{H}_2\text{SO}_3$	$\text{SO}_3$

**5-8.** Дайте названия веществам, формулы которых приведены ниже, и укажите, к какому классу они относятся:

а) $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$	б) $\text{H}_3\text{BO}_3$	в) $\text{KCNS}$
$\text{Na}_2\text{O}_2$	$\text{Fe}(\text{OH})_3$	$\text{HCNO}$
$\text{Ca}(\text{ClO})_2$	$\text{S}_8$	$\text{RbClO}_3$
$(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Pb}$	$\text{KClO}_4$	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$

**5-9.** По названиям веществ составьте их формулы и назовите класс, к которому они относятся.

Гидроксид бария, фторид бария, бромид алюминия, сульфид меди(II), силикат магния, ортофосфат цинка, сульфат свинца(II), гидроксид магния, бромид железа(III), карбонат цезия, сульфат натрия десятиводный, хлорид кальция шестиводный, сульфат кальция двуводный.

## 5.2. Оксиды

**Осно́вные оксиды** — оксиды, которым соответствуют основания. Осно́вные оксиды образованы, как правило, металлами, причем валентность металлов в таких оксидах равна единице или двум. (Есть исключения; например, BeO и ZnO — амфотерные оксиды, а La<sub>2</sub>O<sub>3</sub> — основной оксид.)

**Кислотные оксиды** — оксиды, которым соответствуют кислоты. Кислотные оксиды образованы неметаллами или некоторыми металлами, причем валентность металлов в таких оксидах, как правило, равна V, VI, VII.

**Амфотерные оксиды** — оксиды, которым соответствуют амфотерные гидроксиды. Они взаимодействуют с кислотами как основные оксиды, а со щелочами — как кислотные оксиды. Амфотерные оксиды образованы металлами, причем металл в амфотерном оксиде проявляет валентность III, IV и иногда II.

### Вопросы и задания

**5-10.** Из списка оксидов выберите амфотерные: SO<sub>2</sub>, MgO, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, BaO, ZnO, B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, BeO, CrO, Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

**5-11.** Из списка выберите элементы, которые образуют кислотные оксиды: сера, фосфор, магний, цинк, углерод, железо. Напишите формулы этих оксидов.

**5-12.** Из списка выберите элементы, которые образуют основные оксиды: кальций, хлор, азот, натрий, углерод, кремний, медь. Напишите формулы этих оксидов.

**5-13.** Дайте названия оксидам, формулы которых записаны ниже, и укажите их характер:

а)	б)	в)	г)	д)	е)
N <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	BaO	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Cu <sub>2</sub> O	BeO	WO <sub>3</sub>
CaO	Cl <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	CuO	SnO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	BeO
SO <sub>3</sub>	ZnO	SO <sub>3</sub>	Mn <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	K <sub>2</sub> O	TeO <sub>2</sub>
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	MoO <sub>3</sub>	CO <sub>2</sub>	CrO <sub>3</sub>	V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>

**5-14.** Некоторый металл образует ряд оксидов, среди которых MO<sub>3</sub>, MO и M<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Укажите, какой характер (основный, кислотный, амфотерный) имеет каждый из оксидов.

**5-15.** Составьте формулы следующих оксидов и укажите их характер:

а)	б)
оксид углерода(IV)	оксид магния
оксид натрия	оксид меди(II)
оксид кальция	оксид марганца(VII)
оксид серы(VI)	оксид хрома(III)
оксид фосфора(V)	оксид цинка
оксид лития	оксид селена(VI)
в)	г)
оксид фосфора(V)	оксид кремния
оксид лития	оксид хрома(VI)
оксид бериллия	оксид алюминия

оксид серы(IV)

оксид мышьяка(III)

оксид марганца(II)

оксид хрома(II)

оксид серебра

оксид марганца(IV)

**5-16.** В каком оксиде массовая доля кислорода больше:

а)  $\text{BaO}$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{ZnO}$ ,  $\text{FeO}$ ,  $\text{CuO}$ ; б)  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{N}_2\text{O}_5$ ?

**5-17.** Напишите уравнения реакций оксида магния а) с азотной кислотой,

б) с оксидом серы(VI), в) с оксидом фосфора(V).

**5-18.** Напишите уравнения реакций оксида фосфора(V) а) с гидроксидом

кальция, б) с оксидом натрия, в) с оксидом бария.

**5-19.** Из списка оксидов выберите те, которые реагируют с водой, и напишите уравнения реакций.

Оксид кальция, оксид серы(VI), оксид серебра, оксид алюминия, оксид фосфора(V), оксид железа(II).

**5-20.** Из списка оксидов выберите те, которые реагируют с водой, и напишите уравнения реакций.

Оксид углерода(IV), оксид азота(V), оксид натрия, оксид меди(II), оксид цинка, оксид кремния(IV).

**5-21.** Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить цепочку превращений веществ:

а) Кислород  $\rightarrow$  Оксид кальция  $\rightarrow$  Гидроксид кальция;

б) Водород  $\rightarrow$  Вода  $\rightarrow$  Ортофосфорная кислота;

в) Сера  $\rightarrow$  Оксид серы(IV)  $\rightarrow$  Сернистая кислота.

**5-22.** С какими из перечисленных веществ будет взаимодействовать оксид меди(II): вода, оксид азота(V), соляная кислота, оксид бария, серная кислота, гидроксид натрия? Запишите уравнения возможных реакций.

**5-23.** С какими из перечисленных веществ будет взаимодействовать оксид углерода(IV): вода, гидроксид калия, соляная кислота, оксид магния, оксид серы(IV), азотная кислота? Запишите уравнения возможных реакций.

**5-24.** В лаборатории имеется набор реактивов: гидроксид натрия, серная кислота, оксид натрия, оксид кремния(IV). Напишите уравнения возможных реакций, протекающих между данными веществами попарно.

**5-25.** Запишите уравнения реакций, доказывающих амфотерность а) оксида цинка, б) оксида алюминия.

**5-26.** Вычислите массу оксида магния, который можно получить при сгорании 36 г магния.

**5-27.** Вычислите массу оксида алюминия, который можно получить при сгорании 135 г порошка алюминия.

**5-28.** Вычислите массу железной окалины  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ , которую можно получить при сгорании 140 г порошка железа.

**5-29.** Вычислите массу смеси оксидов, которая образуется при сгорании 500 г смеси угля и серы в избытке кислорода. Массовая доля угля в смеси составляет 24%.

**5-30.** Вычислите массу смеси оксидов, которая образуется при сгорании 200 г смеси порошка магния и алюминия. Массовая доля алюминия в смеси составляет 54%.

- 5-31.** Вычислите массу фосфора и массу кислорода, которые потребуются для получения оксида фосфора(V) массой 71 г.
- 5-32.** Вычислите массу алюминия и массу кислорода, которые потребуются для получения оксида алюминия массой 25,5 г.
- 5-33.** Рассчитайте, хватит ли 23,2 г железной окалины  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  для получения а) 16,8 г железа; б) 22,4 г железа; в) 11,2 г железа; г) 10 г железа?
- 5-34.** Рассчитайте, хватит ли 35,5 г фосфорного ангидрида  $\text{P}_2\text{O}_5$  для получения а) 15,5 г фосфора; б) 24,8 г фосфора; в) 9,3 г фосфора; г) 21,7 г фосфора?
- 5-35.** Вычислите массы реагентов, которые потребуются для получения 4 г оксида магния.
- 5-36.** Вычислите массу меди и объем кислорода (н.у.), которые потребуются для получения 8 г оксида меди(II).
- 5-37.** Вычислите массу и объем (н.у.) водорода и кислорода, которые потребуются для получения 90 г воды.
- 5-38.** Вычислите объем кислорода, который потребуется для полного сгорания а) 5 л метана ( $\text{CH}_4$ , газ); б) 8 л ацетилена ( $\text{C}_2\text{H}_2$ , газ); в) 3 л сероводорода ( $\text{H}_2\text{S}$ , газ). Вычислите объемы образовавшихся в результате реакции газообразных веществ. (Все объемы газов указаны при одинаковых условиях.)
- 5-39.** Вычислите объем кислорода, который потребуется для полного сгорания а) 7 л этилена ( $\text{C}_2\text{H}_4$ , газ); б) 8 л пропана ( $\text{C}_3\text{H}_8$ , газ); в) 9 л сероводорода ( $\text{H}_2\text{S}$ , газ). Вычислите объемы образовавшихся в результате реакции газообразных веществ. (Все объемы газов указаны при одинаковых условиях.)
- 5-40.** Для сжигания 24,8 г фосфора взяли 2 моль кислорода. Вычислите массу образовавшегося оксида фосфора(V).
- 5-41.** Для сжигания 24 г угля взяли 67,2 л (н.у.) кислорода. Вычислите массу образовавшегося углекислого газа.
- 5-42.** Для сжигания 160 г серы взяли 56 л (н.у.) кислорода. Вычислите массу образовавшегося диоксида серы.
- 5-43.** Для сжигания 10 г водорода взяли 96 г кислорода. Вычислите массу образовавшейся воды и массу оставшегося реагента.
- 5-44.** Для полного сгорания 14 г некоторого простого вещества потребовалось 11,2 л (н.у.) кислорода. В полученном оксиде элемент, который образовывал исходное простое вещество, четырехвалентен. О каком элементе и о каком простом веществе идет речь?
- 5-45.** При нагревании порошка красного цвета на воздухе образовался порошок черного цвета. Подумайте, какие вещества могли участвовать в такой реакции. Напишите уравнение данной реакции.

### 5.3. Основания

**Щелочи** — растворимые в воде сильные основания. Это гидроксиды щелочных и щелочноземельных металлов: LiOH, NaOH, KOH, RbOH, CsOH, Ca(OH)<sub>2</sub>, Sr(OH)<sub>2</sub>, Ba(OH)<sub>2</sub>. Все остальные основания относят к нерастворимым в воде.

**Нейтрализация** — взаимодействие щелочей с кислотами.

#### Вопросы и задания

- 5-46.** Составьте формулы следующих веществ: гидроксида бария, гидроксида алюминия, гидроксида меди(II), гидроксида калия, гидроксида хрома(II), гидроксида никеля(II). Из этого списка выберите щелочи.
- 5-47.** Напишите уравнения реакций гидроксида калия а) с азотной кислотой, б) с оксидом фосфора(V), в) с раствором нитрата меди(II).
- 5-48.** Напишите уравнения реакций гидроксида магния а) с серной кислотой, б) с соляной кислотой, в) с оксидом серы(VI).
- 5-49.** Напишите уравнения следующих реакций: а) взаимодействие щелочи с раствором соли, б) взаимодействие щелочи с кислотным оксидом, в) разложение нерастворимого основания при нагревании.
- 5-50.** Из списка оснований выберите те, которые будут взаимодействовать с раствором хлорида железа(III), и напишите уравнения реакций.  
Гидроксид меди(II), гидроксид натрия, гидроксид бария, гидроксид цинка.
- 5-51.** Закончите уравнения осуществимых реакций:
- |   |   |   |
|---|---|---|
| $\text{Ca} + \text{H}_2\text{O} = \dots$  | $\text{P}_2\text{O}_5 + \text{H}_2\text{O} = \dots$ | $\text{P}_2\text{O}_5 + \text{NaOH} = \dots$          |
| $\text{SO}_3 + \text{CO}_2 = \dots$       | $\text{CaO} + \text{P}_2\text{O}_5 = \dots$         | $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{Cu}_2\text{O} = \dots$ |
| $\text{BaO} + \text{H}_2\text{O} = \dots$ | $\text{FeO} + \text{H}_2\text{O} = \dots$           | $\text{ZnO} + \text{HNO}_3 = \dots$                   |
| $\text{CaO} + \text{CO}_2 = \dots$        | $\text{MgO} + \text{HCl} = \dots$                   | $\text{P}_2\text{O}_5 + \text{Ca(OH)}_2 = \dots$      |
- 5-52.** Закончите уравнения осуществимых реакций:
- |  |   |   |
|--|---|---|
| $\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} = \dots$         | $\text{ZnO} + \text{H}_2\text{O} = \dots$   | $\text{Ca(OH)}_2 + \text{SO}_2 = \dots$                 |
| $\text{N}_2\text{O}_5 + \text{Ca(OH)}_2 = \dots$   | $\text{ZnO} + \text{N}_2\text{O}_5 = \dots$ | $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{MgO} = \dots$            |
| $\text{MgO} + \text{SO}_3 = \dots$                 | $\text{Ba} + \text{H}_2\text{O} = \dots$    | $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{Al}_2\text{O}_3 = \dots$ |
| $\text{Na}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O} = \dots$ | $\text{Cu(OH)}_2 = \dots$                   | $\text{SO}_3 + \text{KOH} = \dots$                      |
- 5-53.** Закончите уравнения осуществимых реакций:
- |  |   |   |
|--|---|---|
| $\text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \dots$         | $\text{CrO} + \text{H}_2\text{O} = \dots$           | $\text{HCl} + \text{Al}_2\text{O}_3 = \dots$            |
| $\text{Cs} + \text{H}_2\text{O} = \dots$           | $\text{Cr(OH)}_3 = \dots$                           | $\text{KOH} + \text{N}_2\text{O}_5 = \dots$             |
| $\text{Li}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O} = \dots$ | $\text{MgO} + \text{P}_2\text{O}_5 = \dots$         | $\text{CO}_2 + \text{Ca(OH)}_2 = \dots$                 |
| $\text{Na}_2\text{O} + \text{SO}_2 = \dots$        | $\text{N}_2\text{O}_5 + \text{H}_2\text{O} = \dots$ | $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{Cr}_2\text{O}_3 = \dots$ |
- 5-54.** Из списка оснований выберите те, которые разлагаются при нагревании: гидроксид железа(III), гидроксид бария, гидроксид цинка, гидроксид свинца(II), гидроксид натрия. Напишите уравнения реакций.
- 5-55.** Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно получить а) гидроксид бария, б) гидроксид свинца(II).
- 5-56.** Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно получить а) гидроксид калия, б) гидроксид железа(III).

- 5-57.** Напишите уравнения реакций, которые могут протекать между гидроксидом калия, соляной кислотой и оксидом фосфора(V), взятыми попарно.
- 5-58.** Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить цепочку превращений веществ:
- а) Натрий → Гидроксид натрия → Нитрат натрия;
  - б) Калий → Гидроксид калия → Карбонат калия;
  - в) Медь → Оксид меди(II) → Хлорид меди(II) → Гидроксид меди(II) → Оксид меди(II);
  - г) Кальций → Оксид кальция → Гидроксид кальция → Хлорид кальция;
  - д) Цинк → Оксид цинка → Нитрат цинка → Гидроксид цинка → Сульфат цинка;
  - е) Барий → Гидроксид бария → Ацетат бария.
- 5-59.** В двух склянках без этикеток находятся раствор гидроксида натрия и соляная кислота. Предложите способы идентификации\* веществ.
- 5-60.** Вычислите массу гидроксида натрия и объем водорода (н.у.), которые образуются при взаимодействии 5,75 г натрия с водой.
- 5-61.** Вычислите массу гидроксида калия и объем водорода, которые образуются при взаимодействии 7,8 г калия с водой.
- 5-62.** При взаимодействии кальция с водой образовалось 37 г гидроксида кальция. Вычислите массы исходных веществ, необходимые для получения данного количества продукта реакции.
- 5-63.** При взаимодействии бария с водой образовалось 17,1 г гидроксида бария. Вычислите массы реагентов, необходимых для получения данного количества продукта реакции.
- 5-64.** Вычислите массу азотной кислоты, необходимую для нейтрализации
- а) 10 г гидроксида натрия; б) 60 г гидроксида лития; в) 12,2 г гидроксида стронция.
- 5-65.** Вычислите массу гидроксида калия, необходимую для полной нейтрализации
- а) 29,2 г хлороводорода; б) 25,2 г азотной кислоты; в) 49 г серной кислоты.
- 5-66.** В раствор гидроксида натрия пропустили 6,72 л (н.у.) углекислого газа. Вычислите массу образовавшегося карбоната натрия.
- 5-67.** В раствор гидроксида кальция пропустили 224 мл (н.у.) углекислого газа. Вычислите массу образовавшегося карбоната кальция.
- 5-68.** Фосфорный ангидрид, полученный при сгорании 6,2 г фосфора, обработали избытком щелочи. Вычислите массу образовавшегося фосфата натрия.
- 5-69.** Газ, образовавшийся при сгорании 32 г метана  $\text{CH}_4$ , пропустили в раствор гидроксида бария. Вычислите массу образовавшегося карбоната бария.
- 5-70.** Газ, образовавшийся при сгорании 4,4 г пропана  $\text{C}_3\text{H}_8$ , пропустили в раствор гидроксида натрия. Вычислите массу образовавшегося карбоната натрия.

---

\* *Идентификация* – установление тождества. В данном случае требуется определить, какое вещество находится в каждой из склянок.

- 5-71.** Смешали два раствора, один из которых содержал 0,5 моль гидроксида натрия, а второй — 0,25 моль хлороводорода. Вычислите массу образовавшейся соли.
- 5-72.** Смешали два раствора. Первый содержал 44,8 г гидроксида калия, второй — 44,1 г азотной кислоты. Вычислите массу образовавшейся соли и массу оставшегося в избытке реагента.
- 5-73.** Раствор, содержащий 8 г гидроксида натрия, смешали с раствором, содержащим 18,9 г азотной кислоты. Вычислите массу образовавшейся соли. Вычислите массу оставшегося после реакции исходного вещества, взятого в избытке.
- 5-74.** К 200 г 20%-ного раствора гидроксида натрия добавили в стехиометрическом соотношении азотную кислоту. Вычислите массу образовавшейся соли.
- 5-75.** К 126 г 25%-ного раствора азотной кислоты добавили в стехиометрическом соотношении гидроксид калия. Вычислите массу образовавшейся соли.
- 5-76.** К 200 г раствора гидроксида натрия добавили в стехиометрическом соотношении соляную кислоту. В результате реакции образовалось 11,7 г соли. Вычислите массовую долю щелочи в исходном растворе.
- 5-77.** К 196 г раствора серной кислоты добавили в стехиометрическом соотношении гидроксид натрия. В результате реакции образовался 71 г сульфата натрия. Вычислите массовую долю серной кислоты в исходном растворе.
- 5-78.** Смешали 80 г 10%-ного раствор гидроксида натрия и 14,6 г 25%-ного раствора соляной кислоты. Вычислите а) массу образовавшейся соли; б) массовую долю соли в образовавшемся растворе; в) массу оставшегося в избытке реагента; г) массовую долю оставшегося в избытке реагента в растворе.

## 5.4. Кислоты

**Бескислородные кислоты** — кислоты, в молекулах которых не содержатся атомы кислорода.

**Кислородсодержащие кислоты** — кислоты, в молекулах которых содержатся атомы кислорода.

**Одноосновные кислоты** — кислоты, в молекулах содержится один атом водорода, способный замещаться на атом металла.

**Двухосновные кислоты** — кислоты, в молекулах которых содержатся два атома водорода, способных замещаться атомами металла.

**Трехосновные кислоты** — кислоты, в молекулах которых содержатся три атома водорода, способных замещаться атомами металла.

**Сильные кислоты:** соляная  $\text{HCl}$ , серная  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , азотная  $\text{HNO}_3$ .

### Вопросы и задания

- 5-79.** Приведите примеры кислот: а) бескислородных, б) кислородсодержащих.
- 5-80.** Приведите примеры кислот: а) одноосновных, б) двухосновных, в) трехосновных.
- 5-81.** Напишите уравнения реакций, в результате которых можно получить а) соляную кислоту, б) сернистую кислоту, в) азотную кислоту, г) сероводородную кислоту, д) кремниевую кислоту.
- 5-82.** С какими из перечисленных металлов реагирует соляная кислота: серебро, цинк, алюминий, железо, ртуть? Запишите уравнения возможных реакций.
- 5-83.** С какими из перечисленных металлов реагирует разбавленная серная кислота: олово, магний, медь, алюминий, железо? Запишите уравнения возможных реакций.
- 5-84.** Напишите уравнения реакций, которые происходят при взаимодействии соляной кислоты а) с магнием, б) с оксидом магния, в) с гидроксидом магния, г) с сульфидом натрия.
- 5-85.** Напишите уравнения реакций между азотной кислотой и а) оксидом меди(II), б) гидроксидом алюминия, в) силикатом натрия, г) карбонатом кальция.
- 5-86.** С какими из перечисленных солей взаимодействует соляная кислота: сульфат натрия, сульфид железа(II), силикат калия, нитрат алюминия? Запишите уравнения реакций.
- 5-87.** С какими из перечисленных веществ взаимодействует серная концентрированная кислота: сульфит калия, хлорид натрия, нитрат магния, сульфат натрия, фосфат кальция? Запишите уравнения реакций.
- 5-88.** Запишите уравнения возможных реакций.

а	б	в
Карбонат калия + + Азотная кислота	Цинк + Фосфорная кислота	Оксид серебра + + Азотная кислота
Магний + Соляная кислота	Силикат калия + + Серная кислота	Алюминий + Соляная кислота
Медь + Серная кислота	Оксид серы(VI) + + Соляная кислота	Сульфид калия + + Соляная кислота
Оксид меди(II) + + Серная кислота	Оксид цинка + + Азотная кислота	Серебро + Соляная кислота
Азотная кислота + + Оксид углерода(IV)	Гидроксид хрома(III) + + Серная кислота	Нитрат железа(III) + + Угольная кислота
Сульфат натрия + + Соляная кислота	Ртуть + Серная кислота	Кремниевая кислота + + Гидроксид калия
Гидроксид бария + + Фосфорная кислота	Нитрат железа(III) + + Соляная кислота	Оксид хрома(VI) + + Серная кислота

- 5-89.** Запишите уравнения реакций, при помощи которых можно осуществить цепочки превращений веществ:
- а) Углерод → Углекислый газ → Карбонат натрия → Угольная кислота → Карбонат бария;
  - б) Натрий → Гидроксид натрия → Нитрат натрия → Азотная кислота → Нитрат меди(II) → Гидроксид меди(II);
  - в) Фосфор → Оксид фосфора(V) → Фосфорная кислота → Фосфат кальция → Ортофосфорная кислота → Фосфат натрия;
  - г) Калий → Гидроксид калия → Карбонат калия → Хлорид калия → Сульфат калия;
  - д) Сера → Сульфид железа(II) → Сероводород → Сульфид натрия → Сульфат натрия;
  - е) Магний → Ацетат магния → Уксусная кислота → Ацетат калия.
- 5-90.** Даны вещества: углекислый газ, гидроксид натрия, соляная кислота, оксид магния. Напишите уравнения возможных реакций между данными веществами, взятыми попарно.
- 5-91.** Даны вещества: оксид фосфора(V), гидроксид калия, азотная кислота, оксид кальция. Напишите уравнения возможных реакций между данными веществами, взятыми попарно.
- 5-92.** В трех склянках без этикеток находятся растворы гидроксида кальция, азотной кислоты, хлорида натрия. Предложите простейший способ идентификации веществ.
- 5-93.** Вычислите объем водорода (н.у.), который образуется при растворении 7,2 г магния в соляной кислоте. Рассчитайте массу образовавшейся соли.
- 5-94.** Вычислите объем водорода (н.у.), который образуется при растворении 14 г железа в соляной кислоте. Рассчитайте массу образовавшейся соли.
- 5-95.** Вычислите массу серной кислоты, которая потребуется для реакции с порцией оксида магния массой 8 г. Рассчитайте массу образовавшейся соли.
- 5-96.** Вычислите массу азотной кислоты, которая потребуется для реакции с порцией оксида меди(II) массой 8 г.
- 5-97.** К 65 г 10%-ного раствора азотной кислоты добавили гидроксид калия в стехиометрическом соотношении. Вычислите массу образовавшейся соли. Рассчитайте массу гидроксида калия, вступившего в реакцию.
- 5-98.** К 365 г 5%-ного раствора соляной кислоты добавили гидроксид лития в стехиометрическом соотношении. Вычислите массу образовавшейся соли и массу гидроксида лития, вступившего в реакцию.
- 5-99.** Вычислите массу 10%-ного раствора серной кислоты, который потребуется для полной нейтрализации 50 г гидроксида натрия.
- 5-100.** Вычислите массу 25%-ного раствора азотной кислоты, который потребуется для полной нейтрализации 18,5 г гидроксида кальция.
- 5-101.** Вычислите массу 12%-ного раствора серной кислоты, который потребуется для полной нейтрализации 560 г 20%-ного раствора гидроксида калия.
- 5-102.** Раствор соды массой 212 г с массовой долей карбоната натрия 10% обработали соляной кислотой в стехиометрическом соотношении. Вычислите

объем (н.у.) образовавшегося углекислого газа (взаимодействием углекислого газа с водой можно пренебречь). Рассчитайте массу образовавшейся соли.

**5-103.** Смешали 102,46 мл 16%-ного раствора едкого натра (плотность раствора — 1,22 г/см<sup>3</sup>) и 305,83 мл 5%-ного раствора азотной кислоты (плотность раствора — 1,03 г/см<sup>3</sup>). Вычислите а) массу образовавшейся соли; б) массовую долю этой соли в растворе; в) массовую долю реагента, оставшегося в растворе после реакции.

**5-104.** Смешали 126,13 мл 12%-ного раствора едкого кали (плотность раствора — 1,11 г/см<sup>3</sup>) и 8,93 мл 40%-ного раствора плавиковой кислоты (плотность раствора — 1,12 г/см<sup>3</sup>). Вычислите а) массу образовавшейся соли; б) массовую долю этой соли в растворе; в) массовую долю реагента, оставшегося в растворе после реакции.

**5-105.** В лаборатории потерялась этикетка от склянки, в которой находится некий черный порошок. Проводя исследование, лаборант обработал порцию данного вещества серной кислотой. При этом порошок растворился, а раствор приобрел синюю окраску. Предположите, какое вещество было в склянке. Напишите уравнение реакции, осуществленной лаборантом.

## 5.5. Соли

**Средняя соль** — соль, образованная только атомами металлов и кислотными остатками.

**Кислая соль** — продукт неполного замещения атомов водорода в молекуле кислоты на атомы металла.

**Оснóвная соль** — продукт неполного замещения гидроксогрупп в основании кислотными остатками.

### Вопросы и задания

**5-106.** Запишите формулы веществ в одну из колонок таблицы, в которой цифрами обозначены: 1 — оснóвные оксиды, 2 — кислотные оксиды, 3 — амфотерные оксиды, 4 — сильные кислоты, 5 — кислоты средней силы, 6 — слабые кислоты, 7 — щелочи, 8 — нерастворимые в воде основания.

Оксиды			Кислоты			Основания		Соли
1	2	3	4	5	6	7	8	

Формулы веществ:

а) Fe(OH)<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, CaCO<sub>3</sub>, HCl, CaO, H<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>, CO<sub>2</sub>, NaOH, B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>;

б) HNO<sub>3</sub>, CrO<sub>3</sub>, Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, HF, Ba(OH)<sub>2</sub>, CrO, H<sub>2</sub>S, Al(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub>, Cu(OH)<sub>2</sub>, SO<sub>3</sub>;

в) MnO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, FeO, CsOH, HBr, Ca<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, WO<sub>3</sub>, Fe(OH)<sub>3</sub>, FeCl<sub>3</sub>;

г) Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, MgO, RbOH, Sb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, ZnO, CH<sub>3</sub>COOH, Pb(OH)<sub>2</sub>, HI, CH<sub>3</sub>COONa.

Дайте названия этим веществам.

**5-107.** Формулы перечисленных ниже солей запишите в одну из колонок таблицы.

Соль сильного основания и сильной кислоты	Соль сильного основания и слабой кислоты	Соль слабого основания и сильной кислоты	Соль слабого основания и слабой кислоты

Перечень солей:

а) сульфид натрия	б) нитрат меди(II)	в) ацетат свинца(III)	г) сульфат калия
ацетат цинка	силикат цинка	хлорид калия	цианид аммония
карбонат бария	сульфат калия	сульфат ртути(II)	нитрат аммония
силикат калия	сульфид меди(II)	хлорид алюминия	нитрит натрия

**5-108.** Дайте названия веществам, формулы которых приведены ниже. Укажите тип соли (средняя, кислая, оснóвная).

а) $\text{KHCO}_3$	б) $\text{FeOHSO}_4$	в) $[\text{Fe}(\text{OH})_2]_2\text{SO}_4$	г) $(\text{FeOH})_2\text{SO}_4$
$\text{Cr}(\text{NO}_3)_3$	$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$	$\text{FeCl}_3$	$\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$
$\text{Cr}(\text{OH})_2\text{NO}_3$	$(\text{CuOH})_2\text{CO}_3$	$\text{NaHSO}_4$	$\text{Li}_2\text{HPO}_4$
$\text{Mg}(\text{HSO}_4)_2$	$\text{NaHS}$	$\text{K}_2\text{CO}_3$	$\text{CrOH}(\text{NO}_3)_2$

**5-109.** Составьте формулы следующих солей:

- а) гидрокарбонат аммония, гидросульфид рубидия, гидрофосфат бария;
- б) дигидрофосфат бария, гидросульфит магния, гидрофосфат алюминия;
- в) бромид гидроксиалюминия, бромид дигидроксиалюминия, нитрат гидроксортуты(II);
- г) карбонат гидроксомеди(II), сульфат гидроксиалюминия, фосфат гидроксиалюминия.

**5-110.** Приведенные ниже формулы определите в одну из колонок таблицы, дайте названия веществам:

- а)  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ,  $\text{Ba}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ ,  $\text{Ba}_3(\text{PO}_4)_2$ ,  $\text{BaOHNO}_3$ ,  $\text{Ba}(\text{OH})_2$ ,  $\text{BaHPO}_4$ ;
- б)  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ ,  $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{Mg}(\text{HSO}_4)_2$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $(\text{MgOH})_2\text{SO}_4$ .

Основания	Кислоты	Средние соли	Кислые соли	Оснóвные соли

**5-111.** Напишите формулы средних, кислых и оснóвных солей, которые теоретически могут быть образованы:

- а) гидроксидом цинка и азотной кислотой;
- б) гидроксидом калия и ортофосфорной кислотой;
- в) гидроксидом меди(II) и угольной кислотой;
- г) гидроксидом алюминия и фосфорной кислотой;
- д) гидроксидом натрия и азотной кислотой;
- е) гидроксидом железа(III) и серной кислотой.

**5-112.** Могут ли существовать соли «гидронитрат натрия» и «гидрохлорид калия»? Ответ обоснуйте.

**5-113.** Укажите, каким основаниям могут соответствовать следующие соли:

а)  $\text{KNO}_3$ ,  $\text{Fe}(\text{OH})_2\text{NO}_3$ ,  $(\text{FeOH})_2\text{SO}_4$ ,  $\text{CrOHCl}_2$ ;

б)  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{CrOH}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{Cr}(\text{OH})_2\text{Br}$ ,  $\text{CrOHSO}_4$ .

**5-114.** Какие вещества скрываются за бытовыми, техническими или историческими названиями?

а)

питьевая сода

малахит

медный купорос

железный купорос

б)

преципитат

аммофос

диаммофос

двойной суперфосфат

в)

хлорное железо

соль Мора

хромокалиевые квасцы

алюмоаммонийные квасцы

Ответ можете поискать в литературе по химии.

**5-115.** В каком соединении массовая доля водорода больше:

а) в гидрокарбонате кальция или карбонате гидроксомеди(II);

б) в гидросульфате железа(II) или сульфате гидроксожелеза(II)?

**5-116.** С растворами каких из перечисленных солей будет реагировать цинк: сульфат калия, нитрат меди(II), хлорид магния, нитрат серебра, хлорид ртути(II)? Запишите уравнения возможных реакций.

**5-117.** С растворами каких из перечисленных солей будет реагировать алюминий: хлорид свинца(II), сульфат железа(III), нитрат калия, нитрат железа(III), иодид бария? Запишите уравнения возможных реакций.

**5-118.** Что произойдет, если в раствор сульфата меди(II) бросить кусочек натрия? Запишите уравнения возможных реакций.

**5-119.** Напишите уравнения реакций, в результате которых можно получить а) хлорид алюминия, б) сульфат магния. Постарайтесь найти возможно большее число принципиально разных способов.

**5-120.** Напишите уравнения реакций, в результате которых можно получить а) нитрат цинка, б) хлорид меди(II). Постарайтесь найти возможно большее число принципиально разных способов.

**5-121.** Напишите уравнения реакций, в результате которых можно получить а) карбонат кальция, б) хлорид натрия. Постарайтесь найти максимальное число принципиально разных способов.

**5-122.** Напишите уравнения реакций, в результате которых образуется а) хлорид алюминия, б) сульфат магния. Постарайтесь найти возможно большее число принципиально разных способов.

**5-123.** Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения веществ:

а) Калий → Гидроксид калия → Карбонат калия → Нитрат калия → Сульфат калия;

б) Цинк → Хлорид цинка → Гидроксид цинка → Оксид цинка → Нитрат цинка;

в) Медь → Оксид меди(II) → Сульфат меди(II) → Гидроксид меди(II) → Оксид меди(II) → Хлорид меди(II);

г) Углерод → Углекислый газ → Карбонат натрия → Карбонат кальция → Углекислый газ;

д) Водород → Вода → Гидроксид натрия → Карбонат натрия → Нитрат натрия;

е) Сера → Сероводород → Сульфид натрия → Сульфид железа(II) → Сероводород.

**5-124.** Напишите уравнения реакций, при помощи которых можно осуществить следующие превращения веществ:

а) Натрий → Гидроксид натрия → Сульфид натрия → Хлорид натрия → Сульфат натрия;

б) Магний → Сульфат магния → Гидроксид магния → Оксид магния → Хлорид магния;

в) Свинец → Оксид свинца(II) → Нитрат свинца(II) → Гидроксид свинца(II) → Оксид свинца(II) → Сульфат свинца(II);

г) Сера → Сероводород → Сульфид калия → Хлорид калия → Соляная кислота.

**5-125.** Напишите уравнения реакций, при помощи которых можно осуществить следующие превращения веществ:

а) Кальций → Гидроксид кальция → Карбонат кальция → Нитрат кальция → Азотная кислота;

б) Алюминий → Сульфат алюминия → Гидроксид алюминия → Оксид алюминия → Нитрат алюминия;

в) Сера → Оксид серы(IV) → Сернистая кислота → Сульфит натрия → Сернистая кислота;

г) Кислород → Оксид алюминия → Сульфат алюминия → Гидроксид алюминия → Метаалюминат натрия.

**5-126.** Напишите уравнения реакций, при помощи которых можно осуществить следующие превращения веществ:

а) Алюминий → Хлорид алюминия → Нитрат алюминия → Гидроксид алюминия → Сульфат алюминия;

б) Медь → Хлорид меди(II) → Медь → Оксид меди(II) → Нитрат меди(II);

в) Железо → Хлорид железа(II) → Гидроксид железа(II) → Сульфат железа(II) → Железо;

г) Железо → Хлорид железа(III) → Нитрат железа(III) → Сульфат железа(III) → Железо.

**5-127.** В двух склянках без этикеток находятся дистиллированная вода и раствор поваренной соли. Перечислите способы, с помощью которых можно определить, какое вещество в каждой из склянок.

**5-128.** В трех колбах без этикеток находятся растворы сульфида натрия, сульфата натрия, нитрата натрия. Как химическим путем определить, какое вещество в каждой из колб?

**5-129.** В трех склянках без этикеток находятся растворы сульфида калия, хлорида калия, нитрата калия. Как химическим путем определить, какое вещество в каждой из склянок?

- 5-130.** В трех пробирках без этикеток находятся растворы карбоната натрия, сульфата натрия, нитрата натрия. Как химическим путем распознать, какое вещество находится в каждой из пробирок?
- 5-131.** Предложите способ получения а) карбоната натрия из гидрокарбоната натрия; б) гидрокарбоната натрия из карбоната натрия; в) карбоната натрия из гидроксида натрия; г) гидрокарбоната натрия из гидроксида натрия.
- 5-132.** Предложите способ получения а) сульфата натрия из гидросульфата натрия; б) гидросульфата натрия из сульфата натрия; в) сульфата натрия из серной кислоты; г) гидросульфата натрия из серной кислоты.
- 5-133.** Вычислите массу меди, которую можно получить при взаимодействии 5,4 г алюминия с раствором хлорида меди(II).
- 5-134.** Вычислите массу цинка, которая потребуется для восстановления 16 г меди из раствора сульфата меди. Вычислите массу сульфата меди, который потребуется для реакции.
- 5-135.** Вычислите массу осадка, образовавшегося при взаимодействии двух растворов, один из которых содержит 21,2 г карбоната натрия, а второй — хлорида кальция в стехиометрическом соотношении.
- 5-136.** Вычислите массу хлорида натрия, которая потребуется для того, чтобы при взаимодействии с 170 г 5%-ного раствора нитрата серебра получился осадок хлорида серебра. Вычислите массу этого осадка.
- 5-137.** Вычислите массу осадка, который образуется при взаимодействии двух растворов, причем первый содержит 35,5 г сульфата натрия, а второй — нитрат бария в стехиометрическом соотношении.
- 5-138.** К 49 г раствора серной кислоты добавили хлорид бария в стехиометрическом соотношении. В результате реакции образовалось 23,3 г соли. Вычислите массовую долю серной кислоты в исходном растворе.
- 5-139.** Смешали 662 г 25%-ного раствора нитрата свинца(II) и 150 г 50%-ного раствора иодида натрия. Вычислите а) массу образовавшегося осадка; б) массу образовавшейся соли в растворе; в) массовую долю соли в растворе; г) массу реагента, оставшегося после реакции; д) его массовую долю в растворе.
- 5-140.** Смешали 170 г 50%-ного раствора нитрата серебра и 164 г 10%-ного раствора фосфата натрия. Вычислите а) массу образовавшегося осадка; б) массу образовавшейся соли в растворе; в) ее массовую долю в растворе; г) массу реагента, оставшегося после реакции; д) его массовую долю в растворе.
- 5-141.** По названиям веществ составьте их формулы и назовите класс, к которому они относятся: цианид аммония, манганат калия, перманганат стронция, хромат бария, дихромат натрия, метафосфат лития, медный купорос, ацетат меди(II), оксалат натрия.
- 5-142.** Узнайте, какие вещества скрываются под перечисленными ниже бытовыми, техническими или историческими названиями веществ:

а)	б)	в)	г)
мел	едкий натр	хлорная известь	ляпис
известняк	едкое кали	негашеная известь	каустическая сода
мрамор	сулема	гашеная известь	кристаллическая сода
кальцит	каломель	алебастр	кальцинированная сода
купоросное	киноварь	гипс	глауберова соль
масло	кварц	бура	бертолетова соль
глинозем	чилийская	царская водка	веселящий газ
малахит	селитра		

В каждом случае укажите, к какому классу относится это вещество.

**5-143.** Вещество А светло-зеленого цвета разлагается при нагревании на вещество Б черного цвета, бесцветный газ и пары воды. При взаимодействии вещества Б с серной кислотой образуется раствор синего цвета. При добавлении к этому раствору щелочи выпадает синий студенистый осадок, разлагающийся при нагревании. О каких веществах А и Б идет речь? Напишите уравнения упомянутых здесь реакций.

## 5.6. Амфотерные гидроксиды

### Вопросы и задания

- 5-144.** Запишите формулы перечисленных здесь веществ: гидроксид бария, гидроксид алюминия, гидроксид цинка, гидроксид калия, гидроксид бериллия, азотная кислота, гидроксид кальция, гидроксид хрома(III), ортофосфорная кислота. Выберите из данного перечня формулы а) амфотерных гидроксидов, б) основных гидроксидов, в) кислотных гидроксидов.
- 5-145.** Напишите уравнения реакций, в ходе которых можно получить и доказать амфотерность а) гидроксида алюминия, б) гидроксида хрома(III).
- 5-146.** Напишите уравнения реакций, в ходе которых можно получить и доказать амфотерность а) гидроксида цинка, б) гидроксида бериллия.
- 5-147.** В трех склянках без этикеток находятся растворы хлорида натрия, хлорида алюминия, хлорида магния. Как химическим путем распознать, какое вещество в каждой из склянок?
- 5-148.** В трех колбах без этикеток находятся растворы нитрата калия, нитрата цинка, нитрата меди(II). Как химическим путем распознать, какое вещество в каждой из колб?
- 5-149.** В двух склянках без этикеток находятся растворы сульфата алюминия и гидроксида натрия. Как, не используя иных реактивов, распознать, какое вещество в каждой из склянок?
- 5-150.** Предложите способы получения цинката калия: а) из оксида цинка, б) из гидроксида цинка.
- 5-151.** Предложите способы получения алюмината натрия: а) из оксида алюминия, б) из гидроксида алюминия.

**5-152.** Напишите уравнения реакций, при помощи которых можно осуществить следующие превращения веществ:

а) Алюминий → Хлорид алюминия → Гидроксид алюминия → Алюминат натрия → Нитрат алюминия;

б) Цинк → Сульфат цинка → Гидроксид цинка → Цинкат калия → Хлорид цинка;

в) Цинк → Хлорид цинка → Гидроксид цинка → Оксид цинка → Цинкат натрия → Сульфат цинка → Нитрат цинка;

г) Алюминий → Нитрат алюминия → Гидроксид алюминия → Оксид алюминия → Алюминат натрия → Сульфат алюминия;

д) Цинк → Тетрагидроксоцинкат натрия → Нитрат цинка → Гидроксид цинка → Оксид цинка → Цинкат калия;

е) Алюминий → Тетрагидроксоалюминат калия → Хлорид алюминия → Гидроксид алюминия → Оксид алюминия → Алюминат натрия → Сульфат алюминия → Тетрагидроксоалюминат калия;

ж) Бериллий → Оксид бериллия → Нитрат бериллия → Гидроксид бериллия → Бериллат натрия → Сульфат бериллия.

## Решения

**Задача 5-16.** а) В этом примере в каждом из соединений на один атом кислорода приходится по одному атому какого-либо другого элемента. Значит, надо сравнивать их относительные атомные массы. Доля кислорода будет больше в том соединении, в котором относительная масса другого элемента меньше. В данном случае наименьшая относительная атомная масса у углерода, следовательно, в соединении CO массовая доля кислорода будет наибольшей.

б) В этом случае надо сравнивать соотношения относительных атомных масс элементов, образующих оксиды, и число атомов кислорода, приходящихся на 1 моль атомов элемента, образовавшего оксид. Очевидно, наибольшей будет массовая доля кислорода в оксиде азота(V), так как в этом соединении на 2 атома азота приходится 5 атомов кислорода; в то же время относительная атомная масса азота невелика и незначительно отличается от относительной атомной массы кислорода. Чтобы убедиться, что наши рассуждения верны, вычислим массовую долю кислорода во всех данных соединениях:

$$w(\text{O в Na}_2\text{O}) = 2 \cdot 23 / (2 \cdot 23 + 16) \approx 0,74;$$

$$w(\text{O в CO}_2) = 2 \cdot 16 / (2 \cdot 16 + 12) \approx 0,73;$$

$$w(\text{O в Fe}_2\text{O}_3) = 48 / 160 = 0,3;$$

$$w(\text{O в N}_2\text{O}_5) = 80 / 108 \approx 0,74.$$

Таким образом, действительно, наиболее высокая массовая доля кислорода в окси-

де азота(V), но проверка была необходима, так как в оксиде углерода(IV) массовая доля кислорода тоже достаточно высока.

**Задача 5-111.** а) Азотная кислота  $\text{HNO}_3$  — одноосновная, следовательно, соли этой кислоты не могут быть кислыми. Гидроксид цинка  $\text{Zn(OH)}_2$  — двухкислотное основание (т.е. в одной формульной единице гидроксида цинка содержатся две гидроксогруппы), следовательно, возможно замещение одной гидроксогруппы и образование основной соли. Итак, гидроксидом цинка и азотной кислотой могут быть образованы средняя соль  $\text{Zn(NO}_3)_2$  — нитрат цинка и основная соль  $\text{ZnOHNO}_3$  — нитрат гидроксоцинка.

б) Гидроксид калия  $\text{KOH}$  — однокислотное основание, не образующее основных солей. Ортофосфорная кислота  $\text{H}_3\text{PO}_4$  — трехосновная кислота, следовательно, возможно образование кислых солей в результате неполного замещения атомов водорода в молекуле ортофосфорной кислоты. Итак, существуют соли: средняя —  $\text{K}_3\text{PO}_4$  (фосфат калия) и кислые —  $\text{K}_2\text{HPO}_4$  (гидрофосфат калия),  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  (дигидрофосфат калия).

в) В данном случае основание гидроксид меди(II)  $\text{Cu(OH)}_2$  — двухкислотное и угольная кислота  $\text{H}_2\text{CO}_3$  — двухосновная, следовательно, теоретически возможны варианты: средняя соль  $\text{CuCO}_3$  — карбонат меди(II), кислая соль  $\text{Cu(HCO}_3)_2$  — гидрокарбонат меди(II), основная соль  $(\text{CuOH})_2\text{CO}_3$  — карбонат гидроксомеди(II).

г) Гидроксид алюминия — трехкислотное основание, может образовать основные соли, а ортофосфорная кислота (трехосновная кислота) — кислые соли. Возможны варианты: средняя соль  $\text{AlPO}_4$  — ортофосфат алюминия; кислые соли:  $\text{Al}_2(\text{HPO}_4)_3$  — гидроортофосфат алюминия и  $\text{Al(H}_2\text{PO}_4)_3$  — дигидроортофосфат алюминия; основные соли:  $(\text{AlOH})_3(\text{PO}_4)_2$  — ортофосфат гидроксоалюминия и  $[\text{Al(OH)}_2]_3\text{PO}_4$  — ортофосфат дигидроксоалюминия. Однако реально существует только нерастворимый в воде ортофосфат алюминия.

## Контрольная работа по теме «Основные классы неорганических соединений»

### Вариант 1

1. Напишите уравнения всех возможных реакций между следующими веществами: оксид магния, гидроксид натрия, серная кислота, оксид углерода(IV).

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

Фосфор → Оксид фосфора(V) → Фосфорная кислота → Фосфат калия → Фосфат кальция → Фосфорная кислота.

3. Напишите уравнения реакций, в результате которых образуется а) сульфат магния, б) гидроксид кальция. Найдите возможно большее число различных способов.

4. В трех склянках без этикеток находятся растворы сульфата калия, сульфида калия и нитрата калия. Как химическим путем распознать, какое вещество находится в каждой из склянок? Напишите уравнения реакций; ход распознавания представьте в виде таблицы.

5. Вычислите массу карбоната натрия, образовавшегося при пропуске 44,8 л (н.у.) углекислого газа через избыток раствора гидроксида натрия.

## Вариант 2

1. Напишите уравнения всех возможных реакций между следующими веществами: оксид цинка, соляная кислота, оксид серы (VI), гидроксид калия.

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

Натрий → Гидроксид натрия → Сульфид натрия → Хлорид натрия → Сульфат натрия → Сульфат бария.

3. Напишите уравнения реакций, в результате которых образуется а) хлорид цинка, б) сероводородная кислота. Найдите возможно большее число различных способов.

4. В трех колбах без этикеток находятся растворы хлорида натрия, нитрата натрия и фосфата натрия. Как химическим путем распознать, какое вещество находится в каждой из колб? Напишите уравнения реакций; ход распознавания представьте в виде таблицы.

5. Вычислите массу сульфата бария, образовавшегося в результате смешивания раствора, содержащего 20,8 г хлорида бария с избытком раствора сульфата магния.

## Вариант 3

1. Напишите уравнения всех возможных реакций между следующими веществами: оксид бария, оксид серы (IV), гидроксид натрия, азотная кислота.

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

Медь → Хлорид меди(II) → Гидроксид меди(II) → Оксид меди(II) → Сульфат меди(II) → Медь.

3. Напишите уравнения реакций, в результате которых образуется а) карбонат кальция, б) соляная кислота. Найдите возможно большее число различных способов.

4. В трех склянках без этикеток находятся растворы карбоната натрия, нитрата натрия и сульфата натрия. Как химическим путем распознать, какое вещество находится в каждой из склянок? Напишите уравнения реакций; ход распознавания представьте в виде таблицы.

5. Вычислите объем водорода (н.у.), образующегося при взаимодействии 48 г магния с избытком серной кислоты.

## Вариант 4

1. Напишите уравнения всех возможных реакций между следующими веществами: нитрат бария, гидроксид натрия, сульфат меди(II), соляная кислота.

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

Водород → Соляная кислота → Хлорид железа(II) → Хлорид магния → Соляная кислота → Хлорид натрия.

3. Напишите уравнения реакций, в результате которых образуется а) фосфат кальция, б) гидроксид алюминия. Найдите возможно большее число различных способов.

4. В трех колбах без этикеток находятся растворы серной кислоты, сульфата натрия, нитрата натрия. Как химическим путем идентифицировать вещества? Напишите уравнения реакций; ход распознавания оформите в виде таблицы.

5. Вычислите массу гидроксида калия, образовавшегося при взаимодействии 3,9 г калия с избытком воды.

## Строение атома. Периодический закон и периодическая система Д.И. Менделеева в свете электронной теории

### 6.1. Атомное ядро. Изотопы

**Атомное ядро** — центральная часть атома, состоящая из протонов и нейтронов. Число протонов определяет заряд ядра. В ядре сосредоточена практически вся масса атома, определяемая массой протонов и нейтронов.

**Протон (p)** — элементарная частица, заряд которой принят равным +1, а масса приблизительно равна атомной единице массы (а.е.м.).

**Нейтрон (n)** — элементарная частица, не имеющая заряда, масса которой приблизительно равна массе протона (а.е.м.).

**Изотопы** — атомы, имеющие одинаковый заряд ядра (одинаковое число протонов), но разную массу (вследствие разного числа нейтронов).

**Пример 1.** Символ изотопа элемента  ${}_{13}^{27}\text{Э}$ . Определите, какой элемент скрывается за символом Э, число протонов и число нейтронов в ядре, число электронов в атоме.

*Решение.* Число 13 в данном случае означает, что в ядре содержится 13 протонов; следовательно, заряд ядра будет +13, номер элемента 13, и элемент Э — это алюминий Al. Число нейтронов в ядре  $27 - 13 = 14$ , электронов в электронной оболочке — 13.

**Пример 2.** Элемент хлор встречается в природе в виде двух изотопов:  ${}^{35}\text{Cl}$  и  ${}^{37}\text{Cl}$ . Доля первого составляет приблизительно 75% от общего количества всех атомов хлора. Рассчитайте (приблизенно) относительную атомную массу элемента хлора.

*Решение.* Чтобы вычислить среднюю относительную атомную массу элемента, надо найти сумму произведений относительных атомных масс каждого из изотопов и доли каждого из изотопов. Доля первого из изотопов дана, она составляет 0,75, долю второго изотопа вычисляем, вычитая из единицы (100%) долю первого. Получаем:

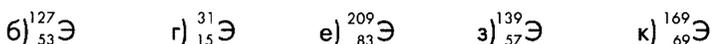
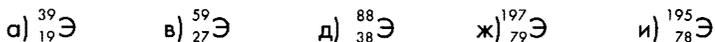
$$A_r(\text{Cl}) = 0,75 \cdot 35 + (1 - 0,75) \cdot 37 = 35,5.$$

**Пример 3.** (Обратная задача.) Относительная атомная масса хлора приближенно равна 35,5. Хлор существует в природе в виде двух изотопов:  ${}^{35}\text{Cl}$  и  ${}^{37}\text{Cl}$ . Рассчитайте долю этих изотопов от общего количества атомов хлора.

*Решение.* Пусть  $x$  — доля первого изотопа. Тогда доля второго изотопа равна  $(1 - x)$ . Составим и решим уравнение:  $35x + (1 - x) \cdot 37 = 35,5$ . Получаем:  $x = 0,75$ . Следовательно, доля изотопа хлор-35 составляет 75% от общего количества атомов хлора, а доля изотопа хлора-37 составит 25%.

## Вопросы и задания

**6-1.** Какой элемент в каждом случае обозначен буквой Э. Определите число протонов, нейтронов в ядре атома, число электронов в электронной оболочке:



**6-2.** Рассчитайте относительную атомную массу меди, если известно, что доля изотопа  ${}^{63}\text{Cu}$  составляет приблизительно 69% от общего количества атомов меди, а доля изотопов  ${}^{65}\text{Cu}$  — 31%.

**6-3.** Рассчитайте относительную атомную массу никеля, если известно, что изотопный состав этого элемента следующий:  ${}^{58}\text{Ni}$  (68,27%);  ${}^{60}\text{Ni}$  (26,1%);  ${}^{61}\text{Ni}$  (1,13%);  ${}^{62}\text{Ni}$  (3,59%);  ${}^{64}\text{Ni}$  (0,91%). Ответ выразите числом, округленным до сотых.

**6-4.** Рассчитайте среднюю относительную атомную массу магния, если изотопный состав элемента следующий:  ${}^{24}\text{Mg}$  (79%);  ${}^{25}\text{Mg}$  (10%);  ${}^{26}\text{Mg}$  (11%). Ответ выразите с точностью до десятых.

**6-5.** Определите доли изотопов сурьмы от общего количества атомов сурьмы, если известно, что она встречается в природе в виде двух изотопов:  ${}^{121}\text{Sb}$  и  ${}^{123}\text{Sb}$ . Относительную атомную массу сурьмы принять равной 121,8.

**6-6.** Определите доли изотопов бора от общего количества атомов бора, если известно, что бор встречается в природе в виде изотопов  ${}^{10}\text{B}$  и  ${}^{11}\text{B}$ . Относительную атомную массу бора принять равной 10,8.

**6-7.** Рассчитайте доли изотопов серебра, если известно, что этот элемент распространен в природе в виде двух изотопов с массовыми числами 107 и 109. Относительную атомную массу серебра принять равной 107,9.

**6-8.** Сколько различных видов молекул воды можно получить из изотопов водорода  ${}^1\text{H}$ ,  ${}^2\text{H}$ ,  ${}^3\text{H}$  и изотопа кислорода  ${}^{16}\text{O}$ ? Запишите формулы с различными комбинациями изотопов.

**6-9.** Сколько различных молекул оксида азота(II) и оксида азота(IV) можно получить из изотопов азота  ${}^{14}\text{N}$  и  ${}^{15}\text{N}$  и изотопов кислорода  ${}^{16}\text{O}$  и  ${}^{18}\text{O}$ ? Запишите формулы с различными комбинациями изотопов.

## 6.2. Электронная конфигурация атомов

**Электрон** ( $\bar{e}$ ) – элементарная частица, заряд которой принят равным  $-1$ . Масса электрона приблизительно равна  $1/1840$  а.е.м.

**Спин электрона** – характеристика электрона, связанная с направлением его движения вокруг своей оси. Имеет только два значения.

**Атомная орбиталь** – область пространства вокруг ядра атома, в которой вероятность пребывания электрона достаточно высока. Атомные орбитали различаются энергией, формой, размером.

**Энергетический уровень** – совокупность атомных орбиталей, близких по энергии и по размерам.

**Энергетический подуровень** – совокупность одинаковых по форме атомных орбиталей ( $s$ ,  $p$ - или  $d$ -) одного энергетического уровня.

**Электронная конфигурация атома** – распределение электронов по атомным орбиталям. При схематическом изображении электронных конфигураций атомов одна атомная орбиталь обозначается квадратом  $\square$ , а электрон – стрелкой  $\uparrow$ . Пара противоположно направленных стрелок соответствует пребыванию двух электронов с противоположными спинами на одной атомной орбитали.

**Порядок заполнения атомных орбиталей:**

$1s, 2s, 2p, 3s, 3p, 4s, 3d, 4p, 5s, 4d, 5p, 6s$  и т.д.

В зависимости от того, какой энергетический подуровень заполняется электронами последним, элементы подразделяют на 4 типа:

- **$s$ -элементы** – элементы, у которых последним заполняется  $s$ -подуровень внешнего энергетического уровня;

- **$p$ -элементы** – элементы, у которых последним заполняется  $p$ -подуровень внешнего энергетического уровня;

- **$d$ -элементы** – элементы, у которых последним заполняется  $d$ -подуровень предвнешнего энергетического уровня;

- **$f$ -элементы** – элементы, у которых последним заполняется  $f$ -подуровень третьего снаружи энергетического уровня.

**Ионы** – заряженные частицы, образующиеся при потере или приобретении электронов атомами или группами химически связанных атомов.

**Катионы** – положительно заряженные ионы.

**Анионы** – отрицательно заряженные ионы.

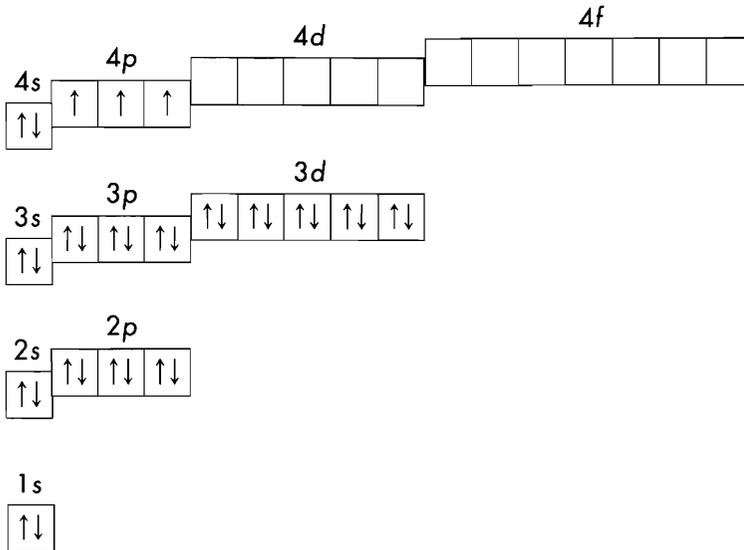
**Энергия ионизации** – энергия, которую необходимо затратить для удаления из атома наиболее слабо связанного с ядром электрона. Измеряется в кДж/моль или в электронвольтах.

**Пример 4.** Опишите электронную конфигурацию атома мышьяка.

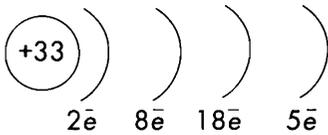
1. Определяем положение мышьяка в периодической системе химических элементов: As – элемент № 33, 4-й период, V группа, главная подгруппа.

2. Изображаем квантовые ячейки. Так как мышьяк находится в 4-м периоде, то заполненными будут четыре энергетических уровня. Номеру элемента соответствует заряд ядра, который, в свою очередь, должен быть компенсирован электронами в электронной

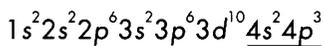
оболочке, чтобы атом был электронейтрален. Следовательно, в атоме мышьяка 33 электрона, и на схеме мы должны изобразить 33 стрелки в квантовых ячейках, размещая их в порядке, описанном выше:



3. Приводим сокращенную схему, в которой отражены заряд ядра, распределение электронов по энергетическим уровням:



4. В случае необходимости записываем электронный паспорт, основываясь на схеме квантовых ячеек. Электронный паспорт говорит о числе электронов на каждом из подуровней. Подчеркнем часть записи, показывающую число электронов на внешнем энергетическом уровне:



5. Для *s*- и *p*-элементов изобразим электронную формулу (формулу Льюиса) — распределение валентных электронов по орбиталам при помощи каких-либо значков (точек, звездочек и т.п.) вокруг символа элемента:



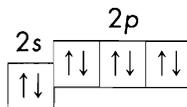
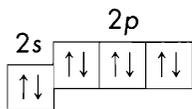
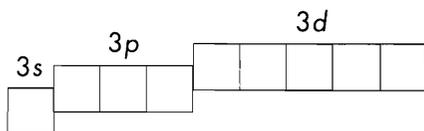
6. Укажем тип элемента (*s*-, *p*-, *d*- или *f*-): As — *p*-элемент.

**Пример 5.** Распределение валентных электронов в атоме некоторого элемента:  $2s^2 2p^2$ . Определите, какой это элемент.

*Решение.* Один из способов следующий: надо восстановить ход заполнения электронами электронных оболочек. Мы получим:  $1s^2 2s^2 2p^2$ . Всего в атоме  $2 + 2 + 2 = 6$  электронов. Следовательно, заряд ядра  $+6$ , что соответствует элементу № 6. Таким образом, искомый элемент — углерод.

**Пример 6.** Определите электронную конфигурацию ионов  $Mg^{2+}$  и  $F^-$ . Электронной конфигурации атомов какого элемента идентичны электронные конфигурации этих ионов?

*Решение.* Составим схему квантовых ячеек для магния и для фтора. Затем в первом случае надо убрать две стрелки, что соответствует удалению двух электронов с внешнего энергетического уровня, а во втором случае — добавить одну стрелку, что соответствует присоединению еще одного электрона. Получаются следующие схемы:



Мы видим, что оба иона имеют электронную конфигурацию, присущую атомам инертного газа неона.

**Пример 7.** Составить схему распределения валентных электронов в атомах а) ванадия, б) мышьяка.

*Решение. Способ 1.* Мышьяк As является элементом 4-го периода главной подгруппы V группы. Внешним энергетическим уровнем будет четвертый. У элемента главной подгруппы все валентные электроны находятся на внешнем энергетическом уровне, а их число совпадает с номером группы. Следовательно, в атоме As пять валентных электронов. На каждом энергетическом уровне только одна s-орбиталь, на ней может находиться не более двух электронов. Остальные три электрона находятся на p-орбиталях. Распределение валентных электронов в атоме мышьяка As:  $4s^2 4p^3$ .

Ванадий V — элемент 4-го периода побочной подгруппы V группы. Внешним уровнем также будет четвертый. В атоме ванадия — пять валентных электронов (для элементов по-

бочных подгрупп III — VII групп номер группы тоже соответствует числу валентных электронов в атоме). Однако элемент побочной подгруппы является  $d$ -элементом. В соответствии с принципом наименьшей энергии сначала заполняется не  $d$ -, а  $s$ -подуровень следующего уровня и только затем начинается заполнение  $d$ -подуровня. Следовательно, два валентных электрона атома ванадия будут располагаться на  $4s$ -подуровне, а остальные три — на предвнешнем  $d$ -подуровне, т.е. на  $3d$ . Итак, для ванадия V распределение валентных электронов в атоме таково:  $3d^3 4s^2$ . Для большей наглядности советуем изображать квантовые ячейки для валентного слоя.

Способ 2. Проследите по периодической системе ход заполнения энергетических уровней. Четвертый период начался с калия, у которого один валентный электрон ( $4s^1$ ). Добавление следующего электрона даст электронную оболочку магния ( $4s^2$ ). Затем электроны заполняют предвнешний  $d$ -подуровень: Sc ( $3d^1 4s^2$ ), Ti ( $3d^2 4s^2$ ), V ( $3d^3 4s^2$ ) и т.д. Заканчивается заполнение  $d$ -подуровня у цинка, а затем идет заполнение  $p$ -подуровня внешнего электронного слоя: Ga ( $4s^2 4p^1$ ), Ge ( $4s^2 4p^2$ ), As ( $4s^2 4p^3$ ) и т.д.

Аналогично выполняется обратное задание — поиск элемента по схеме распределения валентных электронов.

### Вопросы и задания

**6-10.** Изобразите электронные конфигурации атомов, укажите тип ( $s$ -,  $p$ -,  $d$ -) элементов:

а)	б)	в)	г)	д)	е)
сера	кремний	алюминий	калий	фосфор	магний
бром	титан	ванадий	железо	цинк	никель
марганец	селен	криптон	хлор	стронций	олово

**6-11.** Установите распределение электронов по энергетическим уровням и подуровням и укажите тип ( $s$ ,  $p$ ,  $d$  или  $f$ ) для элементов: а) бериллий, азот, неон; б) натрий, алюминий, хлор.

**6-12.** По данным о распределении валентных электронов найдите элемент, укажите его тип: а)  $2s^1$ ; б)  $2s^2 2p^4$ ; в)  $3s^2 3p^6$ ; г)  $4s^2$ ; д)  $4s^2 4p^2$ ; е)  $3d^1 4s^2$ ; ж)  $3d^7 4s^2$ ; з)  $5s^2 5p^5$ .

**6-13.** Вопреки ожиданиям, в атомах некоторых элементов на внешнем энергетическом уровне не  $s^2$ -, а  $s^1$ -электрон (Cr, Cu, Nb, Mo, Ru, Rh, Ag, Pt, Au). Здесь имеет место так называемый «провал», или «проскок», электрона. Изобразите схемы строения атомов а) меди и молибдена; б) хрома и серебра. Попробуйте объяснить, в чем заключается сущность «провала» электрона.

**6-14.** Могут ли свободные невозбужденные атомы иметь следующие электронные конфигурации: а)  $s^2 p^5$ ; б)  $s^1 p^1$ ; в)  $s^2 p^8$ ; г)  $s^1 d$

**6-15.** Изобразите на схеме электронные конфигурации или запишите электронный паспорт для следующих ионов: а)  $Al^{3+}$ ; б)  $S^{2-}$ ; в)  $K^+$ ; г)  $Vg^-$ . Среди пе-

речисленных ионов найдите ионы с идентичной электронной конфигурацией. Электронной конфигурации атомов каких элементов соответствуют конфигурации всех этих ионов?

**6-16.** Какова электронная конфигурация следующих частиц: а) атом криптона Kr; б) ион калия  $K^+$ ; в) ион стронция  $Sr^{2+}$ ; г) бромид-ион  $Br^-$ ; д) селенид-ион  $Se^{2-}$ ; е) ион иттрия  $Y^{3+}$ ?

**6-17.** Приведите примеры ионов, у которых электронная конфигурация а) такая же, как у атомов криптона Kr; б) как у ионов хлора  $Cl^-$ ; в) как у ионов рубидия  $Rb^+$ .

**6-18.** Перечислите все возможные частицы с конфигурацией внешнего энергетического уровня  $2s^2 2p^6$ .

**6-19.** Укажите электронную конфигурацию в атомах элементов:

а) № 32, 39, 52;                      в) № 35, 37, 49;                      д) № 24, 47, 57;  
б) № 22, 36, 53;                      г) № 26, 51, 56;                      е) № 58, 72, 81.

**6-20.** По электронным конфигурациям найдите элементы:

а)  $3s^2 3p^3$ ;                      в)  $5s^2 5p^4$ ;                      д)  $4d^5 5s^1$ ;                      ж)  $4f^7 6s^2$ ;  
б)  $3d^7 4s^2$ ;                      г)  $4d^5 5s^2$ ;                      е)  $5s^2 5p^2$ ;                      з)  $5f^6 7s^2$ .

**6-21.** Определите электронную конфигурацию ионов:  $Ba^{2+}$ ,  $Te^{2-}$ ,  $Fe^{2+}$ ,  $Zn^{2+}$ .

### 6.3. Свойства химических элементов в свете электронной теории

**Периодический закон Д.И. Менделеева:** свойства элементов, а также формы и свойства их соединений находятся в периодической зависимости от зарядов ядер атомов элементов.

**Периодическая система химических элементов Д.И. Менделеева** — это упорядоченное множество химических элементов. Их положение в этом множестве зависит от зарядов ядер атомов.

**Период** — это последовательность элементов, расположенных по возрастанию заряда ядра их атомов, начинающаяся щелочным металлом (первый период — водородом) и заканчивающаяся элементом с завершённой конфигурацией  $p$ -подуровня ( $ns^2 np^6$ ) — благородным газом. В одном периоде объединены элементы с одинаковым числом завершённых и заполняемых энергетических уровней.

**Группа** — это совокупность элементов, в атомах которых содержится одинаковое число валентных электронов, но различное число заполненных электронных слоев. Каждая группа делится на подгруппы — главную и побочную. Главную подгруппу образуют  $s$ - и  $p$ -элементы, побочные подгруппы образованы  $d$ -элементами. Лантаноиды и актиноиды, которые являются  $f$ -элементами, рассматривают отдельно.

**Электронные аналоги** — атомы, в которых одинаковое число валентных электронов и сходное распределение их по подуровням. Когда распределение валентных электронов по подуровням идентично, атомы являются полными электронными аналогами. Например, Cl ( $3s^2 3p^5$ ), Br ( $4s^2 4p^5$ ) и Mn ( $3d^5 4s^2$ ) — электронные аналоги (7 валентных электронов), причем Cl и Br являются полными электронными аналогами.

**Электроотрицательность (ЭО)** — относительная характеристика способности атома, находящегося в соединении, притягивать электрон. Максимальную электроотрицательность, которая принята равной 4,0, имеет фтор (см. Приложение III).

**Пример 8.** Сравните радиус атома, энергию ионизации и электроотрицательность следующих элементов: а) магния и хлора, б) хлора и иода.

*Решение.* Для элементов одного периода радиусы атомов уменьшаются от атомов щелочных металлов к атомам благородных газов, так как увеличивается заряд ядра. В главных подгруппах периодической системы радиусы атомов увеличиваются сверху вниз, так как возрастают размеры атомных орбиталей. Магний и хлор — элементы одного периода (третьего), поэтому радиус атома магния будет больше радиуса атома хлора. Хлор и иод — элементы одной подгруппы, следовательно, радиус атома иода будет больше, чем радиус атома хлора.

Чем больше радиус атома и больше заряд его ядра, тем слабее удерживаются внешние электроны, тем легче атом их отдает, т.е. тем меньше энергия ионизации. Энергия ионизации для элементов одного периода возрастает от щелочных металлов к инертным газам, так как увеличиваются заряды ядер атомов и уменьшаются радиусы атомов.

В главных подгруппах энергия ионизации уменьшается сверху вниз, так как внешние электроны удаляются от ядра. В данном случае энергия ионизации магния будет меньше энергии ионизации хлора, а энергия ионизации хлора больше, чем иода.

Тенденция изменения электроотрицательности такая же, как и энергии ионизации. Следовательно, электроотрицательность магния меньше электроотрицательности хлора, а электроотрицательность хлора больше, чем иода.

### Вопросы и задания

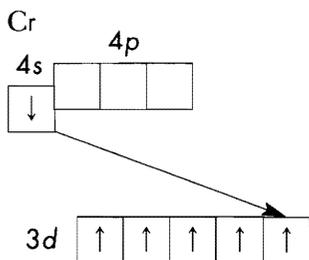
- 6-22.** В данном перечне элементов найдите полные и неполные электронные аналоги: кремний, фосфор, олово, титан, бериллий. Ответ обоснуйте.
- 6-23.** Из данного перечня элементов выберите полные и неполные электронные аналоги: скандий, алюминий, магний, иттрий, стронций. Ответ обоснуйте.
- 6-24.** Используя периодическую систему химических элементов, найдите полные и неполные электронные аналоги а) серы, б) ванадия, в) селена.
- 6-25.** Объясните тенденцию изменения радиусов атомов, энергии ионизации и электроотрицательности у элементов а) одного периода, б) одной подгруппы.
- 6-26.** Расположите элементы в порядке увеличения радиусов атомов, энергий ионизации и электроотрицательностей:
- сера, теллур, селен, полоний;
  - магний, фосфор, сера, хлор, алюминий;

- в) магний, кальций, цезий, бериллий;
- г) фтор, хлор, астат, иод;
- д) калий, мышьяк, кальций, бром.

## Решения

**Задача 6-8.** В состав молекулы воды входят два атома водорода и один атом кислорода. В данном примере предлагается один изотоп кислорода, но два различных изотопа водорода. Возможны различные комбинации, которые надо перебрать. Изотоп водорода имеет следующие обозначения: изотоп  $^1\text{H}$  называется «протий» и обозначается H, изотоп водорода  $^2\text{H}$  называется «дейтерий» и обозначается D, изотоп  $^3\text{H}$  называется «тритий» и обозначается T. Возможны следующие комбинации атомов: HОH, DОH, TОH, DOD, TOD, TOT, т.е. всего 6 видов молекул.

**Задача 6-13.** Рассмотрим причину этого явления на примере хрома и меди. Электронная конфигурация атомов хрома должна быть  $3d^4 4s^2$ . Если на  $d$ -подуровень попадает еще один электрон, то  $d$ -подуровень будет наполовину завершен, возникает более устойчивая конфигурация (см. схему). Это происходит за счет перемещения одного электрона с  $4s$ -подуровня. Поэтому реальная электронная конфигурация атомов хрома  $3d^5 4s^1$ . Аналогично, чтобы в случае меди  $d$ -подуровень оказался целиком заполненным, с  $4s$ -подуровня электрон переходит на  $3d$ -подуровень и электронная конфигурация меди —  $3d^{10} 4s^1$ .



**Задача 6-25.** В периодах атомный радиус уменьшается по мере увеличения атомного номера. В группах радиус увеличивается вследствие появления дополнительного электронного слоя. Энергия ионизации в периодах увеличивается, так как увеличивается заряд ядра, радиус атома уменьшается, электроны испытывают более сильное притяжение к ядру. В группах радиус атома увеличивается, появляются новые завершенные электронные слои между ядром и внешним энергетическим слоем, всё это ослабляет притяжение внешних электронов ядром, и энергия ионизации с увеличением номера элемента уменьшается.

## Глава 7

### Строение вещества.

### Химические реакции в свете электронной теории

#### 7.1. Характер связи в химических соединениях

**Химическая связь** — совокупность сил, обуславливающих взаимодействие атомов или ионов в химическом соединении.

**Ковалентная связь** — связь между атомами при помощи общих связывающих электронных пар. При образовании ковалентной связи происходит перекрывание атомных орбиталей (АО).

**Неполярная ковалентная связь** — связь между атомами одного элемента в простом веществе, осуществляемая общей электронной парой (парами), расположенной на равном удалении от ядер связывающихся атомов.

**Полярная ковалентная связь** — связь между атомами разных элементов. В этом случае общая электронная пара смещается к атому элемента с большей электроотрицательностью.

**Кратность ковалентной связи** — число, показывающее, сколько электронных пар участвуют в образовании связи между двумя атомами. Связь может быть ординарной (одна связывающая электронная пара), двойной (две пары) или тройной (три связывающие пары).

**$\sigma$ -связь** — ковалентная связь, при которой область перекрывания атомных орбиталей находится на линии, соединяющей центры взаимодействующих атомов. Между каждой парой атомов может быть только одна  $\sigma$ -связь. Ординарная связь — всегда  $\sigma$ -связь.

**$\pi$ -связь** — ковалентная связь, при которой область перекрывания атомных орбиталей располагается вдоль линии, перпендикулярной линии  $\sigma$ -связи.  $\pi$ -связь может только дополнять  $\sigma$ -связь в двойной связи (одна  $\sigma$ -связь и одна  $\pi$ -связь) или в тройной связи (одна  $\sigma$ -связь и две  $\pi$ -связи). В тройной связи две  $\pi$ -связи располагаются на взаимно перпендикулярных линиях.

**Ионная связь** — связь между ионами за счет сил электростатического притяжения. Ионная связь может образоваться при очень высокой разности электроотрицательности элементов. Это идеальный крайний случай полярной связи, соответствующий полному переносу электронов с одного атома на другой. Объективно можно говорить только о преимущественно ионном характере связи, а не об исключительно ионном. Обычно ионными соединениями считают многие соли, щелочи, оксиды щелочных (Li, Na, K, Rb, Cs) и щелочноземельных (Ca, Sr, Ba) металлов.

**Кристаллическая решетка** — пространственное периодическое расположение атомов, молекул или ионов в кристалле.

**Пример 1.** Укажите тип связи в молекулах хлора, хлорида натрия, хлороводорода, хлорида алюминия.

*Решение.* Используя шкалу электроотрицательностей, найдем значение ЭО для каждого элемента:

Na — 0,9 ; Al — 1,5 ; H — 2,1 ; Cl — 3,0.

Молекула хлора образована двумя одинаковыми атомами хлора, связь будет ковалентной неполярной. Во всех остальных случаях имеется разность ЭО элементов, следовательно, связь будет ковалентной полярной или ионной. Элементом с максимальной электроотрицательностью здесь является хлор, значит, смещение электронной плотности будет направлено к атомам хлора.

В случае хлороводорода разность ЭО составит  $3,0 - 2,1 = 0,9$ , связь будет ковалентной неполярной.

В случае хлорида натрия эта разность составит  $3,0 - 0,9 = 2,1$ . Это больше 2, следовательно, здесь можно говорить о преимущественно ионном характере связи.

В случае хлорида алюминия эта разность составит  $3,0 - 1,5 = 1,5$ . Это меньше 2, в соединении реализована ковалентная полярная связь. Однако не стоит забывать, что хлорид алюминия является солью, поэтому здесь можно говорить об ионно-ковалентном характере связи.

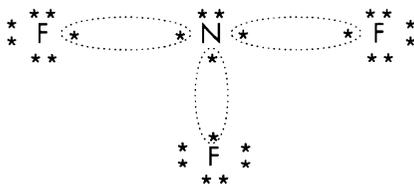
**Пример 2.** Составьте электронные формулы (формулы Льюиса) для следующих веществ: а)  $\text{NF}_3$ ; б)  $\text{N}_2$ ; в)  $\text{CF}_4$ .

*Решение.* а) Сначала составим электронные формулы элементов азота и фтора.

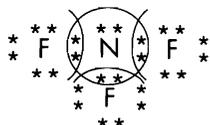
Электронная конфигурация валентного слоя атома азота:  $2s^2 2p^3$ . Таким образом, на валентном слое атома азота находятся электронная пара и три неспаренных электрона.

Электронная конфигурация валентного слоя атома фтора:  $2s^2 2p^5$ . Таким образом, на валентном слое атома фтора находятся три электронные пары и один неспаренный электрон.

Очевидно, центральным атомом в молекуле  $\text{NF}_3$  является атом азота, вокруг него располагаются три атома фтора. Ковалентные связи будут образовываться за счет обобществления неспаренных электронов валентного слоя:



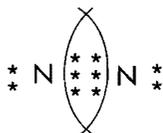
Теперь несложно составить формулу Льюиса для  $\text{NF}_3$ :



б) Действуем аналогично. В данном случае связь образуется между двумя атомами азота. У каждого из них по три неспаренных электрона на валентном слое, поэтому образуются три ковалентные связи:



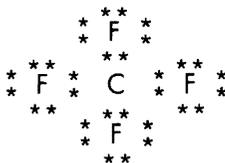
Формула Льюиса для  $N_2$  будет выглядеть следующим образом:



в) В молекуле  $CF_4$  центральным атомом, очевидно, будет атом углерода. Однако на валентном слое атома углерода всего только два неспаренных электрона и электронная пара ( $2s^2 2p^2$ ). Для того чтобы атом углерода мог образовать четыре связи, атом должен перейти в возбужденное состояние:



Таким образом, теперь в атоме углерода четыре неспаренных электрона на валентном слое, и он может образовать четыре ковалентные связи. Формула Льюиса для  $CF_4$  будет выглядеть следующим образом:



### Вопросы и задания

- 7-1. Выберите из списка вещества, в молекулах которых ковалентная неполярная связь:  $PCl_5$ ,  $CH_4$ ,  $H_2$ ,  $CO_2$ ,  $O_2$ ,  $S_8$ ,  $SCl_2$ ,  $SiH_4$ .
- 7-2. Выберите из списка вещества, в молекулах которых ковалентная полярная связь:  $O_3$ ,  $P_2O_5$ ,  $P_4$ ,  $H_2SO_4$ ,  $CsF$ ,  $HF$ ,  $HNO_3$ ,  $H_2$ .
- 7-3. Приведите по 4 примера молекул с ковалентной полярной и неполярной связью.
- 7-4. Как меняется полярность связи в ряду  $HCl - H_2S - PH_3$ ? Ответ обоснуйте.
- 7-5. Как меняется полярность связи в ряду  $HCl - HBr - HI$ ? Ответ обоснуйте.
- 7-6. Определите тип связи, укажите направление смещения по связи электронов в следующих веществах:

- а) оксид лития, бромоводород, бромид калия, оксид брома(II), бром;  
 б) фторид лития, литий, фтор, фторид кислорода;  
 в) ортофосфорная кислота, ортофосфат калия, оксид фосфора(V), фосфор.
- 7-7. Расположите в ряд по возрастанию степени ионности связи следующие соединения: а) NaCl, NaI, NaBr, NaF; б) K<sub>2</sub>S, K<sub>2</sub>O, KF, KCl.
- 7-8. В молекуле аммиака NH<sub>3</sub> атом азота образует три ординарные связи или одну тройную связь?
- 7-9. В молекуле хлорида фосфора(III) атом фосфора образует одну тройную связь или три ординарные связи?
- 7-10. Могут ли быть две σ-связи а) между двумя атомами; б) у одного из атомов в бинарном соединении?
- 7-11. В молекуле азота тройная связь. Сколько σ- и сколько π-связей в молекуле азота?
- 7-12. Составьте электронные и графические формулы веществ: а) F<sub>2</sub>, HF, OF<sub>2</sub>; б) Cl<sub>2</sub>, HCl, SCl<sub>2</sub>. Укажите направление смещения электронной плотности и определите тип химической связи.
- 7-13. Составьте электронные и графические формулы веществ: а) O<sub>2</sub>, Cl<sub>2</sub>O, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>; б) P<sub>2</sub>, PH<sub>3</sub>, PCl<sub>3</sub>. Укажите направление смещения электронной плотности и назовите тип химической связи.
- 7-14. Составьте электронные и графические формулы веществ: а) CH<sub>4</sub>, б) BeCl<sub>2</sub>, в) BF<sub>3</sub>. Укажите направление смещения электронной плотности и определите тип химической связи.
- 7-15. Сколько σ- и сколько π-связей в молекуле воды?
- 7-16. Определите число σ- и π-связей в каждой из молекул:  
 а) SF<sub>6</sub>, SO<sub>3</sub>, SO<sub>2</sub>F<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, SOF<sub>2</sub>; б) P<sub>4</sub>, PH<sub>3</sub>, POCl<sub>3</sub>, PSCl<sub>3</sub>, NOCl.
- 7-17. Приведите примеры бинарных соединений с ординарной, двойной и тройной связью между двумя атомами.
- 7-18. Выберите вещества, в молекулах которых содержится а) двойная связь, б) тройная связь: C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>, S<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>.
- 7-19. Из данного перечня выберите вещества с преимущественно ионным характером связи: H<sub>2</sub>O, K<sub>2</sub>O, HF, F<sub>2</sub>O, KF, NaOH, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.
- 7-20. Приведите примеры соединений с преимущественно ионным характером связи.
- 7-21. Даны два бинарных соединения. Температура плавления первого 114 °С, второго 1728 °С. В каком случае речь идет о веществе с молекулярной кристаллической решеткой, а в каком — с атомной? Ответ обоснуйте.

## 7.2. Степень окисления

**Степень окисления** — это условный заряд атома в химическом соединении, если предположить, что оно состоит из ионов.

Степень окисления соответствует заряду, который возник бы на атоме данного элемента в химическом соединении, если предположить, что все элект-

ронные пары, с помощью которых данный атом связан с другими атомами, полностью сместились к атомам элементов с большей электроотрицательностью. При этом электронные пары, обобщенные одинаковыми атомами, делятся пополам.

Степень окисления определяется по следующим правилам.

1. Степень окисления элемента в простом веществе равна нулю.
2. Степень окисления элемента в форме одноатомного иона в веществе, имеющем ионное строение, равна заряду данного иона.
3. В ковалентном соединении электронные пары, с помощью которых образованы связи, полностью относят к электроотрицательному элементу с большей электроотрицательностью. Степенями окисления считают образующиеся при этом заряды на атомах.
4. Алгебраическая сумма всех степеней окисления элементов атомов в нейтральной молекуле равна нулю, а в сложном ионе – заряду иона.

**Постоянные степени окисления в соединениях проявляют:**

- +1 все щелочные металлы (Li, Na, K, Rb, Cs), серебро;
- +2 все элементы II группы, кроме ртути;
- +3 алюминий;
- 1 фтор;
- 2 кислород (за исключением фторидов, в которых его степень окисления положительна, и пероксидов, в которых она равна -1).

Водород в соединениях с неметаллами имеет степень окисления +1, в соединениях с металлами -1. Высшая положительная степень окисления элемента II-VII групп равна номеру группы (кроме фтора и кислорода).

**Пример 1.** Рассчитайте степени окисления элементов а) в дихромате калия, б) в карбонат-ионе, в) в сульфате железа(III).

*Решение.* а)  $K_2Cr_2O_7$ . Напишем известные степени окисления над символами тех элементов, у которых они постоянны. Получаем  $K_2^{+1}Cr_2^{+x}O_7^{-2}$ . В целом соединение должно быть электронейтрально, т.е. сумма всех степеней окисления должна быть равна нулю. Составим уравнение:  $2 \cdot (+1) + 2x + 7 \cdot (-2) = 0$ . Решая его, получаем:  $x = 6$ , т.е. степень окисления хрома в данном соединении будет +6.

б) Ион  $CO_3^{2-}$ . Сумма степеней окисления должна быть равна заряду иона, т.е. -2. Составим уравнение:  $x + 3 \cdot (-2) = -2$ . Решая его, получаем:  $x = 4$ , т.е. степень окисления углерода +4.

в)  $Fe_2(SO_4)_3$ . Здесь у двух элементов непостоянные степени окисления. Можно действовать двумя способами.

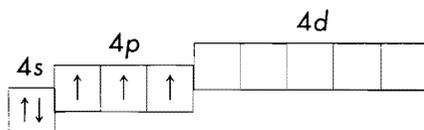
*Первый способ.* Сульфат железа образован ионами железа и остатками серной кислоты  $SO_4^{2-}$ . Определим степень окисления серы в ионе  $SO_4^{2-}$ :  $x + 4 \cdot (-2) = -2$ , откуда  $x = +6$ . Теперь составим уравнение, обозначив через у степень окисления железа в сульфате:  $2y + 3 \cdot (+6) + 4 \cdot 3 \cdot (-2) = 0$ .

Решим это уравнение, получим:  $y = 3$ . Итак,  $Fe_2^{+3}(SO_4)^{+6-2}_3$ .

Второй способ. Мы не знаем степень окисления серы, но знаем, что суммарный заряд ионов железа должен быть равен суммарному заряду ионов  $\text{SO}_4^{2-}$ . Тогда если  $y$  — степень окисления железа в форме одноатомного иона, то  $3 \cdot (-2) = 2y$ , откуда  $y = 3$ . Для сульфата железа:  $2 \cdot (+3) + 3x + 4 \cdot 3 \cdot (-2) = 0$ . Получаем:  $x = 6$  и приходим к тому же результату.

**Пример 2.** Определите возможные степени окисления мышьяка.

Одна определяется сразу — в простом веществе степень окисления любого элемента равна нулю. Далее, мышьяк — элемент V группы, значит, высшая положительная степень окисления +5. Остальные возможные степени окисления удобно определять по электронному строению атома. Изобразим схему валентных орбиталей атома мышьяка:



На валентном  $s$ -подуровне расположена электронная пара, на валентном  $p$ -подуровне — три неспаренных электрона. Значит, соединяясь с атомами элементов с большей электроотрицательностью (посмотрите в таблице электроотрицательностей — Приложение IV), мышьяк будет отдавать три электрона, что соответствует степени окисления +3 (например, в соединениях  $\text{AsCl}_3$ ,  $\text{As}_2\text{S}_3$ ,  $\text{As}_2\text{O}_3$ ). Соединяясь с атомами элементов с меньшей электроотрицательностью, он будет присоединять три электрона, что соответствует степени окисления  $-3$  (например, в соединениях с металлами —  $\text{AlAs}$ ). Для достижения высшего валентного состояния +5 необходимо возбуждение  $s$ -электронной пары, что достигается при соединении с атомами наиболее электроотрицательных элементов — фтора и кислорода:  $\text{AsF}_5$ ,  $\text{As}_2\text{O}_5$ .

### Вопросы и задания

**7-22.** Может ли степень окисления какого-либо элемента быть равной

а) +2; б) +5; в) +10?

**7-23.** Может ли степень окисления какого-либо элемента быть равной а)  $-1$ ;

б)  $-3$ ; в)  $-5$ ?

**7-24.** Определите степени окисления каждого элемента в соединениях:

а)	б)	в)	г)
$\text{N}_2$	$\text{NaNO}_2$	$\text{KClO}_3$	$\text{ZnSiO}_3$
$\text{N}_2\text{O}$	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	$\text{Na}_3\text{PO}_4$	$\text{Ag}_2\text{CO}_3$
$\text{NO}_2$	$\text{Cr}(\text{NO}_3)_3$	$\text{CrPO}_4$	$\text{SrCrO}_4$
$\text{N}_2\text{O}_3$	$\text{BaMnO}_4$	$\text{Ca}(\text{ClO})_2$	$\text{Cu}_3(\text{AsO}_4)_2$
$\text{NH}_3$	$\text{Ba}(\text{MnO}_4)_2$	$\text{Mg}(\text{ClO}_2)_2$	$\text{NH}_4\text{Cl}$

**7-25.** Определите возможные степени окисления для элементов а) № 11, 20, 49; б) № 50, 51, 34, 17. Ответ обоснуйте.

**7-26.** Приведите примеры веществ, в которых степень окисления азота равна а)  $-3$ ; б) 0; в) +5; г) +2; д) +3.

- 7-27. Приведите примеры веществ, в которых степень окисления серы равна а) 0; б) -2; в) +4; г) +6.
- 7-28. Приведите примеры веществ, в которых степень окисления хлора равна а) +1; б) -1; в) +3; г) +5; д) +7.
- 7-29. Приведите примеры веществ, в которых степень окисления выбранных вами элементов равна а) 0; б) +3; в) +6; г) -2; д) -3.
- 7-30. Приведите примеры веществ, в которых степень окисления выбранного вами одного элемента равна а) 0; б) +4; в) +6.
- 7-31. Приведите примеры веществ, в которых степень окисления одного выбранного вами элемента равна а) 0; б) +5; в) -3.
- 7-32. Изменится ли степень окисления хлора при переходе от NaCl а) к FeCl<sub>3</sub>; б) к PCl<sub>5</sub>; в) к Cl<sub>2</sub>?
- 7-33. Изменится ли степень окисления серы при переходе от H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> а) к Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>; б) к SO<sub>2</sub>; в) к H<sub>2</sub>S?

### 7.3. Окислительно-восстановительные реакции

**Окислительно-восстановительные реакции** – реакции, в ходе которых изменяются степени окисления вследствие перехода электронов от одних элементов (восстановителей) к другим элементам (окислителям).

**Окислитель** – вещество, в состав которого входит элемент, принимающий электроны.

**Восстановитель** – вещество, в состав которого входит элемент, отдающий электроны.

**Окисление** – процесс отдачи электронов, степень окисления повышается.

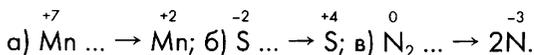
**Восстановление** – процесс приема электронов, степень окисления понижается.

**Межмолекулярные окислительно-восстановительные реакции** – реакции, в которых окислителем и восстановителем являются разные вещества.

**Внутримолекулярные окислительно-восстановительные реакции** – реакции, в которых одно и то же вещество является и окислителем, и восстановителем.

**Диспропорционирование** – реакции, приводящие к образованию соединений, которые содержат один и тот же элемент в разных степенях окисления.

**Пример 1.** В данных переходах определите число электронов, теряемых или приобретаемых атомом:



*Решение.* а) В исходном состоянии (в исходном химическом соединении) марганец находится в степени окисления +7, а в конечном состоянии (в каком-то продукте реакции) — в степени окисления +2. Следовательно, в ходе данного процесса атом марганца получил пять электронов, процесс — восстановление, марганец являлся окислителем. Ответ запишем в виде схемы:



б) В исходном состоянии у атома серы было два «лишних» электрона, после реакции у него «не хватает» четырех электронов. Следовательно, атом серы потерял шесть электронов, процесс — окисление, сера является восстановителем.



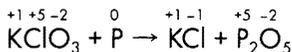
в) В исходном состоянии в двухатомной молекуле азот имеет степень окисления, равную нулю. В конечном состоянии азот находится в степени окисления –3. Следовательно, атом азота «принял» три электрона, а двухатомная молекула в два раза больше — шесть электронов. Запишем это в виде схемы:



**Пример 2.** Составьте схему электронного баланса, расставьте коэффициенты в уравнении реакции. Укажите тип окислительно-восстановительной реакции.

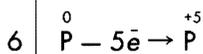
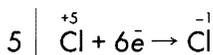


*Решение.* Расставим степени окисления над символом каждого элемента, определим, у каких элементов она изменилась, выпишем отдельно схемы электронного перехода, как это сделано в примере 1. Получим следующую картину:

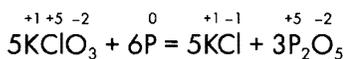


Мы видим, что атом хлора принимает шесть электронов, а атом фосфора отдает пять. Но число отданных восстановителем электронов должно быть равно числу электронов, принятых окислителем. Найдем наименьшее общее кратное шести и пяти — 30. Это общее число электронов, которое отдает фосфор и приобретает хлор. Чтобы получить 30 $\bar{e}$ , необходимо шесть атомов  $\overset{0}{\text{P}}$ , а чтобы 30 $\bar{e}$  были приняты окислителем, потребуется пять атомов  $\overset{+5}{\text{Cl}}$ . На схеме равенство числа отданных и принятых электронов отражается соответствующими коэффициентами:

\* Строго говоря, речь должна идти не об одном атоме, а об одном моле атомов того или иного элемента и о соответствующем числе молей приобретаемых или теряемых электронов.

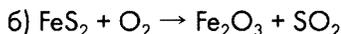


Укажем в схеме электронного баланса окислитель и восстановитель, тип процесса и перенесем найденные коэффициенты в уравнение реакции. В итоге получаем следующее:

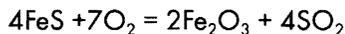
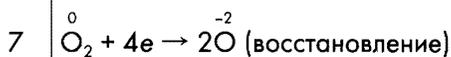
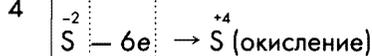
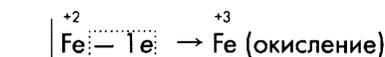
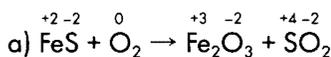


Эта реакция относится к типу межмолекулярных окислительно-восстановительных реакций.

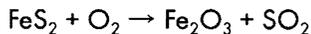
**Пример 3.** Запишите схему электронного баланса, расставьте коэффициенты в уравнениях реакций:



Обратим внимание на то, что в данных реакциях окисляются два элемента: и железо, и сера. Поэтому при подсчете числа уходящих электронов найдем их сумму.



б) Степень окисления железа в этом соединении будет +2, степень окисления серы -1. В этом случае в электронном балансе потребуются учесть, что на один атом железа в соединении приходится два атома серы, поэтому поставить коэффициент для серы невозможно независимо от коэффициента при железе. Уравнение реакции и схема электронного баланса будут выглядеть следующим образом:

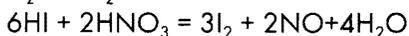
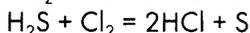
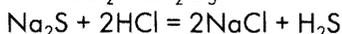
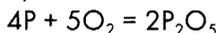




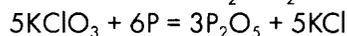
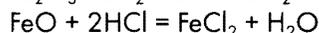
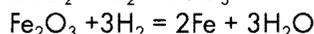
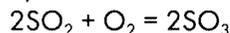
### Вопросы и задания

**7-34.** Из приведенного списка выберите уравнения окислительно-восстановительных реакций. Укажите элементы, которые изменяют степень окисления в реакциях.

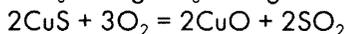
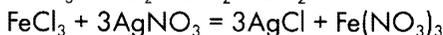
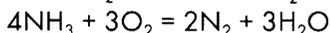
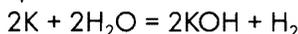
а)



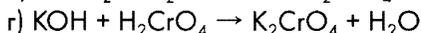
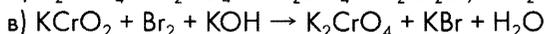
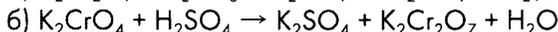
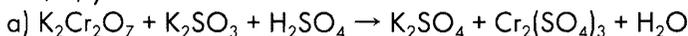
б)



в)

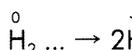
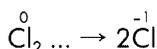
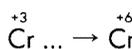
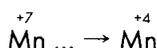
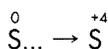


**7-35.** Из данного списка выберите схемы окислительно-восстановительных реакций, укажите окислитель и восстановитель:

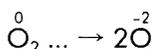
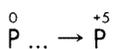
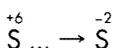
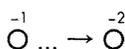


**7-36.** В данных переходах определите число электронов, приобретаемых или отдаваемых элементом, укажите процесс (окисление или восстановление):

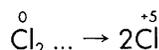
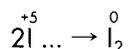
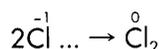
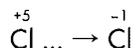
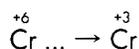
а)



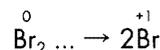
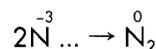
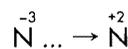
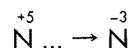
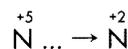
б)



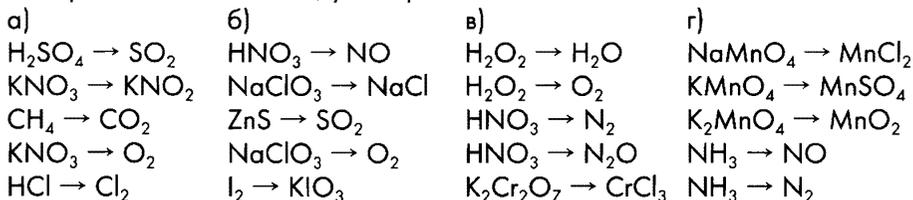
в)



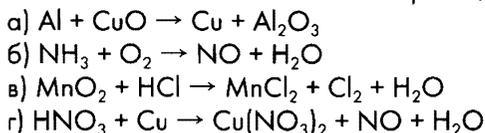
г)



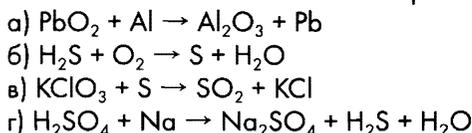
**7-37.** По данным схемам превращения веществ составьте схему перехода электронов для элементов, у которых изменяются степени окисления.



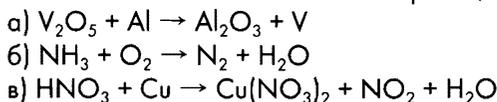
**7-38.** По данным схемам составьте схемы электронного баланса и уравнения окислительно-восстановительных реакций:



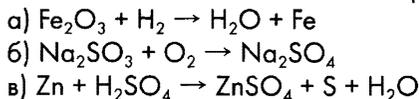
**7-39.** По данным схемам составьте схемы электронного баланса и уравнения окислительно-восстановительных реакций:



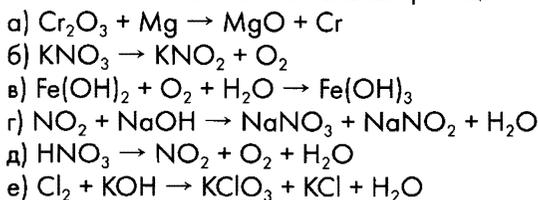
**7-40.** По данным схемам составьте схемы электронного баланса и уравнения окислительно-восстановительных реакций:



**7-41.** По данным схемам составьте схемы электронного баланса и уравнения окислительно-восстановительных реакций:



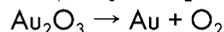
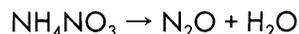
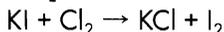
**7-42.** По данным схемам составьте схемы электронного баланса и уравнения окислительно-восстановительных реакций:



Укажите тип окислительно-восстановительных реакций.

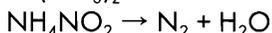
**7-43.** Из данного перечня выберите окислительно-восстановительные реакции, укажите их тип:



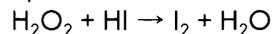


**7-44.** Из данного перечня выберите окислительно-восстановительные реакции, укажите их тип:

а)



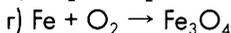
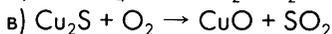
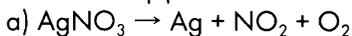
б)



**7-45.** К схемам реакций, приведенным в задаче 7-43, составьте электронный баланс, указав окислитель и восстановитель, окисление и восстановление. Расставьте коэффициенты.

**7-46.** К схемам реакций, приведенным в задаче 7-44, составьте электронный баланс, указав окислитель и восстановитель, окисление и восстановление. Расставьте коэффициенты.

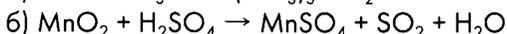
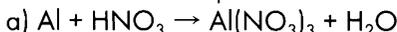
**7-47.** К данным схемам реакций составьте схемы электронного баланса. Расставьте коэффициенты:



(Указание:  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  можно рассматривать как двойной оксид  $\text{FeO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ .)



**7-48.** Найдите и исправьте ошибки в следующих схемах:



## 7.4. Составление краткой характеристики элемента

Для составления краткой характеристики элемента воспользуемся следующим **планом**.

1. Положение элемента в периодической системе.
2. Схема строения атома элемента.
3. Валентные возможности.
4. Возможные степени окисления с примерами соединений.
5. Формулы высшего оксида, высшего гидроксиды, их кислотно-основный характер.
6. Формула водородного соединения (если оно есть), его название.

**Пример 1.** Составьте краткую характеристику элемента мышьяка.

*Решение.*

1.  ${}_{33}\text{As}$  — элемент № 33, четвертый период, V группа, главная подгруппа.
2. Электронная конфигурация атома мышьяка — см. пример 4 в главе 6.

3. Валентные возможности: III, в возбужденном состоянии — V.

### Схема перехода атома в возбужденное состояние



4. Возможные степени окисления:

а) в простом веществе — всегда нуль;

б) без перехода в возбужденное состояние:  $-3$  (в соединениях с менее электроотрицательными элементами — водородом, металлами:  $\text{AsH}_3$ ,  $\text{AlAs}$ );  $+3$  (в соединениях с более электроотрицательными элементами — кислородом, галогенами:  $\text{As}_2\text{O}_3$ ,  $\text{AsCl}_3$ );

в) после возбуждения атома:  $+5$  (возможна только в соединениях с наиболее электроотрицательными элементами — кислородом, фтором:  $\text{As}_2\text{O}_5$ ,  $\text{AsF}_5$ ).

5. Высший оксид  $\text{As}_2\text{O}_5$  — кислотный, высший гидроксид —  $\text{H}_3\text{AsO}_4$  (мышьяковая кислота).

6. Есть летучее водородное соединение —  $\text{AsH}_3$  (арсин).

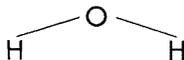
### Вопросы и задания

**7-49.** Дайте краткую характеристику элементов:

- |              |             |            |
|--------------|-------------|------------|
| а) сера;     | д) натрий;  | з) селен;  |
| б) фосфор;   | е) хлор;    | и) олово;  |
| в) алюминий; | ж) кальций; | к) сурьма. |
| г) кремний;  |             |            |

### Решения

**Задача 7-15.** В молекуле воды всего две ординарные связи. Ординарные связи — это всегда  $\sigma$ -связи; если же связь кратная, то при образовании электронных пар только одна из них дает  $\sigma$ -связь.



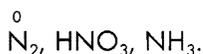
Таким образом, в молекуле воды две  $\sigma$ -связи.

Это можно подтвердить также и тем, что электронное облако в атоме водорода имеет сферическую форму (в атоме есть всего 1 электрон на  $s$ -подуровне). В любом случае при перекрывании какой-либо другой орбитали с  $s$ -орбиталью атома водорода получается  $\sigma$ -связь.

**Задача 7-21.** У первого вещества температура кипения намного ниже, чем у второго. Значит, при нагревании первого вещества легко разрушаются связи между частицами, при

нагревании второго вещества разрушить эти связи намного труднее. Отсюда напрашивается вывод, что первое вещество имеет молекулярное строение, при этом атомы в молекулах связаны ковалентными связями, а между молекулами действуют лишь силы межмолекулярного притяжения. Энергия межмолекулярного притяжения невелика. Кристаллическая решетка второго вещества — атомная. Атомы, связанные между собой прочными ковалентными связями, образуют кристалл. Температура плавления такого вещества намного выше.

**Задача 7-31.** Максимальная степень окисления из предложенных здесь +5, следовательно, этот элемент не может находиться в группах с номером меньше 5. (Как правило, номер группы совпадает с максимальной степенью окисления для элемента этой группы.) Степень окисления — нечетная, значит, и номер группы скорее всего нечетный. Тогда это элемент либо V, либо VII группы. Но среди предложенных здесь степеней окисления есть значение -3. Атом элемента VII группы не может принимать три электрона. Атому элемента V группы главной подгруппы не хватает трех электронов для завершения р-подуровня внешнего энергетического уровня. Наличие отрицательной степени окисления означает, что данный элемент должен быть неметаллом. Итак, возможные кандидаты: N, P, As. Примеры соединений:



**Задача 7-37(в).** Первое преобразование:  $\text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O}$ . В результате этого преобразования из пероксида водорода образуется вода. В молекуле пероксида водорода кислород имеет степень окисления -1.

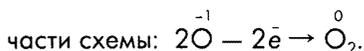
Графическая формула пероксида водорода:



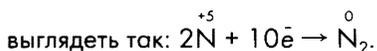
От атомов водорода электронные пары смещаются к атомам кислорода. Между атомами кислорода электронные пары размещены симметрично, так как связь O—O неполярная. Следовательно, к каждому из атомов кислорода смещается только по одному избыточному электрону. В ходе данного превращения степень окисления изменяется у кислорода. Выписываем схему и подсчитываем число приобретаемых кислородом электронов:

${}^{-1}\text{O} + 1\bar{e} \rightarrow {}^0\text{O}$ . Процесс — восстановление, атом кислорода в молекуле пероксида водорода является окислителем.

Во втором примере учитываем, что в результате преобразования  $\text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{O}_2$  образуются двухатомные молекулы простого вещества. Записываем коэффициент 2 в левой части схемы:



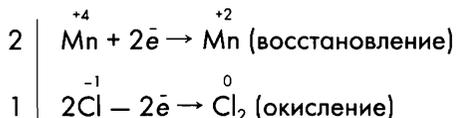
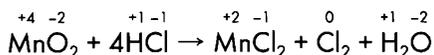
Аналогично поступаем в третьем примере ( $\text{HNO}_3 \rightarrow \text{N}$ )<sub>2</sub>, для которого схема будет



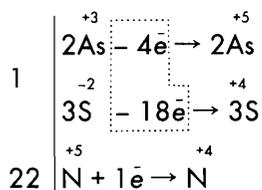
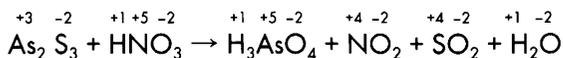
В двух последних случаях ( $\text{HNO}_3 \rightarrow \text{N}_2\text{O}$  и  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \rightarrow \text{CrCl}_3$ ) речь не идет об образовании двухатомных молекул простых веществ или об их участии в процессе. Поэтому

для этих преобразований получаем схемы:  $\text{N} + 4\bar{e} \rightarrow \text{N}^{\overset{+5}{}}$ ;  $\text{Cr} + 3\bar{e} \rightarrow \text{Cr}^{\overset{+3}{}}$

**Задача 7-38(в).** Могут возникнуть трудности при подборе коэффициентов, так как электронный баланс не учитывает, что только часть атомов элемента хлора изменяет степень окисления. В этом случае после перенесения коэффициентов из схемы электронного баланса требуется дополнительное уравнивание.



**Задача 7-47(д).** Составляя схему электронного баланса, надо учесть, что число атомов мышьяка связано с числом атомов серы. Поэтому, записывая баланс, введем коэффициенты.



После окончательного подбора коэффициентов в уравнении реакции получаем:



## Контрольная работа по теме «Строение атома. Химическая связь. Окислительно-восстановительные реакции»

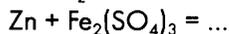
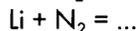
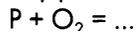
### Вариант 1

1. Дайте краткую характеристику элемента серы.

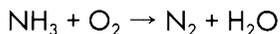
Положение в периодической системе; электронная конфигурация атомов; валентные возможности; возможные степени окисления (с примерами веществ); высший оксид, его характер; высший гидроксид, его характер; водородное соединение.

2. Даны следующие вещества: фтор, фторид натрия, фторид кислорода(II). Напишите формулы этих веществ и определите тип химической связи. Покажите направление смещения электронной плотности, если она смещена; ответ мотивируйте. Составьте электронные формулы для данных веществ.

3. Закончите уравнения реакций, составьте схемы электронного баланса и расставьте коэффициенты в уравнениях:



4. Преобразуйте данные схемы в уравнения реакций, составьте схемы электронного баланса:



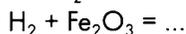
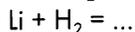
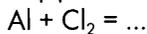
### Вариант 2

1. Дайте краткую характеристику элемента фосфора.

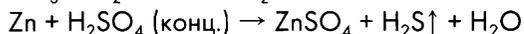
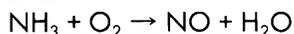
Положение в периодической системе; электронная конфигурация атомов; валентные возможности; возможные степени окисления (с примерами веществ); высший оксид, его характер; высший гидроксид, его характер; водородное соединение.

2. Даны следующие вещества: хлор, хлорид калия, хлороводород. Напишите формулы этих веществ и определите тип химической связи. Покажите направление смещения электронной плотности, если она смещена; ответ мотивируйте. Составьте электронные формулы для данных веществ.

3. Закончите уравнения реакций, составьте схемы электронного баланса и расставьте коэффициенты в уравнениях:



4. Преобразуйте данные схемы в уравнения реакций, составьте схемы электронного баланса:



## Глава 8

# Водород. Галогены

### 8.1. Водород

#### Вопросы и задания

- 8-1.** Какие из перечисленных металлов можно использовать для получения водорода вытеснением его из соляной кислоты: медь, цинк, серебро, алюминий, железо, золото? Напишите уравнения возможных реакций.
- 8-2.** Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить цепочки превращений веществ:
- а) Серная кислота → Водород → Вода → Гидроксид кальция;
  - б) Вода → Водород → Хлороводород → Водород;
  - в) Соляная кислота → Водород → Вода → Гидроксид калия;
  - г) Серная кислота → Водород → Гидрид натрия → Гидроксид натрия.
- 8-3.** В трех закрытых сосудах без этикеток находятся газы: кислород, водород, оксид углерода(IV). Предложите способы идентификации этих веществ.
- 8-4.** Изучите устройство аппарата Киппа и рассмотрите принципы его работы. Подумайте и предложите аналогичное устройство упрощенной конструкции.
- 8-5.** Вычислите массу и объем (н.у.) водорода, который можно получить при растворении 19,5 г цинка в избытке разбавленной серной кислоты.
- 8-6.** Вычислите массу цинка, который следует растворить в избытке соляной кислоты, чтобы получить 56 л (н.у.) водорода.
- 8-7.** Вычислите массу и объем (н.у.) кислорода, необходимые для сжигания 20 г водорода. Рассчитайте массу образовавшейся воды.
- 8-8.** Вычислите массу и объем (н.у.) водорода, необходимого для получения 56 л (н.у.) сероводорода. Рассчитайте массу серы, которая потребуется для реакции.
- 8-9.** Вычислите массу железа и массу воды, которые потребуются для получения 179,2 л (н.у.) водорода по методу Лавуазье. Рассчитайте массу железной окалины, которая образуется в ходе реакции.
- 8-10.** Вычислите массу 10%-ного раствора серной кислоты и массу алюминия, необходимых для получения а) 7 моль водорода; б) 10 г водорода; в) 44,8 л (н.у.) водорода.
- 8-11.** Вычислите массу и объем (н.у.) водорода, необходимого для восстановления 16 г меди из оксида меди(II). Рассчитайте массу оксида меди, который потребуется для реакции.
- 8-12.** Вычислите массу и объем (н.у.) водорода, который потребуется для восстановления 140 г железа из оксида железа(III). Рассчитайте массу оксида железа(III), который потребуется для реакции.
- 8-13.** Вычислите массу и объем (н.у.) водорода, который потребуется для восстановления 560 мг железа из железной окалины  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ . Рассчитайте массу железной окалины, которая потребуется для реакции.

- 8-14.** Вычислите массу железа, которое следует растворить в соляной кислоте, чтобы полученным водородом можно было восстановить 8 г меди из оксида меди(II).
- 8-15.** Вычислите массу алюминия, который следует растворить в разбавленном растворе серной кислоты, чтобы полученным водородом можно было восстановить 16 г железа из железной окалины  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ .
- 8-16.** Вычислите объем метана и объем кислорода, которые потребуются для получения 100 л водорода по методу конверсии метана. Рассчитайте объем оксида углерода(II), который при этом образуется. (Объемы газов приводятся при одинаковых условиях.)
- 8-17.** Имеется смесь, содержащая 5 моль водорода и 4 моль кислорода. Смесь взорвали. Вычислите количество вещества — продукта реакции воды и количество вещества — реагента, оставшегося после реакции.
- 8-18.** Смесь 8 л водорода и 5 л хлора взорвали. Вычислите объем образовавшегося хлороводорода и объем оставшегося реагента после реакции. Объемы газов даны при одинаковых условиях.
- 8-19.** Смесь 10 г водорода и 96 г кислорода взорвали. Вычислите массу образовавшейся воды и массу реагента, оставшегося после реакции.
- 8-20.** При взаимодействии 12 г некоторого металла с разбавленным раствором серной кислоты образовался 1 г водорода. В полученной соли металл двухвалентен. С каким металлом был проведен опыт?
- 8-21.** При взаимодействии 5,4 г некоторого металла с соляной кислотой образовалось 6,72 л (н.у.) водорода. В полученной соли металл трехвалентен. С каким металлом был проведен опыт?
- 8-22.** Смесь водорода и метана ( $\text{CH}_4$ , газ) массой 90 г (н.у.) занимает объем 224 л. Вычислите массовую долю и объемную долю каждого газа в этой смеси.
- 8-23.** Смесь водорода и кислорода массой 140 г (н.у.) занимает объем 224 л. Рассчитайте, хватит ли кислорода для сгорания водорода, содержащегося в смеси. Вычислите массу воды, которая образуется в результате реакции после того, как смесь взорвет. Определите массу и объем (н.у.) оставшегося после реакции реагента.

## 8.2. Вода. Пероксид водорода

### Вопросы и задания

- 8-24.** Из предложенных веществ выберите те, которые реагируют с водой, и напишите уравнения возможных реакций. Перечень веществ: кальций, оксид кальция, оксид железа(III), оксид азота(V), оксид кремния(IV), железо, золото.
- 8-25.** Из предложенных веществ выберите те, которые реагируют с водой, и напишите уравнения возможных реакций. Перечень веществ: литий, оксид лития, оксид фосфора(V), оксид свинца(IV), серебро, хлорид натрия.

- 8-26.** Даны реактивы: оксид кальция, вода, оксид фосфора(V), соляная кислота. Напишите уравнения возможных реакций между данными веществами, взятыми попарно.
- 8-27.** Даны вещества: вода, оксид бария, гидроксид натрия, оксид серы(VI). Напишите уравнения возможных реакций между данными веществами, взятыми попарно.
- 8-28.** Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить цепочку превращений веществ:
- а) Пероксид водорода → Кислород → Вода → Железная окалина;  
 б) Пероксид водорода → Вода → Ортофосфорная кислота → Фосфат натрия.
- 8-29.** Напишите уравнения реакций пероксида водорода а) с гидроксидом бария; б) с иодидом калия; в) с оксидом серебра; г) с сульфидом свинца. Объясните, за счет каких свойств пероксида водорода протекают данные реакции.
- 8-30.** Напишите уравнения реакции пероксида водорода а) с нитритом калия; б) с сульфитом натрия; в) с гидроксидом железа(II); г) с гидроксидом марганца(II).
- 8-31.** Вычислите массу пергидроля (30%-ный раствор  $H_2O_2$ ), который потребуется для приготовления 300 г 3%-ного раствора пероксида водорода.
- 8-32.** Вычислите массу 3%-ного раствора пероксида водорода, который потребуется для получения 6,72 л (н.у.) кислорода.
- 8-33.** Вычислите массу и объем (н.у.) кислорода, который можно получить из 850 г 3%-ного раствора пероксида водорода.

### 8.3. Галогены

#### Вопросы и задания

- 8-34.** Напишите уравнения реакций взаимодействия хлора а) с магнием, б) с алюминием, в) с железом, г) с сурьмой, д) с водородом. Обозначьте степени окисления, укажите окислитель и восстановитель.
- 8-35.** Напишите уравнения реакций взаимодействия хлора а) с натрием, б) с медью, в) с фосфором, г) с сероводородом, д) с водой. Обозначьте степени окисления, укажите окислитель и восстановитель.
- 8-36.** Напишите уравнения реакций взаимодействия фтора а) с литием, б) с магнием, в) с фосфором, г) с серой, д) с водородом. Обозначьте степени окисления, укажите окислитель и восстановитель.
- 8-37.** Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить превращения веществ:
- а) Хлороводород → Хлор → Хлорид натрия → Хлор;  
 б) Хлорид натрия → Хлор → Хлорат калия → Хлорид калия;  
 в) Хлор → Хлороводород → Хлор → Хлорид железа(III).

- 8-38.** Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить превращения веществ:
- а) Оксид меди(II) → Медь → Хлорид меди → Медь;
  - б) Медь → Оксид меди(II) → Хлорид меди(II) → Медь;
  - в) Бром → Бромид алюминия → Бром → Бромоводород;
  - г) Алюминий → Бромид алюминия → Алюминий → Хлорид алюминия;
  - д) Иод → Иодид натрия → Иод → Иодид алюминия.
- 8-39.** Даны вещества: фторид натрия, хлорид натрия, бромид натрия, иодид натрия. Из данного перечня выберите вещества, с которыми будет реагировать хлор, и напишите уравнения возможных реакций.
- 8-40.** Даны вещества: фторид калия, хлорид калия, бромид калия, иодид калия. Из данного перечня выберите вещества, с которыми будет реагировать бром, и напишите уравнения возможных реакций.
- 8-41.** Напишите уравнения реакций получения хлора при взаимодействии соляной кислоты: а) с оксидом марганца(IV); б) с оксидом свинца(IV); в) с перманганатом калия; г) с дихроматом калия; д) с хлоратом калия. Найдите коэффициенты в уравнениях реакций методом электронного баланса.
- 8-42.** Вычислите массу порошка железа, который необходимо сжечь в хлоре для получения 130 г хлорида железа(III). Рассчитайте массу и объем хлора (н.у.), который потребуется для получения такой порции продукта.
- 8-43.** Вычислите массу хлорида сурьмы(III), который образуется при сгорании 61 г сурьмы. Рассчитайте массу и объем хлора, необходимого для реакции.
- 8-44.** Порцию оксида меди(II) обработали водородом. Образовавшуюся медь сожгли в хлоре, в результате чего образовалось 13,5 г хлорида. Вычислите массу исходного оксида меди(II).
- 8-45.** Вычислите объемы хлора и водорода, необходимых для получения 25 л хлороводорода. (Объемы газов даются при одинаковых условиях.)
- 8-46.** При сгорании в хлоре 12,8 г порошка некоторого металла образовалось 27 г хлорида, в котором данный металл двухвалентен. Порошок какого металла сожгли?
- 8-47.** При сгорании в хлоре 224 г порошка некоторого металла образовалось 650 г хлорида, в котором данный металл трехвалентен. О каком металле идет речь?
- 8-48.** При пропускании хлора через раствор иодида калия образовалось 2,54 г иода. Вычислите массу иодида калия, находившегося в исходном растворе, а также массу и объем (н.у.) хлора, вступившего в реакцию.
- 8-49.** При пропускании хлора через раствор бромиды натрия образовалось 4 г брома. Вычислите массу бромиды натрия в исходном растворе, а также массу и объем (н.у.) хлора, вступившего в реакцию.
- 8-50.** Порошок алюминия массой 13,5 г добавили к порции брома массой 120 г. Вычислите массу образовавшегося бромиды алюминия.

## 8.4. Хлороводород. Соляная кислота и ее соли

### Вопросы и задания

- 8-51.** Даны вещества: оксид магния, оксид серы(IV), гидроксид цинка, сульфат натрия, карбонат магния. Выберите, с какими из данных веществ реагирует соляная кислота, и напишите уравнения возможных реакций.
- 8-52.** Даны вещества: оксид меди(II), оксид фосфора(V), гидроксид кальция, нитрат калия, сульфид натрия. С какими из данных веществ реагирует соляная кислота? Напишите уравнения возможных реакций.
- 8-53.** В трех склянках без этикеток находятся соляная кислота, раствор хлорида натрия, раствор нитрата натрия. Как химическим путем распознать, какое вещество находится в каждой из склянок?
- 8-54.** В трех склянках без этикеток находятся соляная кислота, раствор хлорида бария, раствор нитрата калия. Как химическим путем распознать, какое вещество находится в каждой из склянок?
- 8-55.** В трех колбах без этикеток находятся раствор хлорида натрия, раствор хлорида бария, раствор хлорида алюминия. Как химическим путем распознать, какое вещество находится в каждой из колб?
- 8-56.** В трех колбах без этикеток находятся раствор хлорида натрия, раствор хлорида меди(II), раствор хлорида алюминия. Как химическим путем распознать, какое вещество находится в каждой из колб?
- 8-57.** В трех склянках без этикеток находятся соляная кислота, раствор карбоната натрия, раствор хлорида натрия. Как химическим путем, не используя других реактивов, распознать, какое вещество находится в каждой из склянок?
- 8-58.** Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить превращения веществ:
- а) Хлор  $\rightarrow$  Хлороводород  $\rightarrow$  Хлорид натрия  $\rightarrow$  Хлороводород  $\rightarrow$  Хлор;
  - б) Хлорид калия  $\rightarrow$  Хлороводород  $\rightarrow$  Хлорид меди(II)  $\rightarrow$  Хлорид цинка;
  - в) Натрий  $\rightarrow$  Хлорид натрия  $\rightarrow$  Сульфат натрия  $\rightarrow$  Хлорид натрия  $\rightarrow$  Хлорид серебра;
  - г) Серебро  $\rightarrow$  Нитрат серебра  $\rightarrow$  Хлорид серебра  $\rightarrow$  Серебро.
- 8-59.** Вычислите массу и объем хлороводорода, образовавшегося при взаимодействии 56,8 г хлора с водородом, взятым в стехиометрическом соотношении.
- 8-60.** Вычислите концентрацию соляной кислоты, образовавшейся при растворении 56 л хлороводорода в 500 г воды.
- 8-61.** При взаимодействии порции соляной кислоты, в которой содержится 73 г хлороводорода, с раствором, содержащим гидроксид натрия в стехиометрическом соотношении, образовалось 11,7 г соли. Вычислите массовую долю хлороводорода в исходной соляной кислоте.
- 8-62.** При взаимодействии порции соляной кислоты, в которой содержится 73 г хлороводорода, с избытком раствора гидроксида калия образовалось 29,8 г соли. Вычислите концентрацию исходной соляной кислоты.

- 8-63.** Вычислите массу и объем (н.у.) хлороводорода, который можно получить из 117 г поваренной соли.
- 8-64.** Порцию хлорида натрия массой 23,4 г обработали избытком концентрированной серной кислоты. Весь образовавшийся хлороводород растворили в 200 г воды. Вычислите концентрацию образовавшегося раствора соляной кислоты.
- 8-65.** Вычислите массу оксида марганца(IV) и массу 30%-ного раствора соляной кислоты, которые потребуются для получения 56 л (н.у.) хлора.
- 8-66.** Вычислите массу оксида свинца(IV) и массу 25%-ного раствора соляной кислоты, которые потребуются для получения 16,8 л (н.у.) хлора.
- 8-67.** К 378,1 г воды добавили 21,9 г кристаллогидрата хлорида кальция  $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ . Вычислите массовую долю хлорида кальция в образовавшемся растворе.
- 8-68.** К 179,7 г воды добавили 20,3 г кристаллогидрата хлорида магния  $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ . Вычислите массовую долю хлорида магния в растворе.
- 8-69.** Навеску кристаллогидрата хлорида меди  $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  массой 51,3 г растворили в воде и добавили гидроксид натрия в стехиометрическом соотношении. Затем образовавшийся осадок отфильтровали и прокалили. Вычислите массу образовавшегося после прокаливания вещества.
- 8-70.** Для нейтрализации 182,5 г 10%-ного раствора соляной кислоты использовали 60 г 20%-ного раствора гидроксида натрия. Оставшуюся соляную кислоту нейтрализовали гидроксидом калия. После выпаривания воды получили смесь хлоридов. Вычислите массовую долю каждой соли в этой смеси.

## Контрольная работа по теме «Водород. Галогены»

### Вариант 1

**1.** Вычислите массу 75%-ного раствора серной кислоты, при взаимодействии которого с хлоридом натрия образовался сульфат натрия и хлороводород, объем которого составил 2,24 л (н.у.).

**2.** Даны вещества: иодид калия, хлор, магний, водород. Напишите уравнения возможных реакций между этими веществами, выбирая их попарно. Укажите условия осуществления реакций, составьте схемы электронного баланса.

**3.** Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить превращения веществ:

Хлор  $\rightarrow$  Хлороводород  $\rightarrow$  Хлор  $\rightarrow$  Хлорид железа(III)  $\rightarrow$  Хлорид серебра.

Укажите типы реакций, в уравнениях окислительно-восстановительных реакций обозначьте степени окисления и переход электронов.

**4.** В трех колбах без этикеток находятся растворы хлорида натрия, бромида натрия и соляная кислота. Как можно идентифицировать эти вещества? Ответ мотивируйте.

## Вариант 2

1. Вычислите массу 10%-ного раствора соляной кислоты, при взаимодействии которого с цинком образовалось 6,72 л (н.у.) водорода.

2. Даны вещества: бромид натрия, хлор, кальций, водород. Напишите уравнения возможных реакций между этими веществами, выбирая их попарно. Укажите условия осуществления реакций, составьте схемы электронного баланса.

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

Хлорид натрия → Хлороводород → Хлор → Хлорид натрия → Хлор.

Укажите типы реакций, в уравнениях окислительно-восстановительных реакций обозначьте степени окисления и переход электронов.

4. В трех колбах без этикеток находятся растворы хлорида натрия, хлорида бария и иодида натрия. Как можно идентифицировать эти вещества? Ответ мотивируйте.

## 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	$2\text{H}_2\text{O} = 2\text{H}_2 + \text{O}_2$
Над формулами веществ запишем найденные количества веществ, а под формулами — стехиометрические соотношения, отображаемые уравнением реакции	$\begin{array}{ccc} 0,5 \text{ моль} & & ? \text{ моль} \\ 2\text{H}_2\text{O} = & 2\text{H}_2 + & \text{O}_2 \\ 2 \text{ моль} & & 1 \text{ моль} \end{array}$
Вычислим количество вещества, массу которого требуется найти. Для этого составим пропорцию	$\frac{0,5}{2} = \frac{x}{1}$ , откуда $x = 0,25$ . Следовательно, $n(\text{O}_2) = 0,25 \text{ моль}$
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 формулами веществ надпишем данные о количествах веществ, найденных из условия задачи, или искомые количества вещества, а под формулами — молярные соотношения, отображаемые уравнением реакции	$\begin{array}{ccc} 0,5 \text{ моль} & & ? \text{ моль} \\ 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{H}_2 + \text{O}_2 & & \\ 2 \text{ моль} & & 1 \text{ моль} \end{array}$
Вычислим количество вещества, массу которого требуется найти. Для этого составим пропорцию	$\frac{0,5}{2} = \frac{x}{1}, \text{ откуда}$ $x = 0,25.$ 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	$2\text{C}_2\text{H}_2 + 5\text{O}_2 = 4\text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$
Над формулами веществ запишем данные об объемах газообразных веществ, взятые из условия задачи, а под формулами — стехиометрические соотношения, отображаемые уравнением реакции, которые для газов, согласно закону Авогадро, равны их объемным отношениям	$\begin{array}{c} 50 \text{ л} \quad ? \text{ л} \\ 2\text{C}_2\text{H}_2 + 5\text{O}_2 = 4\text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \\ 2 \text{ моль} \quad 5 \text{ моль} \end{array}$
Вычислим объем вещества, который требуется найти. Для этого составляем пропорцию	$\frac{50}{2} = \frac{x}{5}, \text{ откуда}$ $x = 125$
Запишем ответ	<i>Ответ:</i> $V(\text{O}_2) = 125 \text{ л}$

**П р и м е ч а н и е.** Необходимо заметить, что ответ будет правильным только в том случае, 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 соответствует 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> $D_{\text{H}_2}(\text{O}_2) = 16$ ; $D_{\text{возд}}(\text{O}_2) \approx 1,103$

**П р и м е ч а н и е.** Понятие «относительная молекулярная масса воздуха» употребляется условно, так как воздух 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
Запишем условие задачи с помощью соответствующих обозначений	<i>Дано:</i> $m_{\text{р-ра}}(\text{NaCl}) = 500 \text{ г}$ $m_{\text{в-ва}}(\text{NaCl}) = 25 \text{ г}$ <hr/> $w(\text{NaCl}) = ?$
Запишем формулу для расчета массовой доли вещества в растворе	<i>Решение:</i> $w = \frac{m_{\text{в-ва}}}{m_{\text{р-ра}}}$
Подставим цифровые данные 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 — 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 растворенн вещества

**Пример.** Вычислите массу гидроксида натрия, необходимого для приготовления 400 г 20%-ного 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, перенеся запятую на два знака влево)	<i>Дано:</i> $m_{\text{р-ра}}(\text{NaOH}) = 400 \text{ г}$ $w(\text{NaOH}) = 20\%, \text{ или } 0,2$ $m_{\text{в-ва}}(\text{NaOH}) = ? \text{ г}$
Записываем 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> $m(\text{NaOH}) = 80 \text{ г}$

## Алгоритм 7

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

**Пример.** По термохимическому уравнению



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

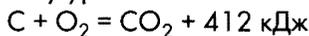
Последовательность выполнения действий	Оформление решения задачи
С помощью соответствующих обозначений запишем условие задачи, найдем молярную массу вещества, о котором идет речь в условии задачи	<i>Дано:</i> $m(\text{Cu}) = 16 \text{ г}$ $Q_{\text{р-ции}} = 310 \text{ кДж}$ $Q = ? \text{ кДж}$ $M(\text{Cu})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

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, взятые 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 — продукта реакции. Для этого составим пропорцию	$\frac{0,25}{2} = \frac{x}{310}, \text{ откуда}$ $x = 38,75.$ <p>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> $Q = 82,4 \text{ кДж}$ $Q_{\text{р-ции}} = 412 \text{ кДж}$ $m(\text{C}) = ? \text{ г}$ $M(\text{C}) = 12 \text{ г/моль}$
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 стехиометрическое 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 продукта реакции. Для этого составим пропорцию	$\frac{x}{1} = \frac{82,4}{412}, \text{ откуда}$ $x = 0,2.$ <p>Следовательно, <math>\nu(\text{C}) = 0,2</math> моль</p>
Определим массу вещества по найденному количеству 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, один из которых содержал 33,3 г хлорида кальция, а другой — 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	<p><i>Дано:</i></p> $m(\text{CaCl}_2) = 33,3 \text{ г}$ $m(\text{Na}_3\text{PO}_4) = 16,4 \text{ г}$ $m(\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2) = ? \text{ г}$ $M(\text{CaCl}_2) = 111 \text{ г/моль}$ $M(\text{Na}_3\text{PO}_4) = 164 \text{ г/моль}$ $M(\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2) = 310 \text{ г/моль}$
Найдем количества веществ, масса которых дана в условии задачи	<p><i>Решение:</i></p> $n(\text{CaCl}_2) = \frac{33,3 \text{ г}}{111 \text{ г/моль}} = 0,3 \text{ моль}$ $n(\text{Na}_3\text{PO}_4) = \frac{16,4 \text{ г}}{164 \text{ г/моль}} = 0,1 \text{ моль}$
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, взятых из условия задачи, или искомые количества вещества, 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 одного из реагентов	$\begin{array}{ccccc} 0,3 \text{ моль} & & a \text{ моль} & & \\ 3\text{CaCl}_2 + 2\text{Na}_3\text{PO}_4 & & & & \\ 3 \text{ моль} & & 2 \text{ моль} & & \end{array}$
Вычислим количество вещества реагента, которое потребуется для взаимодействия с известным количеством вещества другого реагента. Для этого составим пропорцию и решим уравнение	$\frac{0,3}{3} = \frac{a}{2}$ $3a = 0,3 \cdot 2$ $a = 0,2$
Определим, какой из реагентов дан в избытке. Для этого сравним найденное значение $a$ с количеством вещества данного реагента по условию задачи	Для взаимодействия с 0,3 моль $\text{CaCl}_2$ потребуется 0,2 моль $\text{Na}_3\text{PO}_4$ . По условию имеем только 0,1 моль $\text{Na}_3\text{PO}_4$ , что составляет недостаток по отношению к 0,3 моль $\text{CaCl}_2$ . Следовательно, $\text{CaCl}_2$ дан в избытке. Расчет ведем по $\text{Na}_3\text{PO}_4$
Перепишем уравнение реакций со стехиометрическим 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	$\frac{0,1}{2} = \frac{x}{1}, \text{ откуда}$ $x = 0,05.$ <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	<i>Ответ:</i> $m(\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2) = 15,5 \text{ г}$

## Приложение I

### Физические свойства некоторых веществ (плотность, температура плавления, температура кипения)

Вещество	Плотность, г/см <sup>3</sup>	Температура плавления, °С	Температура кипения, °С
Алюминий	2,7	660,1	2500
Бром	3,102 (при 25 °С)	-7,25	59,2
Вода	1,0 (при 4 °С)	0	100
Водород	0,00009	-259,19	-252,77
Графит	2,265	—	Возгоняется при 3700 °С
Железо	7,874	1539	2870
Золото	19,3	1063,4	2880
Иод	4,94	113,6	185,5
Кислород	0,00143	-218,8	-181,97
Магний	1,74	651	1107
Медь	8,96	1083	2543
Натрий	0,968	97,8	883
Олово (белое)	7,29	231,9	2620
Поваренная соль (хлорид натрия)	2,165	801	1465
Ртуть	13,546	-38,89	256,66
Свинец	11,336	327,4	1745
Серебро	10,5	960,5	2167
Углекислый газ (диоксид углерода)	0,001977	-56,6	Возгоняется при -78,50 °С
Хлор	0,003214	-101,03	-34,1
Хлороводород	0,001639	-114,2	-85,08
Цинк	7,133	419,5	906,2

П р и м е ч а н и е. Значения плотности, если не указана температура, приведены при 20 °С. Плотность газообразных веществ приведена при нормальных условиях (н.у.).

## Приложение II

### Названия некоторых кислот и их солей

Формула кислоты	Название кислоты	Название аниона кислотного остатка	Пример соли данной кислоты	Название соли
$\text{HNO}_3$	Азотная	Нитрат	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	Нитрат кальция
$\text{HF}$	Фтороводородная (плавиковая)	Фторид	$\text{AlF}_3$	Фторид алюминия
$\text{HCl}$	Хлороводородная (соляная)	Хлорид	$\text{NaCl}$	Хлорид натрия
$\text{HBr}$	Бромоводородная	Бромид	$\text{AgBr}$	Бромид серебра
$\text{HI}$	Иодоводородная	Иодид	$\text{PbI}_2$	Иодид свинца(II)
$\text{H}_2\text{S}$	Сероводородная	Сульфид	$\text{CuS}$	Сульфид меди(II)
$\text{H}_2\text{SO}_3$	Сернистая	Сульфит	$\text{Na}_2\text{SO}_3$	Сульфит натрия
$\text{H}_2\text{SO}_4$	Серная	Сульфат	$\text{BaSO}_4$	Сульфат бария
$\text{H}_2\text{CO}_3$	Угольная	Карбонат	$\text{Li}_2\text{CO}_3$	Карбонат лития
$\text{H}_2\text{SiO}_3$	Кремниевая	Силикат	$\text{Na}_2\text{SiO}_3$	Силикат натрия
$\text{H}_3\text{PO}_4$	Ортофосфорная	Фосфат (ортофосфат)	$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$	Ортофосфат кальция
$\text{H}_2\text{CrO}_4$	Хромовая	Хромат	$\text{Na}_2\text{CrO}_4$	Хромат натрия
$\text{H}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$	Двухромовая	Дихромат (бихромат)	$(\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7$	Дихромат аммония
$\text{HClO}_4$	Хлорная	Перхлорат	$\text{Mg}(\text{ClO}_4)_2$	Перхлорат магния
$\text{HMnO}_4$	Марганцевая	Перманганат	$\text{KMnO}_4$	Перманганат калия
$\text{HCN}$	Циановодородная	Цианид	$\text{KCN}$	Цианид калия
$\text{HCOOH}$	Муравьиная	Формиат	$\text{HCOONa}$	Формиат натрия

Формула кислоты	Название кислоты	Название аниона кислотного остатка	Пример соли данной кислоты	Название соли
$\text{CH}_3\text{COOH}$	Уксусная	Ацетат	$(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Pb}$	Ацетат свинца(II)
$\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$	Щавелевая	Оксалат	$\text{K}_2\text{C}_2\text{O}_4$	Оксалат калия

### 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	$V_n$	$\text{м}^3/\text{моль}$ , л/моль
Объем вещества	$V$	$\text{м}^3$ , л
Объемная доля	$\varphi$	Безразмерная
Относительная атомная масса	$A_r$	Безразмерная
Относительная молекулярная масса	$M_r$	Безразмерная
Относительная плотность газа А по газу В	$D_B(A)$	Безразмерная
Плотность вещества	$\rho$	$\text{кг}/\text{м}^3$ , $\text{г}/\text{см}^3$ , г/мл
Постоянная Авогадро	$N_A$	1/моль
Температура абсолютная	$T$	К (Кельвин)
Температура по шкале Цельсия	$t$	$^\circ\text{C}$ (градус Цельсия)
Тепловой эффект химической реакции	$Q$	кДж/моль

# Приложение IV

Значения относительной электроотрицательности элементов (по Л. Полингу)

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII			
1	<b>H</b> 2,20						(H)	<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> 4,0	<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>Co</b> 1,88	<b>Ni</b> 1,91	
	<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>			
5	<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	<b>Rh</b> 2,28	<b>Pb</b> 2,20	
	<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			
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	<b>Ir</b> 2,20	<b>Pt</b> 2,28	
	<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>			

## Приложение V

### Формулы для расчетов

**Формула 1.** Вычисление массовой доли элемента в соединении.

$$w(\Theta) = \frac{k \cdot A_r(\Theta)}{M_r}$$

$w$  — массовая доля элемента  $\Theta$ ;  $k$  — число атомов элемента  $\Theta$  в молекуле.

**Формула 2.** Расчет количества вещества по его массе

$$n = \frac{m}{M}$$

$n$  — количество вещества;  $m$  — масса вещества;  $M$  — молярная масса вещества.

**Формула 3.** Расчет количества вещества по числу частиц

$$n = \frac{N}{N_A}$$

$N$  — число частиц в данной порции вещества;  $N_A$  — постоянная Авогадро.

**Формула 4.** Вычисление массовой доли растворенного вещества в растворе

$$w = \frac{m_{\text{в-ва}}}{m_{\text{р-ра}}} = \frac{m_{\text{в-ва}}}{m_{\text{в-ва}} + m_{\text{р-ля}}}$$

$w$  — массовая доля растворенного вещества в растворе;  $m_{\text{в-ва}}$  — масса растворенного вещества;  $m_{\text{р-ра}}$  — масса раствора;  $m_{\text{р-ля}}$  — масса растворителя.

**Формула 5.** Расчет молярной концентрации вещества в растворе

$$c = \frac{n_{\text{в-ва}}}{V_{\text{р-ра}}}$$

$n_{\text{в-ва}}$  — количество растворенного вещества;  $V_{\text{р-ра}}$  — объем раствора.

**Формула 6.** Вычисление количества вещества в газообразном состоянии по его объему

$$n = \frac{V}{V_n}$$

$n$  — количество вещества;  $V$  — объем газа;  $V_n$  — молярный объем газа (22,4 л/моль).

## Ответы

### Глава 1

- 1-7. 1,08 г; 24,125 г; 10,01 г.  
1-8. а) 20 см<sup>3</sup>; б) 5 см<sup>3</sup>; в) 50 см<sup>3</sup>.  
1-19. H<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, F<sub>2</sub>, Cl<sub>2</sub>, Br<sub>2</sub>, I<sub>2</sub>.  
1-33. а) 16; б) 44; в) 44; г) 142.  
1-34. а) 64; б) 80; в) 103; г) 146.  
1-35. а) 88; б) 160; в) 232; г) 120.  
1-36. а) 133,5; б) 102; в) 144; г) 122.  
1-37. а) 27; б) 63; в) 100,5; г) 46; д) 88.  
1-38. 98; 98; 98.  
1-39. а) 242; б) 400; в) 601.  
1-40. а) 52,94%; 47,06%; б) 27,93%; 72,07%; в) 75%; 25%.  
1-41. а) 46,67%; 53,33%; б) 93,10%; 6,90%; в) 47,41%; 52,59%; г) 81,08%; 18,92%.  
1-42. а) 40%; 12%; 48%; б) 40%; 20%; 40%; в) 84%; 16%; г) 60%; 8%; 32%.  
1-43. а) Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>; б) B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.  
1-44. а) 3,06%; 31,63%; 65,31%; б) 37,70%; 22,95%; 39,34%; в) 58,80%; 13,73%; 27,47%; г) 31,84%; 28,98%; 39,18%.  
1-45. а) 16,22%; 18,92%; 64,86%; б) 15,79%; 28,07%; 56,14%; в) 38,71%; 20%; 41,29%.  
1-46. Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.  
1-47. P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.  
1-48. K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>.  
1-49. H<sub>4</sub>N<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, или NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>.  
1-50. C<sub>2</sub>H<sub>3</sub>O<sub>2</sub>Cl, или ClCH<sub>2</sub>COOH.  
1-74. Примеры: а) MgO, CO<sub>2</sub>, SO<sub>3</sub>; б) Cl<sub>2</sub>O, B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.  
1-75. а) 28 г; б) 22 г; в) 250 г; г) 340 г; д) 29,4 г; е) 3420 г; ж) 106а г; з) 143,5б г.  
1-76. а) 0,1 моль; б) 10 моль; в) 3 моль; г) 5 моль; д) 5 моль; е) 10 моль; ж) 20 моль.  
1-77. а) = ; б) > ; в) = ; г) < ; д) > ; е) < .  
1-78. а) = ; б) > ; в) < ; г) < .  
1-79. а) В 1 моль O<sub>3</sub>; б) одинаково.  
1-80. Fe.

- 1-81.**  $N_2$ .  
**1-82.** 224 г.  
**1-83.** 10,8 г.  
**1-84.** 1,8 г.  
**1-85.** а)  $2,408 \cdot 10^{24}$ ; б)  $3,01 \cdot 10^{24}$ ; в)  $1,505 \cdot 10^{24}$ ; г)  $3,763a \cdot 10^{23}$ .  
**1-86.** а) 16 г; б) 66 г; в) 192 г; г) 365 г; д) 16 г; е) 0,23 г; ж)  $7,973a \cdot 10^{-23}$  г.  
**1-87.** а) >; б) =; в) <.  
**1-88.** а) 3 моль; б) 0,5 моль.  
**1-89.** а) 0,2 моль; б) 3 моль; в) 0,0625 моль.  
**1-90.** а) 10,5 моль; б) 3 моль; в) 3 моль.

**1-91.**

**1-й вариант**

- Al:  $3,01 \cdot 10^{23}$ ; 13,5; 27; 0,5; 2,7; 5.  
 Sn:  $4,39 \cdot 10^{23}$ ; 86,87; 119; 0,73; 7,3; 11,9.  
 Pb:  $3,01 \cdot 10^{23}$ ; 103,5; 207; 0,5; 11,4; 9,08.  
 Fe:  $3,76 \cdot 10^{24}$ ; 349,96; 56; 6,241; 7,9; 44,24.

**2-й вариант**

- Cu:  $1,81 \cdot 10^{24}$ ; 192; 64; 3; 9,0; 21,33.  
 Ag:  $1,505 \cdot 10^{24}$ ; 270; 108; 2,5; 10,5; 25,71.  
 Au:  $1,16 \cdot 10^{24}$ ; 380,21; 197; 1,93; 19,3; 19,7.  
 Pt:  $1,28 \cdot 10^{24}$ ; 419,25; 195; 2,12; 21,5; 19,5.

**3-й вариант**

- $H_2O$ :  $3,01 \cdot 10^{24}$ ; 9; 18; 5; 1,0; 18.  
 $C_2H_5OH$ :  $1,2 \cdot 10^{24}$ ; 92; 46; 2; 0,8; 115.  
 $C_6H_6$ :  $6,02 \cdot 10^{22}$ ; 7,8; 78; 0,1; 0,8; 9,75.  
 $C_3H_6O$ :  $3,85 \cdot 10^{23}$ ; 37,12; 58; 0,64; 0,8; 46,4.

**1-92.** Al, Zn, Cu, Fe.

## Глава 2

- 2-26.** 3 моль Fe; 4,5 моль  $H_2O$ ; 1,5 моль  $Fe_2O_3$ .  
**2-27.** 1 моль; 1,5 моль; 0,5 моль.  
**2-28.** а) 6; 18; б) 0,04; 0,12; 0,04; 0,06; в) 0,36; 1,08; 0,36; 0,54; г) 3,4; 10,2; 3,4; 5,1.  
**2-29.** а) 9; б) 3; в) 0,21; 0,14; 0,07; 0,21; г) 6,6; 4,4; 2,2; 6,6; д) 15,9; 10,6; 5,3; 15,9.  
**2-30.** а) 0,8; 4,8; 1,6; 2,4; б) 3; 18; 6; 9; в) 3,6; 21,6; 7,2; 10,8; г) 0,24; 1,44; 0,48; 0,72.  
**2-31.** 255 г; 120 г.  
**2-32.** 12,8 г; 3,2 г.  
**2-33.** 84 г; 32 г.  
**2-34.** а) 1,8 г; б) 14,4 г.  
**2-35.** 75 г.  
**2-36.** 2,8 л  $O_2$ .  
**2-37.** Нет.

- 2-38. 72,795 кДж.  
2-39. 184,1 кДж.  
2-40. 368,2 кДж.

### Глава 3

- 3-8. 15% Sn.  
3-9. 65% Cu.  
3-10. 5,1% Cu; 3,06% Mn; 1,02% Mg; 90,82% Al.  
3-11. 15 г Cu.  
3-12. 4,8 кг Cr.  
3-13. 0,5%.  
3-14. 250 г.  
3-15. 7,5%.  
3-16. 16,7%.  
3-17. 10%.  
3-18. 12,5%.  
3-19. 6,25%.  
3-20. 2,88%.  
3-21. 9,6% NaOH; 10,4% KOH.  
3-22. 5% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>; 7,5% HNO<sub>3</sub>.  
3-23. 60 г.  
3-24. 10 г соли; 190 г H<sub>2</sub>O.  
3-25. 20 г H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>; 30 г H<sub>2</sub>O.  
3-26. 0,85 г соли; 99,15 г H<sub>2</sub>O.  
3-27. 90 г уксусной кислоты; 910 г H<sub>2</sub>O.  
3-28. 76,8 г.  
3-29. 16%.  
3-30. 6,7%.  
3-31. 28,8%.  
3-32. 9,1% и 9,5%.  
3-33. 6,8%.  
3-34. 13,3%.  
3-35. 0,2%.  
3-36. 17,7%.  
3-37. 4,2%.  
3-38. 8% NaNO<sub>3</sub>; 0,95% AgNO<sub>3</sub>.  
3-39. 1,6%, 1%, 3,9%.  
3-40. 5 г.  
3-41. 20 г.  
3-42. 4500 г.  
3-43. 300 г.  
3-44. 500 г.  
3-45. 100 г.  
3-46. 10 г и 90 г.

- 3-47. 20 г и 30 г.  
3-48. 30 г и 10 г.  
3-49. 120 г и 80 г.  
3-50. 25 г и 75 г.  
3-51. 13,9 г.  
3-52. 22,8 г.  
3-53. 17,9 г.  
3-54. 83,9 г.  
3-55. 7,3 г на 100 г воды.  
3-56. 7,3 г на 100 г воды.  
3-57. 358 г; 974 г; 616 г.  
3-58. 95,3 г; 5,63 г.  
3-59. 132 г; 368 г.  
3-60. 9,3%.  
3-61. Нет.  
3-62. Да.  
3-63. 189,5 г.  
3-64. 69,7 г.  
3-65. 0,4 моль.  
3-66. 1,8 моль.  
3-67. 37,8 г.  
3-68. 14 г.  
3-69. 5 г.  
3-70. 40,4 г.  
3-71. 15,7%.  
3-72. 17,8%.  
3-73. 3,52 моль/л.  
3-74. 5,3 моль/л.  
3-75. 68%.  
3-76. 16 моль/л.  
3-77. 16,75%.  
3-78. 22,2 г и 177,8 г.  
3-79. 22,9 г.  
3-80. 278 г и 1242 мл.  
3-81. 281 г и 1269 мл.  
3-82. 100 г.  
3-83. 9%.  
3-84. 15,8%.  
3-85. 168,75 г и 31,25 г.  
3-86. 357,1 г и 142,9 г.  
3-87. 157,9 г.  
3-88. 224,1 г.

## Глава 4

- 4-1. а) 112 л; б) 112 л; в) 112 л; г) 56 л; д) 224 л; е) 22,4 л.
- 4-2. а) 44,8 м<sup>3</sup>; б) 89,6 л; в) 179,2 л.
- 4-3. а) 3 моль; б) 2 моль; в) 0,1 моль; г) 10 моль; д)  $(a/22,4)$  моль; е)  $(x/22,4)$  моль; ж) 20 кмоль; з) 3 ммоль.
- 4-4. Нет.
- 4-5. а) 32 г; б) 14 г; в) 75 г; г) 920 г; д) 6 г; е) 80 кг; ж) 3,65 мг; з) 1,96 г.
- 4-6. а) 33,6 л; б) 2,24 л; в) 33,6 л; г) 5,6 м<sup>3</sup>; д) 448 мл; е) 0,224 мл; ж) 44,8 мл; з) 0,28 л.
- 4-7. а) = ; б) = ; в) > ; г) = ; д) > ; е) > .
- 4-8. Cl<sub>2</sub>.
- 4-9. He.
- 4-10. а) 22,4 л; б) 4,48 л; в) 4,48 л; г) 224 мл; д) 22 400 м<sup>3</sup>; е) 67,2 л; ж)  $8,96 \cdot 10^{-6}$  л; з)  $3,72a \cdot 10^{-23}$  л.
- 4-11. а)  $3,01 \cdot 10^{24}$ ; б)  $4,816 \cdot 10^{23}$ ; в)  $6,02 \cdot 10^{25}$ ; г)  $3,72 \cdot 10^{-23}$ .
- 4-12. а) 14; б) 2; в) 29; г) 49,5.
- 4-13. 1: а) 0,53; 2; б) 0,61; 2,29; в) 0,59; 2,21.  
2: а) 4; 1,375; б) 4,57; 1,57; в) 4,41; 1,52.  
3: а) 1,44; 0,625; б) 1,64; 0,71; в) 1,52; 0,69.
- 4-14. F<sub>2</sub>.
- 4-15. 10,95%.
- 4-16. 4,05%.
- 4-17. 25,65%.
- 4-18. 10,23%.
- 4-19. 16,7%; 83,3%.
- 4-20. 13,8%; 17,2%; 70,0%.
- 4-21. 25% и 75%; 82% и 18%.
- 4-22. а) 13,51% и 86,49%; б) 71,43% и 28,57%.
- 4-23. а) 37,04% и 62,96%; б) 83,33% и 16,67%.
- 4-24. 11,1% и 8,9%.
- 4-25. 23,8% и 76,2%.
- 4-26. 1/3 и 2/3.
- 4-27. 10,4.
- 4-28. 0,6.
- 4-29. 1,254.
- 4-30. а) 30% и 70%; б) 22,6% и 77,4%.
- 4-31. а) 21,05% и 78,95%; б) 40% и 60%.
- 4-32. 14.
- 4-33. а) 7; 7; 14; б) 5; 5; 10; в) 7,5; 7,5; 15.
- 4-34. а) 5; 25; 15; 20; б) 1,6; 8; 4,8; 6,4; в) 2,33; 11,65; 7; 55,92; г) 0,75; 3,75; 2,25; 3.
- 4-35. а) 5; 15; 10; 10; б) 2,67; 8; 5,34; 5,34; в) 3,5; 10,5; 7; 7; г) 1,5; 4,5; 3; 3.
- 4-36. а) 5; 32,5; 20; 25; б) 1,23; 8; 4,92; 6,15; в) 3,5; 10,5; 7; 8,75; г) 1,67; 10,86; 6,68; 3.

- 4-37. а) 56 л и 12 л; б) 11,2 а л и 22,4 а л; в) 22,4 л и 44,8 л; г) 0,62 х л и 1,24 х л.  
 4-38. а) 16,8 л; б) 6,72 л.  
 4-39. а) 67,2 л; б) 22,4 л.  
 4-40. а) 28 л; б) 14 л; в) 140 л.  
 4-41. а) 28 л; б) 7,1 л; в) 0,07 а л.  
 4-42. а) 134,4 л; б) 27 л; в) 0,27 а л.  
 4-43. а) 89,6 л; б) 3,3 л; в) 0,33 а л.  
 4-44. а) 632 г; б) 790 г; в) 1580 г; г) 14,1 а г.  
 4-45. а) 245 г; б) 102 г; в) 61,25 г; г) 3,65 а г.  
 4-46. 1133,3 г.  
 4-47. 170 г.  
 4-48. 193,42 г.  
 4-49. 16 г; 5,6 л.  
 4-50. 60 г.  
 4-51. а) 22,4 л, 160 г; б) 90,72 л, 1296 г.  
 4-52. а) 896 мл, 4,64 г; б) 35,4 л, 183 г.  
 4-53. 13,44 л; 12,6 г.  
 4-54. 15,68 л  $\text{CO}_2$ ; 14,4 г  $\text{H}_2\text{O}$ .  
 4-55. а) 224 л; б) 23,52 л; в) 33,6 л.  
 4-56. а) 476 л; б) 106 л.  
 4-57. Al.  
 4-58. Zn.  
 4-59. As.  
 4-60. 16,8 л.  
 4-61. 0,49 моль.  
 4-62. 88,9% и 11,1%.  
 4-63. 47,4% и 52,6%.  
 4-64. 69,2% и 30,8%.  
 4-65. 60% и 40%.  
 4-66. 42,9% и 57,1%.

### Глава 5

- 5-16. а)  $\text{CO}$ ; б)  $\text{N}_2\text{O}_5$ .  
 5-26. 60 г.  
 5-27. 255 г.  
 5-28. 192,6 г.  
 5-29. 1200 г.  
 5-30. 357,2 г.  
 5-31. 31 г; 40 г.  
 5-32. 13,5 г; 12 г.  
 5-33. а) Да; б) да; в) нет; г) да.  
 5-34. а) Да; б) да; в) нет; г) нет.  
 5-35. 2,4 г; 1,6 г.  
 5-36. 6,4 г; 1,12 л.

- 5-37. 10 г и 80 г; 112 л и 56 л.  
5-38. а) 10 л; 5 л; 10 л; б) 20 л; 16 л; 8 л; в) 4,5 л; 3 л; 3 л.  
5-39. а) 21 л; 14 л; 14 л; б) 40 л; 24 л; 32 л; в) 13,5 л; 9 л; 9 л.  
5-40. 56,8 г.  
5-41. 88 г.  
5-42. 160 г.  
5-43. 90 г; 16 г.  
5-44. Si.  
5-60. 10 г; 2,8 л.  
5-61. 11,2 ; 2,24 л.  
5-62. 20 г и 18 г.  
5-63. 13,7 г и 3,6 г.  
5-64. а) 15,75 г; б) 157,5 г; 12,6 г.  
5-65. а) 44,8 г; б) 22,4 г; в) 56 г.  
5-66. 31,8 г.  
5-67. 1 г.  
5-68. 32,8 г.  
5-69. 394 г.  
5-70. 31,8 г.  
5-71. 14,5 г.  
5-72. 70,7 г; 5,6 г.  
5-73. 17 г; 6,3 г.  
5-74. 85 г.  
5-75. 50,5 г.  
5-76. 4%.  
5-77. 25%.  
5-78. а) 5,85 г; б) 6,2%; в) 4 г; г) 4,2%.  
5-93. 6,72 л; 28,5 г.  
5-94. 5,6 л; 31,75 г.  
5-95. 19,6 г; 24 г.  
5-96. 12,6 г.  
5-97. 10,1 г; 5,6 г.  
5-98. 21,25 г; 12 г.  
5-99. 612,5 г.  
5-100. 126 г.  
5-101. 816,7 г.  
5-102. 4,48 л; 23,4 г.  
5-103. а) 21,25 г; б) 4,8%; в) 2,3%.  
5-104. а) 11,6 г; б) 7,7%; в) 3,7%.  
5-115. а)  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ ; б)  $(\text{FeOH})_2\text{SO}_4$ .  
5-133. 19,2 г.  
5-134. 16,25 г; 40 г.  
5-135. 20 г.  
5-136. 2,925 г; 7,175 г.

- 5-137. 58,25 г.  
 5-138. 20%.  
 5-139. а) 115,25 г; б) 42,5 г; в) 5,2%; г) 82,75 г; д) 10,2%.  
 5-140. а) 41,9 г; б) 25,5 г; в) 7,6%; г) 34 г; д) 10,2%.

### Глава 6

- 6-2. 63,62.  
 6-3. 58,7541.  
 6-4. 24,32.  
 6-5. 60% и 40%.  
 6-6. 20% и 80%.  
 6-7. 55% и 45%.  
 6-8. 6 видов.  
 6-9. 9 молекул.  
 6-12. а) Li; б) S; в) Ar; г) Ca; д) Ge; е) Sc; ж) Co; з) I.  
 6-14. а) Да; б) нет; в) нет; г) да.  
 6-15. а)  $1s^2 2s^2 2p^6$ ; б)  $1s^2 2s^2 2p^6$ ; в)  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$ ; г)  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^6$ .

### Глава 7

- 7-29. Примеры: а) **Al**; б) **Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>**; в) **H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>**; г) **H<sub>2</sub>S**; д) **Mg<sub>3</sub>N<sub>2</sub>**.  
 7-30. Примеры: а) **Se**; б) **SeO<sub>2</sub>**; в) **SeO<sub>3</sub>**.

### Глава 8

- 8-5. 0,6 г; 6,72 л.  
 8-6. 162,5 г.  
 8-7. 160 г; 112 л.  
 8-8. 5 г; 56 л; 80 г.  
 8-9. 336 г; 144 г; 464 г.  
 8-10. а) 6860 г и 126 г; б) 4900 г и 90 г; в) 1960 г и 36 г.  
 8-11. 0,5 г; 5,6 л; 20 г.  
 8-12. 7,5 г; 84 л; 200 г.  
 8-13. 26,7 мг; 298,7 мл; 773,3 мг.  
 8-14. 7 г.  
 8-15. 21,6 г.  
 8-16. 50 л; 25 л; 50 л.  
 8-17. 5 моль; 1,5 моль H<sub>2</sub>.  
 8-18. 10 л; 3 л H<sub>2</sub>.  
 8-19. 90 г и 16 г O<sub>2</sub>.  
 8-20. Mg.  
 8-21. Al.  
 8-22. 1/9 и 8/9; 50% и 50%.  
 8-23. Да; 108 г; 32 г; 22,4 л.  
 8-31. 30 г.

- 8-32. 680 г.
- 8-33. 12 г; 8,4 л.
- 8-42. 44,8 г; 85,2 г; 26,88 л.
- 8-43. 114,25 г; 53,25 г; 16,8 л.
- 8-44. 8 г.
- 8-45. 12,5 л и 12,5 л.
- 8-46. Cu.
- 8-47. Fe.
- 8-48. 3,32 г; 0,71 г; 224 мл.
- 8-49. 5,15 г; 1,775 г; 560 мл.
- 8-50. 133,5 г.
- 8-59. 14,6 г; 8,96 л.
- 8-60. 15,4%.
- 8-61. 10%.
- 8-62. 20%.
- 8-63. 73 г; 44,8 л.
- 8-64. 6,8%.
- 8-65. 217,5 г; 1216,7 г.
- 8-66. 179,25 г; 438 г.
- 8-67. 2,8%.
- 8-68. 4,75%.
- 8-69. 24 г.
- 8-70. 54% и 46%.

# Оглавление

Предисловие .....	3
<b>Глава 1</b>	
Первоначальные химические понятия .....	5
1.1. Вещества и физические тела. Физические свойства веществ. Физические и химические явления .....	5
1.2. Атомы и молекулы. Химические элементы. Формы существования элементов. Химические формулы .....	7
1.3. Относительная атомная масса. Относительная молекулярная масса .....	9
1.4. Вычисление массовой доли элемента. Вывод формулы вещества ....	10
1.5. Знакомство с периодической системой химических элементов Д.И. Менделеева .....	12
1.6. Валентность химических элементов .....	13
1.7. Количество вещества. Моль. Молярная масса .....	15
Решения .....	19
Контрольная работа по теме «Первоначальные химические понятия» .....	20
<b>Глава 2</b>	
Химические реакции .....	22
2.1. Составление уравнений химических реакций .....	22
2.2. Типы химических реакций .....	24
2.3. Простейшие расчеты по уравнениям химических реакций .....	26
Контрольная работа по теме «Химические реакции» .....	29
<b>Глава 3</b>	
Смеси. Растворы .....	30
3.1. Смеси. Очистка веществ. Массовая доля вещества в смеси .....	30
3.2. Растворы. Массовая доля вещества в растворе .....	31
3.3. Растворимость веществ .....	35
3.4. Молярная концентрация .....	38
3.5. Кристаллогидраты .....	39
Контрольная работа по теме «Смеси. Растворы» .....	40
<b>Глава 4</b>	
Газы. Кислород. Горение .....	41
4.1. Молярный объем газов. Относительная плотность газов .....	41

4.2. Смеси газов. Объемная доля газа в смеси .....	44
4.3. Простейшие расчеты по уравнениям реакций с участием газов ...	46
4.4. Получение кислорода. Вычисления по уравнениям реакций разложения .....	48
4.5. Кислород. Горение. Расчеты по уравнениям реакций горения ....	48
Решения .....	50
Контрольная работа по теме «Газы. Кислород. Горение» .....	50

## Глава 5

Основные классы неорганических соединений .....	52
5.1. Классификация неорганических веществ .....	52
5.2. Оксиды .....	55
5.3. Основания .....	58
5.4. Кислоты .....	60
5.5. Соли .....	63
5.6. Амфотерные гидроксиды .....	68
Решения .....	69
Контрольная работа по теме «Основные классы неорганических соединений» .....	70

## Глава 6

Строение атома. Периодический закон и периодическая система Д.И. Менделеева в свете электронной теории .....	72
6.1. Атомное ядро. Изотопы .....	72
6.2. Электронная конфигурация атомов .....	74
6.3. Свойства химических элементов в свете электронной теории ....	78
Решения .....	80

## Глава 7

Строение вещества. Химические реакции в свете электронной теории .....	81
7.1. Характер связи в химических соединениях .....	81
7.2. Степень окисления .....	84
7.3. Окислительно-восстановительные реакции .....	87
7.4. Составление краткой характеристики элемента .....	92
Решения .....	93
Контрольная работа по теме «Строение атома. Химическая связь. Окислительно-восстановительные реакции» .....	95

## Глава 8

Водород. Галогены .....	97
8.1. Водород .....	97
8.2. Вода. Пероксид водорода .....	98

8.3. Галогены .....	99
8.4. Хлороводород. Соляная кислота и ее соли .....	101
Контрольная работа по теме «Водород. Галогены» .....	102

## Глава 9

Алгоритмы решения типовых задач .....	104
Алгоритм 1. Вычисление массы вещества по известной массе другого вещества, участвующего в реакции .....	104
Алгоритм 2. Вычисление объема вещества по известной массе другого вещества, участвующего в реакции .....	105
Алгоритм 3. Расчет по химическому уравнению объемных отношений газов .....	106
Алгоритм 4. Вычисление относительной плотности газа по другому газу .....	106
Алгоритм 5. Вычисление массовой доли вещества в растворе .....	107
Алгоритм 6. Вычисление массы вещества в растворе по массе раствора и массовой доле растворенного вещества .....	108
Алгоритм 7. Расчеты по термохимическим уравнениям. Вычисление количества теплоты по известной массе вещества .....	108
Алгоритм 8. Расчеты по термохимическим уравнениям. Вычисление массы вещества по известному количеству теплоты .....	109
Алгоритм 9. Расчеты по химическим уравнениям, если одно из реагирующих веществ дано в избытке .....	110
<i>Приложение I. Физические свойства некоторых веществ (плотность, температура плавления, температура кипения) .....</i>	<i>112</i>
<i>Приложение II. Названия некоторых кислот и их солей .....</i>	<i>113</i>
<i>Приложение III. Условные обозначения, названия и единицы измерения некоторых физических величин .....</i>	<i>114</i>
<i>Приложение IV. Значения относительной электроотрицательности элементов (по Л. Полингу) .....</i>	<i>115</i>
<i>Приложение V. Формулы для расчетов .....</i>	<i>116</i>
Ответы .....	117