

П. П. Попель, А. С. Крикля

# ХИМИЯ

Первоначальные  
химические  
понятия

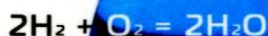
Атом  
Молекула  
Ион

Химический  
элемент  
Химическая  
реакция

7  
класс

Элементы  
Оксиген и Феррум

Простые  
вещества  
Кислород  
Железо



**Рекомендовано Министерством образования и науки Украины**

(Письмо № 1/II-2188 от 28.04.2007 г.)

Издано за счет государственных средств.  
Продажа запрещена

Учебник подготовлен в соответствии с программой по химии для 7—11 классов общеобразовательных учебных заведений. В нем изложен материал разделов «Первоначальные химические понятия» и «Элементы Оксиген и Феррум. Простые вещества кислород и железо». Содержит практические работы, лабораторные опыты, вопросы, упражнения, задачи, задания для домашнего эксперимента, дополнительный материал для любознательных, а также словарь химических терминов и предметный указатель.

Підручник підготовлено за програмою з хімії для 7—11 класів загальноосвітніх навчальних закладів. У ньому розглянуто матеріал із розділів «Початкові хімічні поняття» та «Елементи Оксиген і Ферум. Прості речовини кисень і залізо». Містить практичні роботи, лабораторні досліді, запитання, вправи, задачі, завдання для домашнього експерименту, додатковий матеріал для допитливих, а також словничок хімічних термінів і предметний покажчик.

# Дорогие семиклассники!

В этом учебном году вы начинаете изучать очень интересную науку химию. Химики создают новые материалы различного назначения, лекарства, косметические средства, совершенствуют производство металлов и удобрений, переработку металлических руд, нефти, газа, промышленных и бытовых отходов. Человечество использует достижения химии для улучшения условий жизни, сохранения природы для будущих поколений. В наше время ни один человек не может обойтись без знаний, которые дает эта наука.

Химия охотно раскрывает свои тайны всем, кто интересуется ею и стремится понять, что такое вещество, как и почему одни вещества превращаются в другие. Эта наука имеет свои законы, логику, язык.

Каждый из вас научится наблюдать за веществами во время химических опытов, сопоставлять увиденное и услышанное с прочитанным в учебнике, анализировать и делать выводы. Химия поможет вам расширить кругозор, развить навыки проведения опытов. Знания, полученные на уроках химии, пригодятся вам в жизни.

## *Как изучать химию*

*Первый совет.* Эффективно работайте на уроке, внимательно слушайте рассказ учителя, наблюдайте за опытами, которые он демонстрирует вам и которые вы сами выполняете в химическом кабинете; старайтесь все понять.

*Второй совет.* Выполняя домашнее задание, сначала прочитайте соответствующий материал в параграфе, внимательно рассмотрите рисунки, схемы, формулы. Затем приступайте к решению задач и упражнений. При необходимости обратитесь к записям, сделанным вами на предыдущем уроке химии.

*Третий совет.* Учитесь самостоятельно исследовать вещества. В этом вам помогут домашние эксперименты. Как их выполнить — описано в учебнике. Проводите эти химические опыты только после разрешения родителей.



Будьте всегда осторожны. Неумелое обращение с некоторыми веществами может нанести вред вашему здоровью.

### ***Как пользоваться учебником***

В начале каждого параграфа указано, какое значение имеет для вас изложенный материал, а в конце параграфа сформулированы выводы. Текст, напечатанный наклонным шрифтом и отмеченный вертикальной линией, адресован ученикам, желающим расширить и углубить свои знания. Дополнительная информация и интересные факты размещены на полях. Основные определения выделены цветом, а новые термины, важные положения и слова с логическим ударением — курсивом. Описание лабораторных опытов и практических работ подано на цветном фоне.

После каждого параграфа приведены задания, упражнения и задачи, которые расположены, в основном, по возрастанию сложности. В конце учебника содержатся ответы к некоторым задачам и упражнениям, словарь терминов, а также предметный указатель. Он поможет быстро найти страницу учебника, на которой идет речь об определенном термине, веществе, явлении и т. п.

Мы стремились создать такой учебник, по которому вам будет легко и интересно учиться. Надеемся, вы полюбите химию. Искренне желаем вам успехов.

*Авторы*



# Введение

## 1 Что такое химия

Материал параграфа поможет вам:

- выяснить, что означает слово «химия»;
- осознать связь науки химии с другими науками;
- узнать об использовании человеком достижений химии;
- понять, почему изучают химию.

Слово «химия» имеет несколько значений. Так называют науку и учебный предмет. Иногда слово «химия» употребляют как сокращенное название одной из отраслей промышленности.

**Химия — естественная наука.** На уроках природоведения вы узнали о существовании нескольких наук о природе. К таким наукам относят и химию.



**Рис. 1.**  
Вещества в природе

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

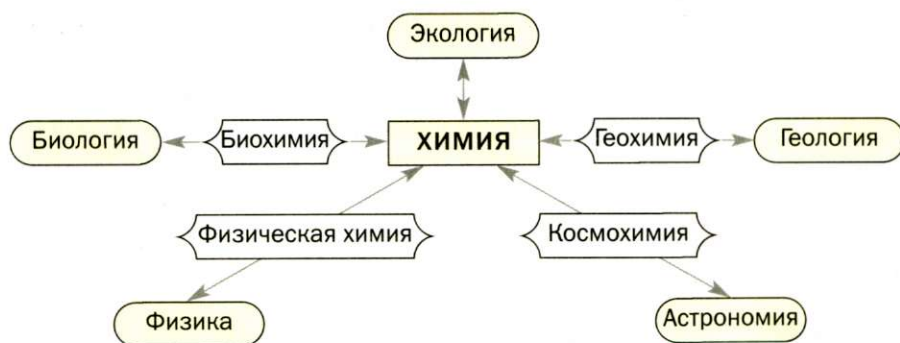
Вещества есть везде — в воздухе, природной воде, почве, в живых организмах (рис. 1). Они существуют не только на Земле, но и на других планетах.

В природе происходят превращения одних веществ в другие. Живые существа при дыхании потребляют часть кислорода, который содержится в воздухе, а выдыхают воздух с повышенным содержанием углекислого газа. Этот газ выделяется во время пожа-

ров, при гниении и разложении останков растений и животных. Зеленые листья поглощают углекислый газ и воду, которые вследствие фотосинтеза<sup>1</sup> превращаются в кислород и другие вещества. В недрах планеты на протяжении миллионов лет происходило образование минералов, нефти, природного газа, угля. Множество химических процессов происходит в реках, морях и океанах.

Вещества и их превращения всегда интересовали человека. Ученые в разные времена осуществляли многочисленные химические эксперименты и стремились объяснить явления, которые наблюдали. Анализируя результаты своих опытов, они выдвигали гипотезы, создавали теории, а затем проверяли их новыми экспериментами. Поэтому химию называют *экспериментальной наукой*.

**Химия и другие науки.** Все естественные науки тесно связаны между собой (схема 1), влияют друг на друга и взаимно обогащаются. Обособленное развитие каждой из них невозможно.



**Схема 1.**  
Связь химии  
с другими  
естественными  
науками

Превращения одних веществ в другие сопровождаются различными физическими явлениями, например выделением или поглощением теплоты. Поэтому химикам необходимо знать физику. Основной существования живой природы является обмен веществ. Ученый-биолог, не сведущий в законах химии, не сможет понять и объяснить этот процесс.

<sup>1</sup> Термин происходит от греческих слов *phōs, photos* — свет, *synthesis* — соединение.

Химические знания необходимы и геологу. Используя их, он успешно будет проводить поиск полезных ископаемых. Врач, фармацевт, косметолог, металлург, кулинар, не имея соответствующей химической подготовки, не достигнут вершин мастерства.

Химия является точной наукой. Перед тем как осуществить химический эксперимент и после его завершения, ученый-химик проводит необходимые расчеты. Их результаты дают возможность сделать правильные выводы. Поэтому деятельность химика невозможна без знания математики.

За последние полтора столетия появились новые науки, которые стремительно развиваются. Среди них — родственные химии *биохимия, агрохимия, геохимия, космохимия, физическая химия*.

Издавна люди жили в гармонии с природой. Но в последнее время ситуация ухудшилась. Окружающая среда все больше загрязняется из-за внесения чрезмерного количества удобрений в почву, выделения выхлопных газов автомобилей в воздух, вредных веществ различных производств в водоемы, а также бытовыми отходами. Все это приводит к уничтожению растений, гибели животных, ухуд-

шению здоровья людей. Серьезную угрозу для всего живого представляет химическое оружие — особые, чрезвычайно ядовитые вещества. Уничтожение запасов такого оружия требует немалых усилий, средств и времени.

Взаимосвязь человека и природы изучает молодая естественная наука *экология*<sup>1</sup>. В поле зрения ученых-экологов постоянно находятся проблемы защиты окружающей среды от загрязнений. Сохранение природы для будущих поколений зависит от бережного отношения к ней каждого из нас, от уровня нашей культуры, химических знаний (рис. 2).



**Рис. 2.**  
Сохраним окружающую среду

<sup>1</sup> Название происходит от греческих слов *oikos* — дом, помещение и *logos* — слово, учение.





**Схема 2.**  
Химия —  
человеку

**Химия — сокращенное название химической промышленности.** На химических заводах производят вещества, не существующие в природе, но необходимые людям для обеспечения надлежащего уровня жизни, удовлетворения разнообразных потребностей, сохранения здоровья (схема 2).

Еще в середине XVIII в., в период становления науки химии, выдающийся русский ученый Михаил Васильевич Ломоносов писал: «Широко распространяет химия руки свои в дела человеческие... Куда ни посмотрим, куда ни оглянемся, везде обращаются перед очами нашими успехи ее прилежания». В наше время слова ученого приобрели особую актуальность.

**Химия в повседневной жизни.** Каждый из нас ежедневно осуществляет превращения веществ, даже не догадываясь об этом. Утром мы моем руки и чистим зубы. При растворении мыла в воде обра-

зуются вещества с моющим действием. Зубная паста нейтрализует остатки кислот во рту. Во время приготовления пищи одни вещества превращаются в другие, имеющие новый вкус, цвет, запах. Из питьевой соды, которую добавляют в муку, при нагревании выделяется углекислый газ, разрыхляющий тесто. Уксусом можно удалить накипь в чайнике, а соком лимона — некоторые пятна на одежде. Все эти явления объясняет наука химия.

**Химия — учебный предмет.** Химию, как и физику, и математику, называют фундаментальной наукой. Поэтому предмет «химия» является обязательным для изучения в школе.

Химические знания помогают выяснить, что происходит с веществами в природе, живых организмах, чем богата наша планета, как изменяется все, что на ней существует. Без этих знаний мы не сможем правильно обращаться с веществами, эффективно и безопасно их использовать.

## ВЫВОДЫ

**Химия — наука о веществах и их превращениях.** Она является одной из естественных наук и тесно связана с физикой, биологией, математикой, другими науками.

Химией называют также учебный предмет и одну из отраслей промышленности.

Благодаря достижениям химии человек получает и использует различные вещества.

Некоторые вещества, попадая в окружающую среду, загрязняют ее. Одной из важнейших задач человечества и каждого из нас в частности является сохранение природы. Успешное выполнение этой задачи невозможно без применения химических знаний.



1. Дайте определение науки химии и прокомментируйте его.
2. Найдите соответствие (запишите номер каждого предложения, а потом — букву а, б или в с соответствующим значением слова «химия»):



- 1) химия имеет свои законы;
  - 2) мировая продукция химии — миллионы тонн различных веществ;
  - 3) химию преподают в школах всех стран мира;
  - а) учебный предмет;
  - б) отрасль промышленности;
  - в) наука.
3. Назовите несколько веществ, которые не существуют в природе, а получены человеком и используются в повседневной жизни.
  4. Приведите примеры загрязнения окружающей среды веществами искусственного (промышленного) происхождения.

## 2 Как возникла и развивалась наука химия

Материал параграфа поможет вам:

- выяснить, как интерес людей к веществам и их превращениям способствовал постепенному формированию одной из фундаментальных наук — химии;
- узнать о достижениях современной химии.

Химия — древняя и в то же время молодая наука. Правильные представления о веществах и их превращениях появились лишь в последние полтора-два столетия.

**Зарождение науки химии.** Люди издавна осуществляли многочисленные превращения веществ. Научившись добывать огонь, они сжигали древесину, чтобы обогреть свое жилище, готовить пищу. Делая вино, человек использовал процесс брожения, благодаря которому виноградный сахар превращался в спирт. Позже были изобретены способы получения металлов из руд. На превращениях веществ основывалось производство стекла и пороха.

Считают, что химия как ремесло возникла задолго до начала нашей эры в Древнем Египте (рис. 3). Слово «химия» связывают с первым названием этой страны — Кемет<sup>1</sup>. В Егип-



**Рис. 3.**  
Химия в Древнем Египте:  
а — получение металлов;  
б — бальзамирование

<sup>1</sup> По другим гипотезам, слово «химия» происходит от древнегреческого «хюма» — литье металлов или древнекитайского «ким» — золото.



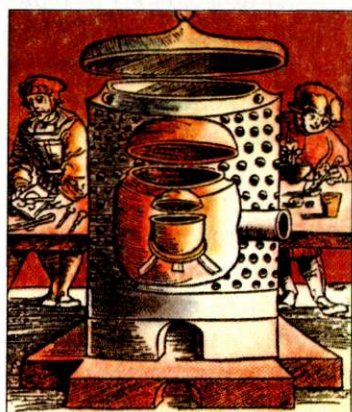
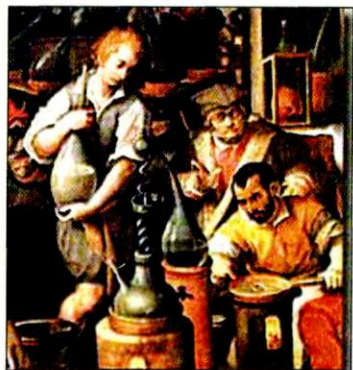
те начали развиваться металлургия, керамическое производство, парфюмерия, крашение тканей, изготовление лекарств. Много тайн, связанных с превращениями веществ, знали только жрецы.

Над природой веществ размышляли древнегреческие философы. Они утверждали, что все вещества состоят из мельчайших и неделимых частиц — атомов. Но доказать это в то время было невозможно.

Дальнейшее развитие наук происходило в арабских странах. Там химию называли алхимией («ал» — часто употребляемая арабская приставка). Стали развиваться смежные с химией минералогия (наука о минералах), аптечное дело, различные ремесла — ростки современной химической технологии.

В период средневековья алхимией заинтересовались в Европе. Многие произведения арабских и греческих ученых, философов были переведены на латынь. Пытаясь добыть «философский камень», который дал бы возможность превратить любой металл в золото, подарить человеку вечную молодость, вылечить его, ученые проводили множество опытов (рис. 4). Они получили много новых веществ, изучили их свойства. Алхимики изготавливали различные виды лабораторной посуды и оборудования, разработали такие операции в химическом эксперименте, как перегонка, фильтрование. Им принадлежат многочисленные, часто случайные, открытия.

Каждая наука становится настоящей тогда, когда открывают ее законы, а на основании полученных знаний создают теории. Первые теории о превращениях веществ появились в Европе во второй половине XVII в., но были ошибочными. В XVIII в. был открыт закон сохранения массы веществ при химической



**Рис. 4.**  
Алхимики за работой

реакции<sup>1</sup> (см. § 14). Он оказал положительное влияние на развитие науки химии.

**Современная химия.** В настоящее время химия имеет мощный теоретический фундамент. Опираясь на него, ученые прогнозируют существование новых веществ с необходимыми для практического применения свойствами, предлагают и реализуют способы их получения.

Благодаря новым веществам, которые выдерживают высокие температуры, глубокий вакуум, имеют уникальные свойства, человек научился использовать атомную энергию, создал компьютер, проложил дорогу в космос. Традиционные материалы — древесину, стекло, металлы — он успешно заменяет пластмассами. Новые лекарственные препараты помогают человеку восстановить здоровье.

Химики разрабатывают и совершенствуют методы переработки природного сырья — нефти, угля, природного газа, металлических руд, — чтобы получать как можно больше нужных веществ.

Ученые не только изучают вещества и их превращения, но и определяют причины и закономерности таких превращений, исследуют их зависимость от температуры, давления и т. п. Химики работают в хорошо оборудованных лабораториях (рис. 5). Возможности современной химии безграничны.

За значительные мировые достижения в области химии ежегодно одному или нескольким ученым присуждают престижную награду — Нобелевскую премию.

Весомый вклад в развитие химии сделали украинские ученые. Они обогатили теоретическую и экспериментальную химию, получили десятки тысяч новых веществ, разработали сотни методов химического анализа веществ, изобрели многие материалы с полезными свойствами.

**Это интересно**  
Первая Нобелевская премия в области химии была присуждена в 1901 г. голландскому химику Я. Х. Вант-Гоффу за исследование растворов.

<sup>1</sup> Химическими реакциями называют превращения одних веществ в другие.



**Рис. 5.**  
Химическая  
лаборатория



## **ВЫВОДЫ**

**Становление химии происходило на протяжении нескольких тысяч лет.**

**Химия как наука родилась с открытием закона сохранения массы веществ при их превращениях.**

**Сейчас ученые-химики получают и исследуют много веществ для их эффективного использования.**



5. Почему алхимию нельзя считать настоящей наукой?
6. Подготовьте небольшой рассказ об интересном открытии алхимиков.
7. Какие задачи решают ученые-химики?

---

# **3** Правила работы и техники безопасности в химическом кабинете. Лабораторная посуда, оборудование и их использование

---

**Материал параграфа поможет вам:**

- усвоить правила работы и техники безопасности в химическом кабинете;



- правильно использовать химическую посуду и оборудование;
- научиться выполнять простейшие операции во время химического эксперимента.

Вы уже знаете, что химия — наука о веществах и их превращениях. Ученые-химики осуществляют разнообразные эксперименты с веществами в химических лабораториях, используют современное оборудование, сложные приборы.

Уроки химии проходят в химическом кабинете. В нем обязательно есть вытяжной шкаф, где хранят вредные летучие вещества, проводят опыты, во время которых выделяются газы с резким, неприятным запахом. Вы будете работать с химической посудой, различным оборудованием, многими веществами. Некоторые вещества могут вызвать головокружение, отравление, ожоги, а легковоспламеняющиеся — пожар. Поэтому с ними следует обращаться очень осторожно, а также знать, где в химическом кабинете находятся аптечка и противопожарные средства.

Каждому ученику необходимо знать правила работы в кабинете химии, а также правила техники безопасности и соблюдать их.

## **Правила работы в химическом кабинете**

1. Во время проведения опытов на вашем столе должны находиться реактивы, оборудование, тетрадь, учебник и письменные принадлежности.
2. Выполняйте опыт только после того, как определите последовательность своих действий, узнаете о свойствах веществ, которые нужно получить и использовать.
3. При малейшем сомнении относительно веществ, оборудования, последовательности и условий выполнения опыта обратитесь с вопросами либо за помощью к учителю или лаборанту.
4. Сосредоточьтесь на выполнении каждого опыта, не отвлекайтесь на посторонние дела и не отвлекайте одноклассников.
5. Бережно относитесь к имуществу химического кабинета, экономно расходуйте вещества.
6. Запрещается выполнять опыты, не запланированные учителем, смешивать какие-либо вещества, сливать жидкости на свое усмотрение, менять условия эксперимента.

7. Наблюдения записывайте во время проведения опыта, а результаты и выводы — после завершения работы.
8. После выполнения опытов уберите рабочее место, вытрите стол тряпкой насухо, вымойте пробирки, другую посуду<sup>1</sup> и вместе с оборудованием сдайте учителю или лаборанту.
9. Остатки веществ после опытов высыпьте или вылейте в специально предназначенные для этого емкости. Некоторые жидкие вещества и растворы (об этом скажет учитель) можно выливать в раковину. Их остатки смывают проточной водой.

Для проведения химического эксперимента необходимо знать основные виды лабораторной посуды и оборудования, а также уметь пользоваться ими.

**Лабораторная посуда.** Большая часть посуды для химических опытов сделана из стекла, остальная — из фарфора или пластмассы (рис. 6). Работая со стеклянной посудой, следует иметь в виду, что ее легко разбить и она может треснуть во время нагревания. Фарфоровая посуда предназначена для нагревания, растирания твердых веществ; она термостойкая и более прочная, чем стеклянная.

В химической лаборатории все вещества и растворы содержатся в плотно закрытых банках и бутылках. Их открывают только для того, чтобы взять необходимую порцию вещества или раствора, а потом закрывают. Крышки и пробки кладут на стол внешней поверхностью.

Отбор твердого вещества из банки осуществляют *ложкой* или *шпателем*. Определенный объем жидкости отбирают *пипеткой* или с помощью *мерного цилиндра*.

Опыты в школе, как правило, выполняют в *пробирках*. Они изготовлены из тонкого стекла, поэтому работать с ними следует осторожно. В пробирку помещают твердое вещество массой 0,5—1 г, или приблизительно 1/4 чайной ложки, а жидкости наливают 1—2 мл (в пробирке это слой в 1—2 см).

---

<sup>1</sup> Мыть сильно нагретую стеклянную посуду нельзя, поскольку горячее стекло при попадании на него воды трескается.





**Рис. 6.**

**Лабораторная посуда:**

- 1 — пипетка;
- 2 — стеклянная пластинка  
(предметное стекло);
- 3 — стеклянная палочка;
- 4 — стеклянная трубка;
- 5 — коническая колба;
- 6 — плоскодонная колба;
- 7 — химический стакан;

- 8 — мерный цилиндр;
- 9 — кристаллизатор;
- 10 — бутылка для хранения жидкостей;
- 11 — воронка;
- 12 — фарфоровая чашка;
- 13 — фарфоровая ступка с пестиком;
- 14 — капельница;
- 15 — баночка для хранения веществ;
- 16 — пробирка;
- 17 — фарфоровая ложка

Воду в пробирку лучше наливать с помощью *промывалки* — пластмассового сосуда с водой. Для этого трубку промывалки помещают в пробирку и сжимают рукой пластмассовый сосуд (рис. 7).





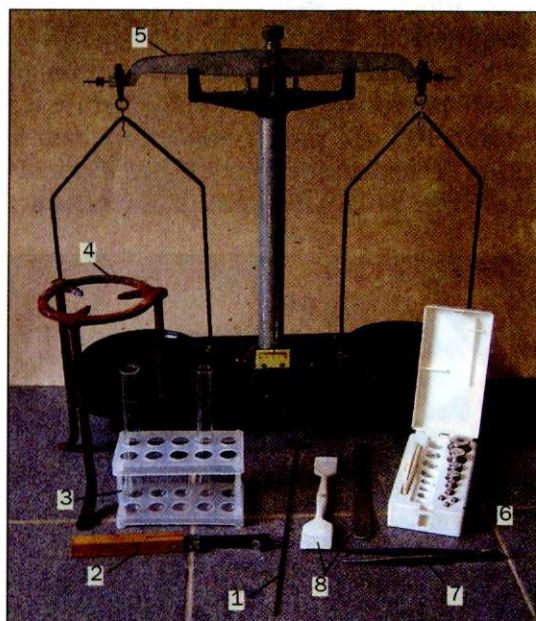
**Рис. 7.**  
Промывалка (а) и ее использование (б)

Для измельчения твердого вещества используют фарфоровую ступку с пестиком.

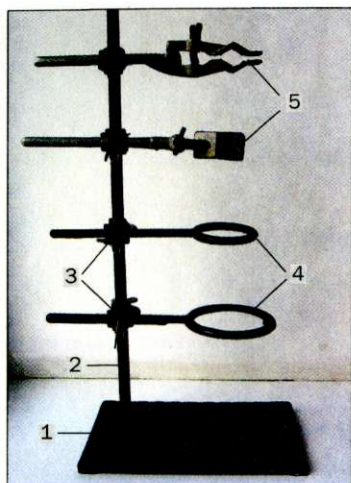
Выпаривание растворов осуществляют в фарфоровых чашках или термостойких стаканах. В чашках также прокаливают некоторые твердые вещества.

Если нужно выпарить воду из нескольких капель раствора, то это делают на предметном стекле.

**Оборудование.** В химическом кабинете имеется различное оборудование (рис. 8).



**Рис. 8.**  
**Лабораторное оборудование:**  
1 — ложка для сжигания веществ;  
2 — пробиркодержатель;  
3 — штатив для пробирок;  
4 — тренога;  
5 — теххимические весы;  
6 — разновесы;  
7 — пинцет;  
8 — металлический и фарфоровый шпатели



**Рис. 9.**  
**Лабораторный штатив:**

- 1 — подставка;
- 2 — стержень;
- 3 — муфта;
- 4 — кольцо;
- 5 — лапка

**Рис. 10.**  
**Нагревательные приборы:**  
а — спиртовка;  
б — гашение  
пламени  
колпачком;  
в — газовая  
горелка



а



б



в

Для проведения опытов часто используют *лабораторный штатив*. Он предназначен для закрепления пробирок, колб, химических стаканов, фарфоровых чашек. Это металлический стержень, вкрученный в подставку (рис. 9). Штатив укомплектован муфтами, лапками, кольцами. Каждая муфта имеет два винта: один — для соединения ее со стержнем штатива, а второй — для закрепления в ней лапки или кольца.

Пробирку закрепляют в лапке поближе к отверстию, а колбу — за шейку, причем так, чтобы сосуд из лапки не выпадал и его можно было в

ней перемещать. Закручивать винт лапки следует без лишних усилий, чтобы не треснуло стекло.

Кольцо служит подставкой для фарфоровой чашки, колбы или химического стакана, в которых нагревают вещества.

Нагревание в химическом кабинете осуществляют, используя спиртовку, сухое горючее, иногда — газовую горелку или электронагреватель.

*Спиртовка* — стеклянный сосуд определенной формы, в который через металлическую трубку вставлен фитиль — полоска из специальной ткани (рис. 10, а). Спиртовку закрывают колпачком. Перед использованием в нее наливают спирт (до половины объема) и вставляют



трубку с фитилем. Затем к фитилю подносят зажженную спичку. Чтобы погасить спиртовку, следует накрыть ее колпачком (рис. 10, б), прекратив доступ воздуха к горящему спирту. *Нельзя дуть на пламя.*

*Газовая горелка* — металлическое устройство (рис. 10, в), соединенное резиновой трубкой с газовой магистралью. Зажигают газ спичкой, поднося ее к металлической трубке горелки и медленно открывая кран магистральной. *Наблюдайте за появлением пламени только сбоку.*

Изменяя положение крана, устанавливают высоту пламени 4—5 см. Газ горит едва заметным синим пламенем. Если пламя яркое, нужно увеличить доступ воздуха. Это осуществляют с помо-

щью регулятора, размещенного в нижней части горелки. Чтобы погасить газ, закрывают кран магистральной. *Не прикасайтесь к верхней части горелки — она долго остается горячей.*

*Сухое горючее* — это кусочки белого горючего вещества, похожие на сахар-рафинад или большие таблетки (рис. 11). Кусочек горючего кладут на термостойкую подставку и поджигают спичкой. Гасят сухое горючее, накрывая его металлическим колпачком или фарфоровой чашкой.

**Рис. 11.**  
Сухое горючее

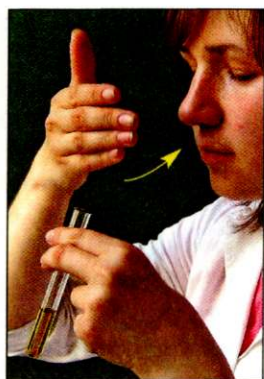


## Простейшие операции в химическом эксперименте

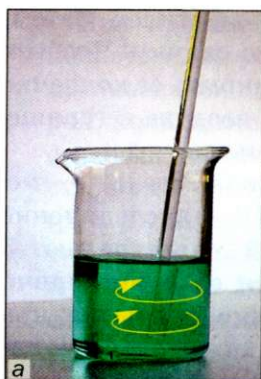
**Обнаружение запаха вещества.** Для того чтобы обнаружить запах вещества, содержащегося в пробирке, необходимо рукой «захватить» воздух над пробиркой и направить к носу (рис. 12). Воздух вдыхают осторожно, небольшими порциями.

**Перемешивание жидкости в стакане или пробирке.** Эту операцию осуществляют с помощью





**Рис. 12.**  
Обнаружение  
запаха  
вещества



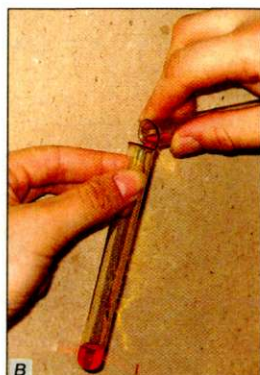
**Рис. 13.**  
Перемешивание жидкости:  
а — стеклянной палочкой; б — встряхиванием



длинной стеклянной палочки (рис. 13, а). Если ее нет, пробирку берут тремя пальцами поближе к отверстию и осторожно встряхивают содержимое (рис. 13, б). *Запрещается закрывать отверстие пробирки пальцем, а потом интенсивно встряхивать жидкость.*

**Рис. 14.**  
Переливание  
жидкости:  
а — из баночки  
в пробирку;  
б — с помощью  
стеклянной  
палочки;  
в — из одной  
пробирки  
в другую

**Переливание жидкости.** Бутылку с жидкостью берут в руку так, чтобы закрыть этикетку; тогда остатки жидкости не будут попадать на надпись и повреждать ее. Краем горлышка бутылки с жидкостью касаются отверстия другого сосуда, который держат наклонно, и осторожно наливают в него необходимое количество жидкости (рис. 14, а). Иногда используют воронку.



Наливать жидкость в стакан из бутылки можно по стеклянной палочке (рис. 14, б).

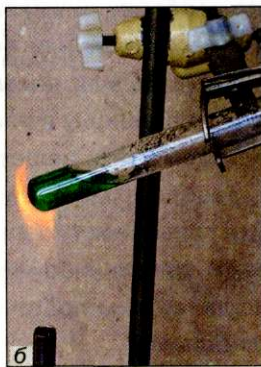
Жидкость из одной пробирки в другую переливают так, как показано на рисунке 14, в.

**Нагревание вещества в пробирке.** Пробирку с веществом или раствором закрепляют в ее верхней части в пробиркодержателе или в лапке лабораторного штатива (рис. 15). Пользуясь пробиркодержателем, сначала ослабляют в нем зажим, сдвигая в сторону ручки, вставляют пробирку и, придерживая ее, перемещают зажим в противоположном направлении. После этого зажигают спиртовку или сухое горючее. Сперва равномерно нагревают всю пробирку, а потом, в верхней зоне пламени, ту ее часть, в которой находится вещество. После опыта горячую пробирку не вынимают из пробиркодержателя, а кладут вместе с ним для охлаждения на керамическую или металлическую подставку. Если пробирка была закреплена в штативе, ее оставляют в нем. Спиртовку или сухое горючее гасят.

**Нагревание вещества в фарфоровой чашке.** В лабораторном штативе с помощью муфты закрепляют кольцо, ставят на него фарфоровую чашку с веществом или раствором. Зажигают спиртовку. Затем кольцо поднимают или опускают в штативе так, чтобы верхняя часть пламени касалась нижней части чашки (рис. 16).



**Рис. 15.** Нагревание жидкости в пробирке:  
а — закрепленной в пробиркодержателе;  
б — закрепленной в штативе



**Рис. 16.**  
Нагревание жидкости  
в фарфоровой чашке





**Рис. 17.**  
Выпаривание жидкости  
на предметном стекле

**Выпаривание жидкости на предметном стекле.** Предметное стекло закрепляют в пробиркодержателе. С помощью стеклянной палочки, трубки или пипетки наносят на стекло несколько капель раствора и равномерно нагревают над пламенем всю поверхность стекла (рис. 17) до полного выпаривания жидкости. После опыта горячее стекло кладут вместе с пробиркодержателем для охлаждения на керамическую или металлическую подставку.

## **Правила техники безопасности во время работы в химическом кабинете**

1. Каждый опыт выполняйте строго по инструкции, имеющейся в учебнике, и в соответствии с рекомендациями учителя.
2. Опыты с использованием или образованием вредных летучих веществ, а также газов с резким запахом проводите в вытяжном шкафу с включенным мотором.
3. За ходом опыта в пробирке наблюдайте через ее стенки. Нельзя смотреть на вещества в отверстие пробирки, особенно во время нагревания.
4. Работая с огнем, будьте особенно внимательны и осторожны!
5. Нагревайте пробирку с раствором или веществом равномерно. При этом запрещено наливать или насыпать в нее какое-либо вещество, ставить горячую пробирку в пластмассовый штатив.
6. Категорически запрещается брать вещества руками, пробовать их на вкус, рассыпать, разбрызгивать или поджигать.
7. Для опытов используйте только чистую лабораторную посуду.
8. При попадании на кожу какого-либо вещества стряхните его, смойте достаточным количеством проточной воды и сразу обратитесь к учителю или лаборанту.
9. После проведения опытов тщательно вымойте руки с мылом.
10. Не употребляйте пищу в химическом кабинете!
11. При несчастном случае немедленно обратитесь к учителю.



Эти правила необходимо помнить еще и потому, что некоторые из них могут пригодиться в повседневной жизни. Меры предосторожности при работе с красками, органическими растворителями, моющими средствами, ядохимикатами, другими товарами бытовой химии указаны на упаковках или этикетках (рис. 18).

**Рис. 18.**  
Этикетка  
на банке  
с лаком



#### **МЕРЫ ПРЕДОСТОРОЖНОСТИ**

Хранить в плотно закрытой банке в сухом, хорошо проветриваемом помещении, беречь от влаги, тепла и прямых солнечных лучей.

Во время работы с лаком, а также после ее окончания проветрить помещение.

Для защиты рук использовать резиновые перчатки. Не вдыхать, не допускать попадания в глаза, не курить.

**Беречь от огня!**

*Сделано в Украине.*

### **ВЫВОДЫ**

Во время проведения химического эксперимента ученики должны соблюдать правила работы и техники безопасности.

На уроках в кабинете химии используют различные виды специальной посуды, лабораторное оборудование, осуществляют необходимые операции с веществами.

?

8. Выберите правильные окончания предложений (их может быть несколько).

1) *Опыты можно выполнять...*

а) как только начался урок;

б) после разрешения учителя;

в) только те, которые описаны в учебнике или указаны учителем;

г) те, которые хочется сделать самому.

- 2) Пробовать в химической лаборатории на вкус ...
- а) можно соду, уксус, соль и некоторые другие вещества, известные из повседневной жизни;
  - б) нельзя ни одно вещество;
  - в) можно все неядовитые вещества.
- 3) После окончания практической работы необходимо ...
- а) убрать после себя рабочее место;
  - б) оставить все вещества и оборудование на столе, чтобы их убрал лаборант;
  - в) все остатки растворов и веществ слить или ссыпать в специальный сосуд;
  - г) вымыть руки.
- 4) Нагревать пробирку с веществом надо ...
- а) держа ее рукой возле отверстия;
  - б) предварительно закрепив ее в пробиркодержателе;
  - в) сначала всю, перемещая в пламени, а потом — только ту часть, где находится вещество;
  - г) только в той части, где находится вещество.
9. Назовите посуду и оборудование, которые используют: а) для переливания жидкостей; б) для нагревания веществ; в) для выпаривания воды из растворов.
10. Какие правила техники безопасности следует соблюдать во время опыта, предусматривающего нагревание?
11. Какие правила техники безопасности, приведенные в параграфе, являются актуальными во время ремонтных работ в квартире?
12. Почему лабораторный штатив и детали к нему изготавливают из металла, а не из пластмассы?
13. Почему для перемешивания жидкости в стакане иногда используют стеклянную палочку с резиновым наконечником?

## **ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 1**

### **Строение пламени. Простейшие операции в химическом эксперименте**

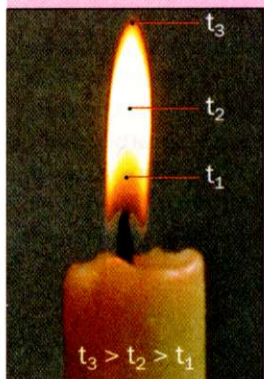
Перед выполнением практической работы внимательно прочитайте правила техники безопасности в химическом кабинете (с. 22) и строго их соблюдайте.

**Будьте осторожны, работая с огнем.**



## ОПЫТ 1

### Изучение «строения» пламени



**Рис. 19.**  
Строение пламени

Зажгите свечу. Вы увидите, что пламя неоднородное (рис. 19). В *нижней*, темной, части пламени температура невысокая. Из-за недостатка воздуха горение здесь почти не происходит. Вещество, из которого изготовлена свеча, сначала плавится, а затем превращается в газообразные горючие вещества.

В *средней* части пламени температура выше. Здесь часть веществ сгорает, а остальные распадаются с образованием горючих газов и частиц сажи. Твердые частицы раскаляются и светятся. Поэтому эта часть пламени самая яркая.

Докажите наличие частиц сажи, поместив в среднюю часть пламени фарфоровые чашку или шпатель. Что наблюдаете?

*Верхняя* часть пламени имеет самую высокую температуру. В ней все вещества сгорают полностью; при этом образуются углекислый газ и водяной пар.

Во время проведения химических опытов *нагревать вещества нужно в верхней части пламени, где температура наивысшая.*

## ОПЫТ 2

### Приготовление раствора соли

Шпателем отберите из банки небольшое количество поваренной соли<sup>1</sup> (1/3—1/4 чайной ложки) и поместите ее в химический стакан емкостью 50 мл. Долейте к соли воду (не больше половины стакана) и перемешивайте стеклянной палочкой до полного растворения вещества.

## ОПЫТ 3

### Переливание раствора

Осторожно перелейте часть раствора соли из стакана в пробирку до 1/3—1/4 ее объема. После этого перелейте примерно 2 мл раствора из этой пробирки в другую. Обе пробирки поставьте в штатив.

<sup>1</sup> Учитель может заменить поваренную соль кальцинированной содой или окрашенным веществом (например, медным купоросом).



#### ОПЫТ 4

##### Нагревание жидкости в пробирке, закрепленной в штативе

Пробирку с 2 мл раствора соли закрепите наклонно в лапке штатива ближе к отверстию. Зажгите спиртовку<sup>1</sup>. Отрегулируйте высоту положения лапки в штативе так, чтобы нижняя часть пробирки находилась в верхней части пламени. Возьмите спиртовку в руку и равномерно прогрейте всю пробирку. Затем поставьте спиртовку под пробирку и нагрейте раствор в ней до кипения. *Не допускайте выброса жидкости из пробирки!*

Отставьте спиртовку, не гася ее, для следующего опыта.

#### ОПЫТ 5

##### Нагревание жидкости в пробирке, закрепленной в пробиркодержателе

Закрепите вторую пробирку с раствором соли в пробиркодержателе. Сначала равномерно нагрейте всю пробирку, а потом — ту ее часть, где находится жидкость. Как только раствор закипит, отставьте спиртовку и погасите ее, накрыв колпачком.

Не вынимая пробирку из пробиркодержателя, вылейте горячий раствор в стакан и положите пробирку вместе с пробиркодержателем на специальную подставку для охлаждения. *Не ставьте горячую пробирку в пластмассовый штатив!*



14. Из каких частей состоит пламя? Охарактеризуйте их.
15. В каком случае жидкость в колбе закипит быстрее: когда пламя охватывает всю колбу или когда ее дно находится в верхней части пламени? Ответ обоснуйте.
16. Почему при нагревании пробирки нужно сначала всю ее прогреть?
17. В какую сторону следует направлять отверстие пробирки, в которой нагревают жидкость?
18. Почему нельзя ставить горячую пробирку в пластмассовый штатив?

---

<sup>1</sup> Вместо спиртовки можно использовать сухое горючее.

# 1 раздел

## Первоначальные химические понятия

### 4 Вещества и их свойства

Материал параграфа поможет вам:

- различать вещества, физические тела и материалы;
- характеризовать вещества по физическим свойствам.

**Вещество.** В повседневной жизни мы сталкиваемся со многими веществами. Среди них — вода, песок, железо, золото, сахар, соль, крахмал, уголь... Продолжать этот перечень можно очень долго. В сотни раз больше веществ используют и получают ученые.

Ныне известно свыше 20 млн веществ. Многие из них существуют в природе (рис. 20). В воздухе есть различные газы; в реках, морях и океанах, кроме воды, — растворенные в ней вещества; в твердом поверхностном слое нашей планеты — многочисленные минералы, горные породы, руды

Рис. 20.  
Природные вещества



МИНЕРАЛЬ-  
НАЯ ВОДА

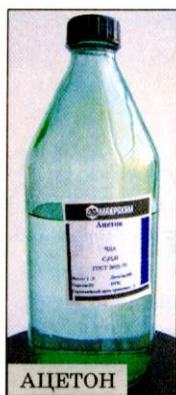


ПЕСОК



МРАМОР





АЦЕТОН



АЛЮМИНИЙ



СТЕКЛО

**Рис. 21.**  
Искусственно  
полученные  
вещества

и т. п. Чрезвычайно большое количество веществ находится и в живых организмах.

Алюминия, цинка, ацетона, извести, мыла, аспирина, полиэтилена, многих других веществ в природе нет. Их выпускает промышленность (рис. 21).

Некоторые вещества, существующие в природе, можно получить и в химической лаборатории. Так, при нагревании марганцовки выделяется кислород, а при нагревании мела — углекислый газ. Ученые при высокой температуре и давлении превращают графит в алмаз, но кристаллики искусственных алмазов очень мелкие и непригодны для изготовления ювелирных украшений. Получить же полудрагоценный камень малахит с помощью химических опытов не удастся.

*Неотъемлемым признаком вещества является масса.* Световые лучи, магнитное поле не имеют массы и к веществам не относятся.

**Вещество — это то, из чего состоит физическое тело.**

*Физическим телом* называют все, что имеет массу и объем. Физическими телами являются, например, капля воды, кристаллик минерала, обломок стекла, кусочек пластмассы, зерно пшеницы, яблоко, орех, а также любой предмет, изготовленный человеком, — часы, игрушка, книга, ювелирное украшение и т. д.

► Назовите вещества, из которых состоят такие физические тела: льдина, гвоздь, карандаш.

Вещества, используемые для изготовления предметов, оборудования, а также в строительстве и дру-



гих отраслях, называют *материалами* (рис. 22). Первыми в истории человечества были природные материалы — древесина, камень, глина. Со временем люди научились выплавлять металлы и стекло, получать известь и цемент. В последние десятилетия на замену традиционным материалам приходят новые, в частности различные пластмассы.



**Рис. 22.**  
Строительные материалы

► Из каких материалов (пластмасса, стекло, металл, ткань, древесина) могут быть изготовлены ваза, ожерелье, тарелка?

**Агрегатные состояния вещества.** Вещество может существовать в трех агрегатных состояниях — твердом, жидком и газообразном.

При нагревании твердые вещества плавятся, а жидкости закипают, превращаясь в пар. Понижение температуры приводит к обратным превращениям. Некоторые газы при высоком давлении сжижаются. При всех этих явлениях мельчайшие частицы вещества не разрушаются. Таким образом, *вещество, изменяя агрегатное состояние, не превращается в другое.*

Каждый знает о трех агрегатных состояниях воды, в которых она существует в природе: лед, вода, водяной пар. Но не всякое вещество может быть твердым, жидким и газообразным. Для сахара известны два агрегатных состояния: твердое и жидкое. При нагревании сахар плавится, затем его расплав темнеет, и появляется неприятный запах. Это свидетельствует о превращении сахара в другие вещества. Значит, газообразного состояния для сахара не существует. А такое вещество как

графит нельзя расплавить: при температуре 3500 °C он сразу превращается в пар.

**Кристаллические и аморфные вещества.** Если рассматривать соль и сахар через увеличительное стекло, то можно заметить, что крупинки соли имеют форму кубиков, а сахара — другую форму, но тоже правильную, симметричную. Каждая такая крупинка является кристаллом. *Кристалл* — это природное физическое тело, имеющее плоские грани (поверхности) и прямые ребра (стыки граней). Следовательно, соль и сахар — кристаллические вещества. К таким веществам относятся лимонная кислота, глюкоза, алмаз, графит, металлы и др. (рис. 23). Во многих случаях кристаллы веществ настолько мелкие, что их можно увидеть только под микроскопом.

Стекло — не кристаллическое, а *аморфное*<sup>1</sup> вещество. Если его измельчить, то получим бесформенные кусочки, не похожие друг на друга. Аморфными веществами являются также крахмал, мука, полиэтилен и др. (рис. 24).



**Рис. 23.**  
Кристаллические вещества



**Рис. 24.**  
Аморфные вещества

**Физические свойства веществ.** Все вещества чрезвычайно разнообразны; каждое обладает совокупностью определенных свойств.

**Свойства вещества — это признаки, по которым вещество отличается от другого или подобно ему.**

<sup>1</sup> Термин происходит от греческих приставки *a-* и слова *morphē* — форма.



Железо легко отличить от древесины по цвету, особому блеску, а также на ощупь: металл всегда кажется более холодным, так как лучше проводит теплоту. Особенностью железа является то, что оно притягивается к магниту, а древесина — нет. В отличие от железа древесина в воде не тонет, поскольку ее плотность меньше плотности воды, а плотность железа — больше. Железо выдерживает высокую температуру, а древесина сначала темнеет, затем чернеет и загорается.

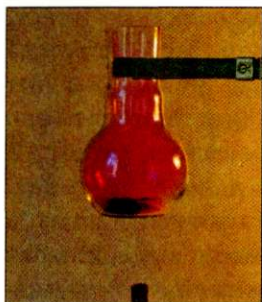
**Свойства вещества, которые определяют наблюдением или измерением, без превращения его в другое вещество, называют физическими.**

Важнейшие физические свойства вещества :

- агрегатное состояние при определенных температуре и давлении;
- цвет, блеск (или их отсутствие);
- запах (или его отсутствие);
- растворимость (или нерастворимость) в воде;
- температура плавления;
- температура кипения;
- плотность;
- теплопроводность;
- электропроводность (или неэлектропроводность).

Перечень физических свойств твердых веществ можно расширить, включив в него твердость, пластичность (или хрупкость), а для кристаллических — еще и форму кристаллов. Характеризуя жидкость, указывают, какая она — подвижная или маслянистая.

Такие физические свойства как цвет, запах, вкус, форма кристаллов можно определить визуально, с помощью органов чувств, а плотность, электропроводность, температуру плавления и кипения определяют измерением. Сведения о физических свойствах многих веществ собраны в специальной литературе, в частности — в справочниках.



**Рис. 25.**  
Нагревание иода

**Физические свойства вещества зависят от его агрегатного состояния. Например, плотность льда, воды и водяного пара различна. Газообразный кислород бесцветный, а жидкий — голубой.**

Знание физических свойств помогает «узнавать» немало веществ. Например, медь — единственный металл красного цвета. Соленый вкус имеет только поваренная соль. Иод — почти черное твердое вещество, которое при нагревании превращается в темно-фиолетовый пар (рис. 25). В большинстве случаев для определения вещества нужно принимать во внимание несколько его свойств.

### ЛАБОРАТОРНЫЙ ОПЫТ № 1

#### Ознакомление с физическими свойствами веществ

Вам выдано три пробирки, в которых содержатся селитра<sup>1</sup>, графит и полиэтилен<sup>2</sup>. В вашем распоряжении есть стакан с водой (или промывалка) и стеклянные палочки.

Опишите вещества. Каков характер частиц каждого вещества (кристаллики, порошок, мелкие кусочки произвольной формы)? Выясните, растворяются ли вещества в воде, легче они или тяжелее ее.

Запишите физические свойства веществ в таблицу:

Вещество	Селитра	Графит	Полиэтилен
Физические свойства			
Агрегатное состояние в обычных условиях			
...			

Какое свойство (свойства) позволяет отличить каждое вещество от двух других?

Назовите свойства, одинаковые для двух (трех) веществ:

Кроме физических свойств, каждое вещество имеет и химические свойства. О них пойдет речь позже.

<sup>1</sup> Минеральное удобрение.

<sup>2</sup> Учитель может заменить графит серой, медными или железными опилками, а полиэтилен — другим полимером.



## ВЫВОДЫ

**Вещество** — то, из чего состоит физическое тело. Неотъемлемым признаком вещества является его масса.

Вещество может существовать в трех агрегатных состояниях: твердом, жидком и газообразном. Твердые вещества бывают кристаллическими и аморфными.

Свойства вещества — это признаки, по которым оно отличается от другого вещества или подобно ему. Физические свойства вещества определяют наблюдением или измерением, без превращения его в другое вещество.



19. Что такое физическое тело, вещество, материал?
20. Найдите соответствие:  

Вещество	Физическое тело
1) золото;	а) термометр;
2) ртуть;	б) кольцо;
3) бумага;	в) витрина;
4) стекло;	г) тетрадь.
21. Выберите среди приведенных слов и словосочетаний те, которые относятся к веществам: стол, медь, лед, пластмассовая бутылка, спирт, газета, водяной пар, серебряная цепочка.
22. Какие из веществ являются строительными материалами: углекислый газ, железобетон, стекло, бумага, капрон, сталь?
23. Приведите примеры: а) нескольких предметов, сделанных из одного материала; б) предмета, сделанного из нескольких материалов; в) двух материалов, из которых изготавливают аналогичные предметы.
24. Опишите физические свойства мела.
25. Какие вещества, имеющиеся у вас дома, можно определить по запаху?
26. В сосудах без этикеток содержатся духи, растительное масло, поваренная соль, кусочки железа, мрамора. По каким свойствам можно определить каждое вещество?
27. Назовите несколько твердых веществ, которые вы легко можете отличить от остальных.
28. Приняв во внимание физические свойства веществ, объясните, почему отвертки и плоскогубцы имеют, как правило, пластмассовые ручки.

### Свойства некоторых продуктов питания

Напишите на отдельных листочках бумаги названия веществ: мука, поваренная соль «Экстра», сахарная пудра, крахмал. Насыпьте на каждый листочек по несколько граммов соответствующего вещества.

Опишите внешний вид веществ.

Разотрите щепотку каждого вещества пальцами (определите, насколько мелкими являются его частички).

Попробуйте вещества на вкус (с веществами, имеющимися в химической лаборатории, это делать категорически запрещено).

Выясните, растворяются ли вещества в воде.

Запишите результаты исследований и наблюдений в таблицу, аналогичную представленной на с. 32.

Можно ли различить эти вещества? Если да, то как именно?

## 5 Чистые вещества и смеси

Материал параграфа поможет вам:

- осознать, что абсолютно чистых веществ не существует;
- различать однородные и неоднородные смеси веществ;
- выяснить, в каких смесях физические свойства компонентов сохраняются, а в каких — нет;
- выбрать метод разделения смеси веществ в зависимости от ее типа.

**Чистые вещества и смеси.** Каждое вещество всегда содержит определенное количество примесей. *Вещество, в котором почти нет примесей, называют чистым.* С такими веществами работают в научной лаборатории, школьном химическом кабинете. Заметим, что *абсолютно чистых веществ не существует.*

*Если содержание примесей в веществе значительно, тогда это — смесь веществ.* Смесями являются почти все природные вещества, продук-





**Рис. 26.**  
Однородная смесь  
(водный раствор сахара)

ты питания (кроме соли, сахара, некоторых других), многие лекарственные и косметические средства, товары бытовой химии, строительные материалы.

Каждое вещество, содержащееся в смеси, называют *компонентом*.

Существуют однородные и неоднородные смеси.

**Однородные смеси.** Добавим небольшую порцию сахара в стакан с водой и будем перемешивать, пока весь сахар не растворится. Жидкость будет иметь сладкий вкус. Таким образом, сахар не исчез, а остался в смеси. Но его кристалликов мы не увидим, даже рассматривая каплю жидкости в мощный микроскоп.

Приготовленная смесь сахара и воды является *однородной* (рис. 26); в ней равномерно перемешаны мельчайшие частицы этих веществ.

**Смеси, в которых компоненты невозможно обнаружить наблюдением, называют однородными.**

Большинство металлических сплавов — также однородные смеси. Например, в сплаве золота с медью (его используют для изготовления ювелирных украшений) отсутствуют красные частицы меди и желтые частицы золота.

Из материалов, которые являются однородными смесями веществ, изготавливают много предметов разнообразного назначения (рис. 27).

К однородным смесям принадлежат все смеси газов, в том числе и воздух. Существует немало

**Рис. 27.**  
Предметы,  
изготовленные  
из однородных  
смесей



однородных смесей жидкостей. Такая смесь образуется при смешивании, например, спирта и воды.

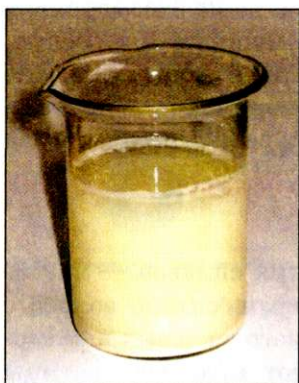
► Приведите свой пример однородной смеси.

Однородные смеси еще называют *растворами*, даже если они твердые или газообразные.

*По некоторым физическим свойствам однородные смеси отличаются от их компонентов.* Так, сплав олова со свинцом, используемый для паяния, плавится при более низкой температуре, чем чистые металлы. Вода закипает при температуре  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ , а водный раствор соли — при более высокой температу-

ре. Если воду охладить до температуры  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ , она начнет превращаться в лед. Раствор соли при этих условиях остается жидкостью (он замерзает при температуре ниже  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). В этом можно убедиться зимой, когда дороги и тротуары, покрытые льдом, посыпают смесью соли с песком. Лед под действием соли плавится; образуется водный раствор соли, не замерзающий на слабом морозе. А песок нужен для того, чтобы дорога не была скользкой.

**Неоднородные смеси.** Вам известно, что мел не растворяется в воде. Если его порошок всыпать в стакан с водой, то в образовавшейся смеси всегда можно обнаружить частицы мела, которые видны невооруженным глазом или в микроскоп (рис. 28).



**Рис. 28.**  
Неоднородная смесь  
мела и воды

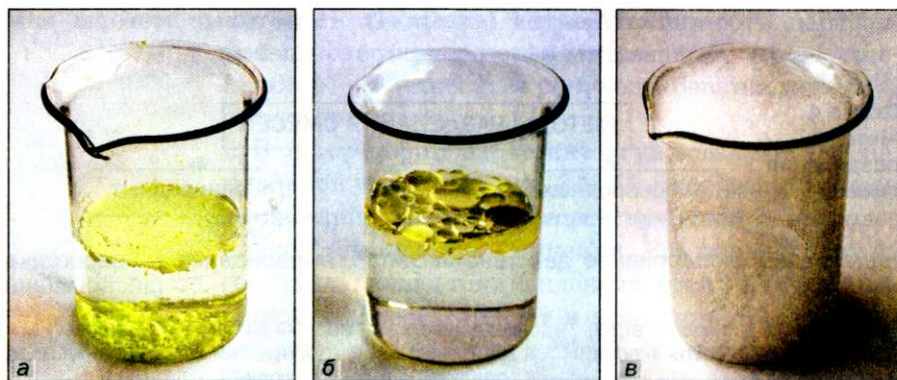
**Смеси, в которых компоненты можно обнаружить наблюдением, называют неоднородными.**

К неоднородным смесям (рис. 29) относятся большинство минералов, почва, строительные материалы, живые ткани, мутная вода, молоко и другие продукты питания, некоторые лекарственные и косметические средства.

► Приведите свой пример неоднородной смеси.

*В неоднородной смеси физические свойства компонентов сохраняются.* Так, железные опил-





**Рис. 29.**  
**Неоднородные смеси:**

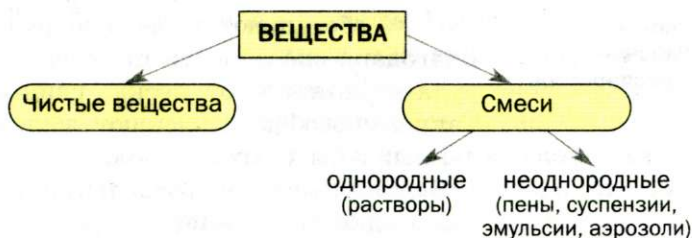
а — смесь воды и серы;  
б — смесь растительного масла и воды;  
в — смесь воздуха и воды

ки, смешанные с медными или алюминиевыми, не теряют способности притягиваться к магниту. Вода в смеси с песком, мелом или глиной замерзает при температуре  $0^{\circ}\text{C}$  и закипает при  $100^{\circ}\text{C}$ .

Некоторые виды неоднородных смесей имеют специальные названия: *пена* (например, пенопласт, мыльная пена), *суспензия* (смесь воды с небольшим количеством муки), *эмульсия* (молоко, хорошо взболтанные растительное масло с водой), *аэрозоль* (дым, туман).

► В каких агрегатных состояниях находятся компоненты в каждой названной смеси?

Материал, изложенный выше, обобщен в схеме 3.



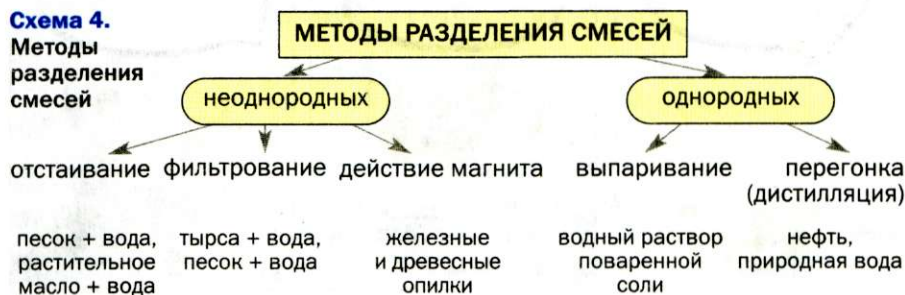
**Схема 3.**  
**Вещества и смеси**

**Методы разделения смесей.** Часто возникает необходимость разделить смесь, чтобы получить ее компоненты или очистить вещество от примесей.

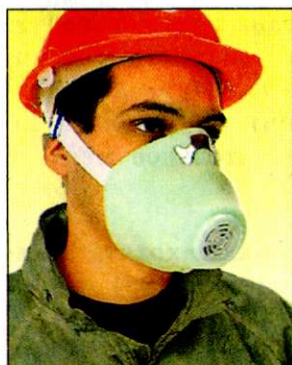
Существует много методов разделения смесей. Их выбирают, учитывая тип смеси, агрегатное состояние и различия в физических свойствах

компонентов (схема 4). Некоторые методы вам известны из курса природоведения.

**Схема 4.**  
Методы  
разделения  
смесей



► Объясните, благодаря каким свойствам компонентов возможно разделение каждой неоднородной смеси, указанной на схеме.



**Рис. 30.**  
Рабочий  
в респираторе

Рассмотрим, как используют некоторые методы разделения смесей.

Процесс фильтрования лежит в основе работы респиратора — устройства, которое защищает легкие человека, работающего в сильно запыленном помещении. В респираторе имеются фильтры, препятствующие попаданию пыли в легкие (рис. 30). Простейший респиратор — повязка из нескольких слоев марли. Фильтр, извлекающий пыль из воздуха, есть и в пылесосе.

С помощью магнита в промышленности обогащают железную руду — магнетит.

Благодаря способности притягиваться к магниту руда отделяется от песка, глины, земли и др. Таким способом извлекают железо из промышленных и бытовых отходов.

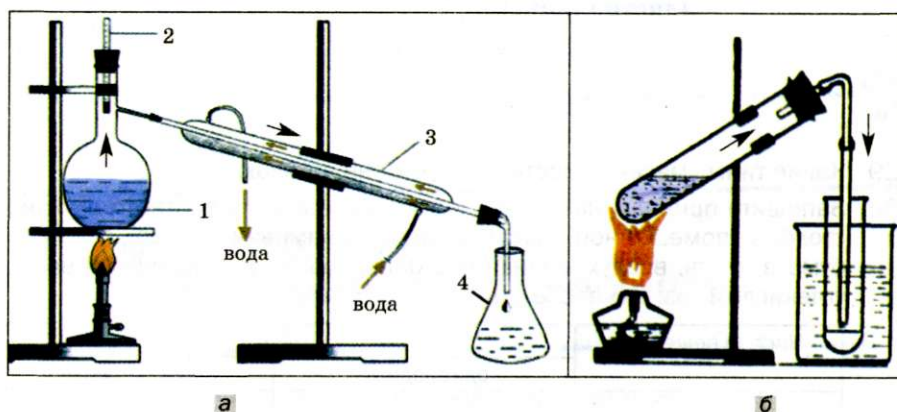
Важным методом разделения однородных смесей жидкостей является *перегонка*, или *дистилляция*<sup>1</sup>. Этот метод позволяет очистить природную воду от примесей. Полученную чистую (дистиллированную) воду используют в научно-исследовательских лабораториях, в производстве веществ для современной техники, в медицине для приго-

<sup>1</sup> Термин происходит от латинского слова *distillatio* — стекание каплями.



товления лекарств. В промышленности перегонкой нефти (смесь многих веществ, преимущественно — жидкостей) получают бензин, керосин, дизельное горючее.

В лаборатории перегонку осуществляют на специальной установке (рис. 31). При нагревании смеси жидкостей сначала закипает вещество с наиболее низкой температурой кипения. Его пар выходит из сосуда, охлаждается, конденсируется<sup>1</sup>, и образовавшаяся жидкость стекает в приемник. Когда этого вещества уже не будет в смеси, температура начнет повышаться, и со временем закипает другой жидкий компонент. Нелетучие жидкости остаются в сосуде.



**Рис. 31.**  
Лабораторная установка для перегонки:  
а — обычная;  
1 — смесь жидкостей с разными температурами кипения;  
2 — термометр;  
3 — водяной холодильник;  
4 — приемник  
б — упрощенная

Разделение различных смесей происходит и в природе. Из воздуха оседают частицы пыли, а во время дождя и снега — капельки воды, снежинки. В результате отстаивания мутная вода становится прозрачной. От нерастворимых веществ вода очищается и при прохождении через песок. После испарения воды на берегах лиманов остаются соли, которые были растворены в ней. Из воды, вытекающей из скважины, выделяются растворенные газы.

<sup>1</sup> Термин происходит от латинского слова *condensatio* — сгущение, уплотнение.

## ВЫВОДЫ

Каждое вещество содержит примеси. Чистым считают вещество, в котором примесей почти нет.

Смеси веществ бывают однородными и неоднородными. В однородной смеси компоненты невозможно обнаружить наблюдением, а в неоднородной смеси это возможно.

Некоторые физические свойства однородной смеси отличаются от свойств компонентов. В неоднородной смеси свойства компонентов сохраняются.

Неоднородные смеси веществ разделяют отстаиванием, фильтрованием, иногда — действием магнита, а однородные — выпариванием и перегонкой (дистилляцией).



29. Какие типы смесей существуют и чем они отличаются?
30. Запишите приведенные слова и словосочетания в соответствующие столбцы помещенной ниже таблицы: алюминий, пепел, газетная бумага, ртуть, воздух, иодная настойка, гранит, лед из чистой воды, углекислый газ, железобетон.

Чистые вещества	Смеси	
	однородные	неоднородные

31. Назовите несколько продуктов питания, которые являются растворами.
32. Какой популярный напиток в зависимости от способа приготовления бывает однородной или неоднородной смесью?
33. Можно ли водный раствор поваренной соли превратить в неоднородную смесь? Если можно, то как это сделать?
34. Какие смеси можно разделить фильтрованием: а) смесь песка и глины; б) смесь спирта и медных опилок; в) смесь воды и бензина; г) смесь воды с кусочками пластмассы? Назовите вещества, которые останутся на фильтре.
35. Как бы вы разделили смесь: а) поваренной соли и мела; б) спирта и воды? Какие различия в свойствах веществ дают возможность использовать выбранный вами метод?
36. Продумайте эксперимент по разделению смеси поваренной соли, песка, железных и древесных опилок. Составьте его план, кратко опишите каждый этап эксперимента и расскажите об ожидаемых результатах.



### Отстаивание

В два стакана налейте воды. В один стакан насыпьте  $1/2$  чайной ложки песка, а в другой — столько же крахмала. Одновременно перемешайте обе смеси. С одинаковой ли скоростью оседают частицы веществ в воде? Если нет, то какие частицы оседают быстрее и почему?

Свои наблюдения запишите в тетрадь.

### Разделение смеси трех твердых веществ

Смешайте небольшие количества измельченного пенопласта, песка и поваренной соли.

Какие методы можно использовать для разделения этой смеси?

Разделите смесь<sup>1</sup>. Если необходимо нагревание, осуществляйте его очень осторожно.

Каждый этап эксперимента опишите в тетради.

---

## 6 Атомы. Ионы. Химические элементы

---

Материал параграфа поможет вам:

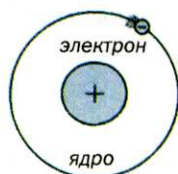
- выяснить, какое строение имеет атом;
- понять, в чем различие между атомом и ионом;
- усвоить названия и обозначения химических элементов — определенных видов атомов;
- использовать периодическую систему Д. И. Менделеева как источник сведений о химических элементах.

**Атомы.** О веществах, их строении размышляли еще древнегреческие философы. Они утверждали, что вещества состоят из *атомов* — невидимых и неделимых частиц, а в результате их соединения образовался и существует окружающий мир.

---

<sup>1</sup> Фильтром в домашних условиях может служить вата или бинт, сложенный в несколько раз. Фильтр необходимо поместить в хозяйственную лейку.

**Рис. 32.**  
Строение  
простейшего  
атома  
(планетарная  
модель)



В переводе с греческого слово «атом» означает «неделимый».

Доказать существование атомов удалось лишь в XIX в. с помощью сложных физических экспериментов. Одновременно было установлено, что атом не является сплошной, монолитной частицей. Он состоит из *ядра* и *электронов*. В 1911 г. была предложена одна из первых моделей атома — планетарная. Согласно этой модели, ядро находится в центре атома и занимает незначительную часть его объема, а электроны движутся вокруг ядра по определенным орбитам, как планеты — вокруг Солнца (рис. 32).

Электрон в тысячи раз меньше атомного ядра. Это отрицательно заряженная частица. Ее заряд — наименьший из существующих в природе. Поэтому величину заряда электрона физики приняли за единицу измерения зарядов мельчайших частиц (кроме электронов, существуют и другие частицы). Таким образом, заряд электрона равен  $-1$ . Эту частицу обозначают так:  $e^-$ .

Ядро атома заряжено положительно. Заряд ядра и суммарный заряд всех электронов атома одинаковы по величине, но противоположны по знаку. Поэтому атом *электронейтральный*. Если заряд ядра атома составляет  $+1$ , то в таком атоме находится один электрон, если  $+2$  — два электрона и т. д.

**Атом — мельчайшая электронейтральная частица вещества, состоящая из положительно заряженного ядра и отрицательно заряженных электронов, которые движутся вокруг него.**

**Ионы.** Атом в определенных условиях может потерять либо присоединить один или несколько электронов. При этом он становится положительно или отрицательно заряженной частицей — *ионом*<sup>1</sup>.

**Ион — заряженная частица, образовавшаяся в результате потери атомом или присоединения к нему одного или нескольких электронов.**

<sup>1</sup> Слово «ион» в переводе с греческого означает «идущий». В отличие от электронейтрального атома ион способен перемещаться в электрическом поле.



**Схема 5.**  
Образование  
ионов  
из атомов

Если атом теряет один электрон, то образуется ион с зарядом  $+1$ , а если присоединяет электрон, то заряд иона будет равен  $-1$  (схема 5). В случае потери атомом или присоединения к нему двух электронов образуются ионы с зарядами соответственно  $+2$  или  $-2$ .



Существуют также ионы, образовавшиеся из нескольких атомов.

**Химические элементы.** Атомов во Вселенной — бесконечное множество. Их различают по зарядам ядер.

**Вид атомов с определенным зарядом ядра называют химическим элементом.**

Атомы с зарядом ядра  $+1$  принадлежат одному химическому элементу, с зарядом  $+2$  — другому элементу и т. д.

Понятие «химический элемент» используют для классификации атомов. С аналогичной целью, например, введены сорта фруктов, овощей, цветов и т. п. Следует помнить: химический элемент — не частица и не вещество (так же как название сорта яблок — это не яблоко). Он не имеет агрегатного состояния, плотности, температуры плавления, других физических свойств.

Сейчас известны 115 химических элементов. Заряды ядер их атомов составляют от  $+1$  до  $+112$ , а также  $+114$ ,  $+116$  и  $+118$ .

Почти 90 элементов существуют в природе, а остальные (как правило, с наибольшими зарядами атомных ядер) — искусственные элементы. Их получают ученые на уникальном исследовательском

оборудовании. Ядра атомов искусственных элементов неустойчивы и быстро распадаются.

**Названия химических элементов, атомов и ионов.** У каждого химического элемента есть название. Современные названия элементов происходят от латинских названий (табл. 1). Их всегда пишут с большой буквы.

Таблица 1

Названия и символы некоторых химических элементов

Заряд ядра атома	Латинское название элемента	Название элемента		Символ элемента	Происхождение символа
		традиционное	современное		
+1	<i>Hydrogenium</i>	Водород	Гидроген	H	Аш
+6	<i>Carboneum</i>	Углерод	Карбон	C	Цэ
+7	<i>Nitrogenium</i>	Азот	Нитроген	N	Эн
+8	<i>Oxygenium</i>	Кислород	Оксиген	O	О
+9	<i>Fluorum</i>	Фтор	Флуор	F	Фтор
+14	<i>Silicium</i>	Кремний	Силиций	Si	Си, силиций
+15	<i>Phosphorus</i>	Фосфор	Фосфор	P	Пэ
+16	<i>Sulfur</i>	Сера	Сульфур	S	Эс

До недавнего времени 18 элементов имели другие (традиционные) названия, которые можно найти в выпущенных ранее учебниках по химии, а также в таблице 1. Например, традиционное название одного из таких элементов — водород, а современное — Гидроген.

Названия элементов используют и для соответствующих частиц: атом Гидрогена (водорода), ион Гидрогена (водорода).

С названиями ионов, образовавшихся из нескольких атомов, вы ознакомитесь позже.

Названия химических элементов имеют разное происхождение. Одни связаны с названиями или свойствами (цветом, запахом) веществ, другие — с названиями планет, стран и т. п. Есть элементы, названные в честь выдающихся ученых. Происхождение некоторых названий неизвестно, поскольку они возникли очень давно.

**Это интересно**  
Современное название одного из элементов — Меркурий. Оно отличается от латинского названия (*Hydrargyrum*), но близкое к английскому (*Mercury*) и французскому (*Mercure*).



► Что вы думаете о происхождении названий таких элементов: Европий, Франций, Нептуний, Прометий, Менделевий?

**Это интересно**  
Символы элементов во всех странах одни и те же.

**Символы химических элементов.** Каждый элемент, кроме названия, имеет еще и сокращенное обозначение — символ, или знак. В наше время используют символы элементов, предложенные почти 200 лет назад известным шведским химиком Й. Я. Берцелиусом (1779—1848). Они состоят из одной латинской буквы (первой в латинских названиях элементов) или двух<sup>1</sup>. В таблице 1 такие буквы выделены в названиях элементов курсивом.

Произношение символов почти всех элементов совпадает с их названиями. Например, символ элемента Иода I читается «йод», а не «и», а элемента Феррума Fe — «фэрум», а не «фэ». Все исключения собраны в таблице 1.

В некоторых случаях используют общее обозначение химического элемента — *E*.

Символы и названия химических элементов содержатся в периодической системе Д. И. Менделеева.

**Периодическая система химических элементов Д. И. Менделеева.** В 1869 г. русский химик Дмитрий Иванович Менделеев предложил таблицу, в которой разместил известные к тому времени 63 элемента. Эту таблицу называли периодической системой химических элементов.

В нашем учебнике приведены два ее варианта: короткий (форзац I) и длинный (форзац II).

В периодической системе есть горизонтальные строки, которые называют *периодами*, и вертикальные столбцы — *группы*. Пересекаясь, они образуют клетки, в которых содержится важная информация о химических элементах.

Каждая клетка пронумерована. В ней записан символ элемента, а под ним — название (рис. 33).



**Рис. 33.**  
Клетка периодической системы

<sup>1</sup> Символы четырех элементов, открытых в последнее время, состоят из трех букв.

**Дмитрий Иванович Менделеев**  
(1834—1907)



Выдающийся ученый-химик, член и почетный член академий наук многих стран. В 1869 г., в возрасте 35 лет, создал периодическую таблицу (систему) химических элементов и открыл периодический закон — фундаментальный закон химии. Опираясь на периодический закон, изложил химию в своем учебнике «Основы химии», который многократно переиздавался в России и других странах. Провел основательные исследования растворов и разработал теорию их строения (1865—1887). Вывел общее уравнение газового состояния (1874). Предложил теорию происхождения нефти, разработал технологию производства бездымного пороха, внес существенный вклад в развитие науки об измерениях — метрологии.

Номер клетки называют *порядковым номером* размещенного в ней элемента. Его общее обозначение —  $Z$ . Выражение «порядковый номер элемента Неона — 10» сокращенно записывают так:  $Z(\text{Ne}) = 10$ . Порядковый номер элемента совпадает с зарядом ядра его атома и количеством электронов в нем. *В периодической системе все элементы размещены в порядке возрастания заряда ядер атомов.*

Итак, из периодической системы Д. И. Менделеева можно получить такие сведения о химическом элементе:

- символ;
- название;
- порядковый номер;
- заряд ядра атома;
- количество электронов в атоме;
- номер периода, в котором элемент находится;
- номер группы, в которой он размещен.

► Найдите в периодической системе элемент с порядковым номером 5 и выпишите в тетрадь сведения о нем.

**Распространенность химических элементов.** Одни элементы встречаются в природе «на каждом шагу», другие — чрезвычайно редко. Распростра-



**Владимир Иванович Вернадский**  
(1863—1945)



Российский и украинский ученый-естествоиспытатель, академик АН СССР и АН УССР, первый президент АН Украины (1919). Один из основоположников геохимии. Выдвинул теорию происхождения минералов. Изучал роль живых организмов в геохимических процессах. Разработал учение о биосфере и ноосфере. Исследовал химический состав литосферы, гидросферы, атмосферы. Организатор нескольких научно-исследовательских центров. Основатель школы ученых-геохимиков.

ненность элемента в воздухе, воде, почве и т. п. оценивают, сравнивая количество его атомов с количеством атомов других элементов.

Распределение элементов в разных частях нашей планеты изучает наука геохимия. Значительный вклад в ее развитие внес выдающийся отечественный ученый В. И. Вернадский.

*Атмосфера* почти полностью состоит из двух газов — азота и кислорода. Молекул азота



в воздухе вчетверо больше, чем молекул кислорода



. Поэтому первое место по распространенности в атмосфере занимает элемент Нитроген, а второе — Кислород.

*Гидросфера* — это реки, озера, моря, океаны, в которых растворены небольшие количества твердых веществ и газов. Приняв во внимание состав

молекулы воды



, легко прийти к заключению, что в гидросфере больше всего атомов Гидрогена.

*Литосфера*, или *земная кора*, — это твердый поверхностный слой Земли. В нем содержится много элементов. Наиболее распространенными являются Кислород (58 % всех атомов), Силиций (19,6 %) и Алюминий (6,4 %).

Во Вселенной существуют те же элементы, что и на нашей планете. Первое и второе места по распространенности в ней занимают Гидроген (92 % всех атомов) и Гелий (7 %) — элементы, атомы которых имеют простейшее строение.

## ВЫВОДЫ

**Атом** — мельчайшая электронейтральная частица вещества, которая состоит из положительно заряженного ядра и отрицательно заряженных электронов.

**Ион** — положительно или отрицательно заряженная частица, образовавшаяся вследствие потери атомом или присоединения к нему одного или нескольких электронов.

**Вид атомов с определенным зарядом ядра называют химическим элементом. Каждый элемент имеет название и символ.**

**Важнейшие сведения о химических элементах содержатся в периодической системе, созданной русским ученым Д. И. Менделеевым.**

**Почти 90 химических элементов существуют в природе; они различаются по распространенности.**



37. Охарактеризуйте строение атома.
38. Дайте определение иона. Как эта частица образуется из атома?
39. Что такое химический элемент? Почему его нельзя отождествлять с атомом или веществом?
40. Превращается ли один элемент в другой, если атом теряет (присоединяет) электрон? Ответ объясните.
41. Найдите в периодической системе и прочитайте такие символы химических элементов: Li, H, Al, O, C, Na, S, Cu, Ag, N, Au. Назовите эти элементы.
42. Какой из символов соответствует Ферруму (F, Fr, Fe), Силицию (C, Cl, S, Si, Sc), Карбону (K, C, Co, Ca, Cr, Kr)?
43. Выпишите из периодической системы символы всех элементов, которые начинаются на букву А. Сколько существует таких элементов?
44. Подготовьте краткое сообщение о происхождении названий Гидрогена, Гелия или любого другого элемента.
45. Заполните пропуски: а)  $Z(\dots) = 8$ ,  $Z(\dots) = 12$ ; б)  $Z(C) = \dots$ ,  $Z(Na) = \dots$ .



46. Заполните таблицу:

Элемент		Размещение в периодической системе		Характеристика атома	
символ	название	№ периода	№ группы	заряд ядра	количество электронов
К					
	Кальций				
				+12	

47. Воспользовавшись данными, приведенными в тексте параграфа, определите, сколько приблизительно атомов Оксигена приходится в земной коре на 1 атом Силиция и на 1 атом Алюминия.

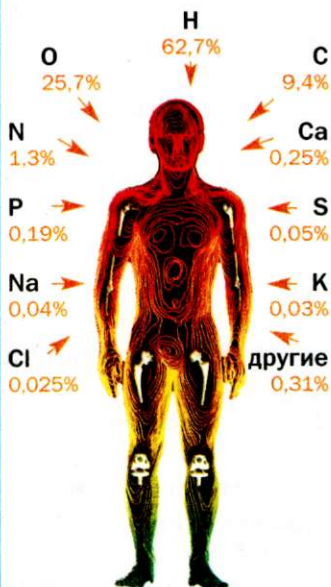
для любознательных

### Химические элементы в живой природе

Подсчитано, что в среднем 80 % массы растений приходится на воду. В организмах животных и человека это вещество также преобладает. Следовательно, наиболее распространенным элементом в живой природе, как и в гидросфере, является Гидроген.

Организму человека необходимы более 20 химических элементов. Их называют биоэлементами (рис. 34). Они содержатся в воздухе, воде, а также многих веществах, попадающих в организм вместе с пищей. Карбон, Оксиген, Гидроген, Нитроген, Сульфур находятся в белках, других веществах, из которых состоит организм. Калий и Натрий содержатся в крови, клеточных жидкостях и т. п. Оксиген, Фосфор и Кальций необходимы для формирования костей. Очень важны для человека Феррум, Флуор, Иод. Недостаток Феррума в организме приводит к малокровию, Флуора — служит причиной кариеса, а Иода — замедляет умственное развитие ребенка.

Растениям нужно немного меньше элементов — Карбон, Оксиген, Гидроген, Нитроген, Фосфор, Калий, Магний, Сульфур. Они поступают в растения из воздуха и почвы вместе с углекислым газом, водой, растворенными в ней веществами.



**Рис. 34.**  
Химические элементы  
в организме взрослого  
человека (в процентах  
от общего количества  
атомов)

# 7 Масса атома.

## Относительная атомная масса

Это  
интересно  
Масса  
электрона  
составляет  
прибли-  
зительно  
 $9 \cdot 10^{-28}$  г.

Материал параграфа поможет вам выяснить:

- в чем различие между массой атома и относительной атомной массой;
- почему удобно пользоваться относительными атомными массами;
- где найти значение относительной атомной массы элемента.

**Масса атома.** Важной характеристикой атома является его масса. Почти вся масса атома сконцентрирована в ядре. Электроны имеют настолько малую массу, что ею обычно пренебрегают.

Взвесить атомы на весах невозможно, поскольку они чрезвычайно малы. Их массы были определены с помощью расчетов.

Масса атома Урана — самого тяжелого среди всех атомов, которые встречаются на Земле, составляет приблизительно

0,000 000 000 000 000 000 000 4 г.

Записывать и читать это число непросто; можно ошибиться, пропустив ноль или добавив лишний. Существует другой способ его записи — в виде произведения:  $4 \cdot 10^{-22}$  (22 — количество нулей в предыдущем числе)<sup>1</sup>.

Точное значение массы атома Урана —  $3,952 \cdot 10^{-22}$  г, а атома Водорода, самого легкого среди всех атомов, —  $1,673 \cdot 10^{-24}$  г.

Оперировать очень малыми числами неудобно. Поэтому вместо «абсолютных» масс атомов используют их относительные массы.

**Относительная атомная масса.** О массе любого атома можно судить, сравнивая ее с массой другого атома. Раньше для сравнения брали самый легкий атом — атом Водорода. Сейчас массы атомов

<sup>1</sup> Подробно о записи таких чисел вы узнаете на уроках алгебры в старших классах.



сравнивают с  $\frac{1}{12}$  массы атома Карбона (он почти в 12 раз тяжелее атома Гидрогена). Эту маленькую массу назвали *атомной единицей массы* (сокращенно — а. е. м.):

$$1 \text{ а. е. м.} = \frac{1}{12} m_a(\text{C}) = \frac{1}{12} \cdot 1,994 \cdot 10^{-23} \text{ г} = 1,662 \cdot 10^{-24} \text{ г.}$$

**Это интересно**  
До 1961 г. массы атомов сравнивали с  $\frac{1}{16}$  массы атома Оксигена.

Масса атома Гидрогена почти совпадает с атомной единицей массы:  $m_a(\text{H}) \approx 1 \text{ а. е. м.}$  Масса атома

Урана больше ее в  $\frac{3,952 \cdot 10^{-22} \text{ г}}{1,662 \cdot 10^{-24} \text{ г}} \approx 238$  раз. То есть

$$m_a(\text{U}) \approx 238 \text{ а. е. м.}$$

Число, которое получают делением массы атома элемента на атомную единицу массы, называют *относительной атомной массой элемента*. Эту величину обозначают  $A_r(E)$ :

$$A_r(E) = \frac{m_a(E)}{1 \text{ а. е. м.}} = \frac{m_a(E)}{\frac{1}{12} m_a(\text{C})}.$$

Индекс возле буквы  $A$  — первая буква в латинском слове *relativus* — относительный.

**Относительная атомная масса элемента показывает, во сколько раз масса атома элемента больше  $\frac{1}{12}$  массы атома Карбона.**

$$m_a(\text{H}) = 1,673 \cdot 10^{-24} \text{ г}$$

Относительная атомная масса элемента не имеет размерности.

$$m_a(\text{H}) \approx 1 \text{ а. е. м.}$$

Первую таблицу относительных атомных масс составил почти 200 лет назад английский ученый Дж. Дальтон.

$$A_r(\text{H}) \approx 1$$

На основании изложенного материала можно сделать такие выводы:

- *относительные атомные массы пропорциональны массам атомов;*
- *соотношения масс атомов такие же, как и относительных атомных масс.*

Значения относительных атомных масс химических элементов записаны в периодической

Джон Дальтон  
(1766—1844)



Выдающийся английский физик и химик. Член Лондонского королевского общества (Английской академии наук). Первым выдвинул гипотезу о разных массах и размерах атомов, определил относительные атомные массы многих элементов и составил первую таблицу их значений (1803). Предложил символы элементов и обозначения химических соединений.

Сделав свыше 200 000 метеорологических наблюдений, изучив состав и свойства воздуха, открыл законы парциальных (частичных) давлений газов (1801), теплового расширения газов (1802), растворимости газов в жидкостях (1803).

системе. Они определены с очень высокой точностью; соответствующие числа являются в основном пяти- и шестизначными (рис. 35).

В обычных химических расчетах значения относительных атомных масс принято округлять до целых чисел. Так, для Гидрогена и Урана

$$A_r(\text{H}) = 1,0079 \approx 1;$$

$$A_r(\text{U}) = 238,029 \approx 238.$$

Лишь значение относительной атомной массы Хлора округляют до десятых:

$$A_r(\text{Cl}) = 35,453 \approx 35,5.$$

92	U
238,029	Уран

Относительная  
атомная масса

Рис. 35.  
Клетка  
элемента  
Урана

- Найдите в периодической системе значения относительных атомных масс Лития, Карбона, Оксигена, Неона и округлите их до целых чисел.
- Во сколько раз массы атомов Карбона, Оксигена, Неона и Магния больше массы атома Гелия? Для вычислений используйте округленные значения относительных атомных масс.

Обратите внимание: элементы размещены в периодической системе в порядке возрастания атомных масс.



## ВЫВОДЫ

Атомы имеют чрезвычайно малую массу.

Для удобства вычислений используют относительные массы атомов.

Относительная атомная масса элемента является отношением массы атома элемента к  $\frac{1}{12}$  массы атома Карбона.

Значения относительных атомных масс указаны в периодической системе химических элементов.



48. В чем различие между понятиями «масса атома» и «относительная атомная масса»?
49. Что такое атомная единица массы?
50. Что означают записи  $A_r$  и  $Ar$ ?
51. Какой атом легче — Карбона или Титана? Во сколько раз?
52. Что имеет большую массу: атом Флуора или два атома Лития; два атома Магния или три атома Сульфура?
53. Найдите в периодической системе три-четыре пары элементов, соотношение масс атомов которых составляет: а) 1 : 2; б) 1 : 3.
54. Вычислите относительную атомную массу Гелия, если масса атома этого элемента равна  $6,647 \cdot 10^{-24}$  г.
55. Рассчитайте массу атома Бериллия.

## 8

### Простые и сложные вещества. Типы простых веществ: металлы и неметаллы

Материал параграфа поможет вам:

- различать простые и сложные вещества, органические и неорганические вещества;
- распознавать металлы и неметаллы;
- определять металлические и неметаллические элементы по их расположению в периодической системе Д. И. Менделеева;
- понять, почему все металлы похожи по свойствам.

Атомы в обычных условиях не могут долго существовать поодиночке. Они способны соединяться с такими же или другими атомами, что обуславливает большое разнообразие в мире веществ.

**Вещество, образованное одним химическим элементом, называется простым, а вещество, образованное несколькими элементами, — сложным, или химическим соединением.**

## Простые вещества

**Это интересно**  
Простые вещества 13 элементов — Au, Ag, Cu, Hg, Pb, Fe, Sn, Pt, S, C, Zn, Sb и As были известны еще в древности.

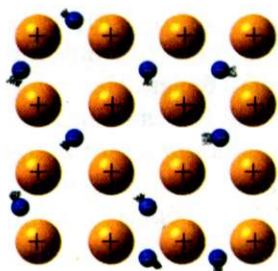
Простые вещества делят на металлы и неметаллы. Такую классификацию простых веществ предложил выдающийся французский ученый А.-Л. Лавуазье в конце XVIII в. Химические элементы, от которых происходят металлы, называют *металлическими*, а те, которые образуют неметаллы, — *неметаллическими*. В длинном варианте системы Д. И. Менделеева (форзац II) они разграничены ломаной линией. Металлические элементы находятся слева от нее; их значительно больше, чем неметаллических.

**Металлы.** Каждый из вас может, не задумываясь, назвать несколько металлов (рис. 36). Они отличаются от остальных веществ особым «металлическим» блеском. Эти вещества имеют много общих свойств. Металлы в обычных условиях являются твердыми веществами (только ртуть — жидкость), хорошо

**Рис. 36.**  
Металлы







**Рис. 37.**  
Упрощенная  
модель  
внутреннего  
строения  
металла

**Рис. 38.**  
Неметаллы



проводят электрический ток и теплоту, имеют в основном высокие температуры плавления (свыше  $500^{\circ}\text{C}$ ). Они пластичны; их можно ковать, вытягивать из них проволоку.

Благодаря своим свойствам металлы уверенно вошли в жизнь людей. Об их огромном значении свидетельствуют названия исторических эпох: медный век, бронзовый<sup>1</sup> век, железный век.

Сходство металлов обусловлено их внутренним строением.

*Строение металлов.* Металлы — кристаллические вещества. Кристаллы в металлах намного мельче, чем кристаллы сахара или поваренной соли, и увидеть их невооруженным глазом невозможно.

Атомы в металле «упакованы» очень плотно, поэтому часть электронов постоянно переходит от одних атомов к другим. Именно благодаря этим «свободным» электронам металлы проводят электрический ток. Атомы, которые теряют электроны, превращаются в положительно заряженные частицы — ионы (рис. 37).

**Неметаллы.** Простых веществ этого типа значительно меньше. К неметаллам относятся азот и кислород (компоненты воздуха), графит (стержни карандашей, материал электрических контактов), алмаз, сера и др. (рис. 38).



<sup>1</sup> Бронза — сплав меди с оловом.

Внешне неметаллы отличаются от металлов прежде всего отсутствием металлического блеска. Только графит и иод имеют слабый блеск. Неметаллы не проводят электрический ток (исключение — графит). В обычных условиях половина неметаллов находится в газообразном состоянии, другие являются твердыми веществами и только бром — жидкостью. Ни одного металла-газа не существует.

Неметаллы заметно отличаются друг от друга.

**Строение неметаллов.** Часть неметаллов состоит из атомов. В алмазе, графите, красном фосфоре все атомы соединены друг с другом, а в инертных газах — гелии, неоне, аргоне, криптоне, ксеноне и радоне — разъединены.

Другие неметаллы образованы молекулами<sup>1</sup>.

**Молекула — электронейтральная частица, состоящая из двух или большего числа соединенных атомов.**

В каждой молекуле атомы соединены между собой достаточно прочно, а молекулы друг с другом в веществе — очень слабо. Поэтому вещества молекулярного строения имеют невысокие температуры плавления и кипения.

Кислород и озон являются молекулярными веществами. Это простые вещества Оксигена. Молекула кислорода содержит два атома Оксигена, а молекула озона — три (рис. 39).

Не только Оксиген, но и многие другие элементы образуют по два и более простых веществ. Поэтому *простых веществ в несколько раз больше, чем химических элементов.*

**Названия простых веществ.** Большинство простых веществ называют так, как и соответствующие элементы. Если названия разные, то они приведены в периодической системе, причем название простого вещества расположено ниже названия элемента (рис. 40).



Молекула  
кислорода



Молекула озона

**Рис. 39.**  
Модели молекул

► Назовите простые вещества элементов Гидрогена, Лития, Магния, Нитрогена.

<sup>1</sup> Термин «молекула» происходит от латинского слова *moles* (масса), уменьшительного суффикса *cula* и в переводе означает «маленькая масса».





Название элемента      Название простого вещества

Названия простых веществ записывают внутри предложения с маленькой буквы.

**Рис. 40.**  
Клетка периодической системы

## Сложные вещества (химические соединения)

Соединение атомов разных химических элементов порождает множество сложных веществ (их в десятки тысяч раз больше, чем простых).

Существуют сложные вещества с *молекулярным, атомным и ионным строением*. Поэтому их свойства очень разные.

Молекулярные соединения в основном летучи, нередко имеют запах. Температуры их плавления и кипения значительно ниже, чем соединений с атомным или ионным строением.

Молекулярным веществом является вода. Молекула воды состоит из двух атомов Гидрогена и одного атома Оксигена (рис. 41).

Молекулярное строение имеют угарный и углекислый газы, сахар, крахмал, спирт, уксусная кислота и др. Количество атомов в молекулах сложных веществ может быть разным — от двух атомов до сотен и даже тысяч.

Некоторые соединения имеют атомное строение.

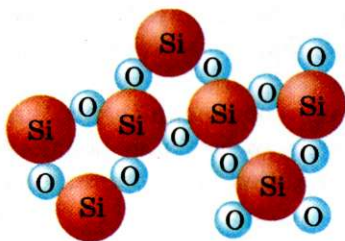
Одним из них является минерал кварц, главная составляющая песка. В нем содержатся атомы Силиция и Оксигена (рис. 42).

Существуют также ионные соединения. Это — поваренная соль, мел, сода, известь, гипс и многие другие.

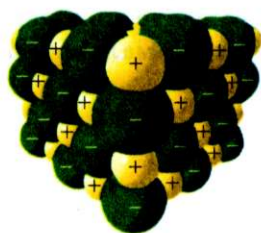
Кристаллы поваренной соли состоят из положительно заряженных ионов Натрия и отрицательно заряженных ионов Хлора (рис. 43). Каждый такой ион образуется из соответ-



**Рис. 41.**  
Модель молекулы воды



**Рис. 42.**  
Модель соединения атомного строения (кварца)



**Рис. 43.**  
Модель ионного  
соединения  
(поваренной соли)

**Это интересно**  
В молекулах органических соединений, кроме атомов Карбона, содержатся, как правило, атомы Гидрогена, нередко — атомы Оксигена, иногда — некоторых других элементов.

ствующего атома (§ 6). Взаимное притяжение многих противоположно заряженных ионов обуславливает существование ионных соединений.

*Ион, образовавшийся из одного атома, называют простым, а ион, который образовался из нескольких атомов, — сложным. Положительно заряженные простые ионы существуют для металлических элементов, а отрицательно заряженные — для неметаллических элементов.*

**Названия сложных веществ.** В учебнике до сих пор приводились технические или бытовые названия сложных веществ. Кроме того, вещества имеют и химические названия. Например, химическое название поваренной соли — натрий хлорид, а мела — кальций карбонат. Каждое такое название состоит из двух слов. Первым словом является название одного из элементов, которыми образовано вещество (оно пишется с маленькой буквы), а второе происходит от названия другого элемента.

**Органические и неорганические вещества.** Раньше органическими веществами называли те вещества, которые содержатся в живых организмах. Это белки, жиры, сахар, крахмал, витамины, соединения, придающие цвет, запах, вкус овощам и фруктам, и др. Со временем ученые начали получать в лабораториях подобные по составу и свойствам вещества, которых нет в природе. Сейчас органическими веществами называют соединения Карбона (за исключением угарного и углекислого газов, мела, соды, некоторых других).

Большинство органических соединений способны гореть, а при нагревании в отсутствие воздуха обугливаются (уголь почти полностью состоит из атомов Карбона).

К неорганическим веществам принадлежат остальные сложные вещества, а также все простые. Они составляют основу минерального мира, т. е. содержатся в почве, минералах, гор-

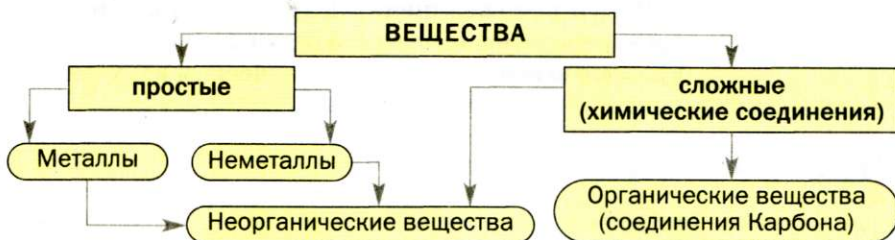


ных породах, воздухе, природной воде. Кроме того, неорганические вещества есть и в живых организмах.

Материал параграфа обобщен в схеме 6.

**Схема 6.**

Типы веществ



## ЛАБОРАТОРНЫЙ ОПЫТ № 2

### Ознакомление с веществами различных типов

Вам выданы такие вещества (вариант укажет учитель):

**вариант I** — сахар, кальций карбонат (мел), графит, медь;

**вариант II** — парафин, алюминий, сера, натрий хлорид (поваренная соль).

Вещества находятся в банках с этикетками.

Внимательно рассмотрите вещества, обратите внимание на их названия. Определите среди них простые (металлы, неметаллы) и сложные вещества, а также органические и неорганические.

Внесите в таблицу название каждого вещества и укажите его тип, записав в соответствующих столбцах знак «+».

Название вещества	Простое вещество		Сложное вещество	Органическое вещество	Неорганическое вещество
	металл	неметалл			

## ВЫВОДЫ

Вещества бывают простыми и сложными, органическими и неорганическими.

Простые вещества делят на металлы и неметаллы, а химические элементы — на металлические и неметаллические.

**Металлы имеют немало общих свойств благодаря сходству их внутреннего строения.**

**Неметаллы состоят из атомов или молекул и по своим свойствам отличаются от металлов.**

**Сложные вещества (химические соединения) имеют атомное, молекулярное или ионное строение.**

**Почти все соединения Карбона принадлежат к органическим веществам, а остальные соединения и простые вещества — к неорганическим веществам.**



56. Какое вещество называют простым, а какое — сложным? Какие типы простых веществ существуют и как называют соответствующие элементы?
57. По каким физическим свойствам металл можно отличить от неметалла?
58. Дайте определение молекулы. Чем отличается молекула простого вещества от молекулы сложного вещества?
59. Заполните пропуски, вставив в соответствующих падежах слова «Нитроген» или «азот», и объясните свой выбор:
  - а) ... — газ, которого в воздухе содержится наибольшее количество;
  - б) молекула ... состоит из двух атомов ... ;
  - в) соединения ... попадают в растения из почвы;
  - г) ... плохо растворяется в воде.
60. Заполните пропуски, вставив слова «элемент», «атом» или «молекула» в соответствующем падеже и числе:
  - а) ... белого фосфора содержит четыре ... Фосфора;
  - б) в воздухе есть ... углекислого газа;
  - в) золото — простое вещество ... Аурума.
61. Какими элементами образованы простые вещества фтор, цинк, фосфор, ртуть? Какие из названных элементов являются металлическими, а какие — неметаллическими?
62. Назовите простые вещества элементов, символы которых — Pb, Ca, Ne, Ag, B.
63. Какая ошибка допущена в выражении «В яблоках есть железо»? Предложите свой вариант, правильный относительно названий элементов и простых веществ.
64. Какие из веществ являются органическими, а какие — неорганическими: алмаз, вода, крахмал, витамин С (аскорбиновая кислота), халькозин (медная руда)?
65. Какими элементами образованы сложные вещества с такими химическими названиями: алюминий оксид, силиций нитрид, натрий гидроксид?



# 9

## Химические формулы

Материал параграфа поможет вам:

- выяснить, что такое химическая формула;
- читать формулы веществ, атомов, молекул, ионов;
- правильно использовать термин «формульная единица»;
- составлять химические формулы ионных соединений;
- характеризовать состав вещества, молекулы, иона по химической формуле.

**Химическая формула.** У каждого вещества есть название. Однако, по названию нельзя определить, из каких частиц состоит вещество, сколько и каких атомов содержится в его молекулах, ионах, какие заряды имеют ионы. Ответы на такие вопросы дает особая запись — химическая формула.

**Химическая формула — это обозначение атома, молекулы, иона или вещества с помощью символов химических элементов и индексов.**

Al

Si

Химической формулой *атома* является символ соответствующего элемента. Например, атом Алюминия обозначают символом Al, атом Силиция — символом Si. Такие формулы имеют и простые вещества — металл алюминий, неметалл атомного строения кремний.

Химическая формула *молекулы простого вещества* содержит символ соответствующего элемента и нижний индекс — маленькую цифру, записанную ниже и справа. Индекс указывает на количество атомов в молекуле.

Молекула кислорода состоит из двух атомов Оксигена. Ее химическая формула —  $O_2$ . Эту формулу читают, произнося сначала символ элемента, потом — индекс: «о-два». Формулой  $O_2$  обозначают не только молекулу, но и само вещество кислород.

H<sub>2</sub>

O<sub>2</sub>

N<sub>2</sub>

F<sub>2</sub>

Cl<sub>2</sub>

Br<sub>2</sub>

I<sub>2</sub>

CO<sub>2</sub>

Na<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup>  
простые  
ионы

OH<sup>-</sup>, CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>  
сложные  
ионы

Молекулу O<sub>2</sub> называют двухатомной. Из подобных молекул (их общая формула — E<sub>2</sub>) состоят простые вещества Гидрогена, Нитрогена, Флуора, Хлора, Брома, Иода.

Озон содержит трёхатомные молекулы, белый фосфор — четырёхатомные, а сера — восьмиатомные. (Напишите химические формулы этих молекул.)

В формуле молекулы сложного вещества записывают символы элементов, атомы которых содержатся в ней, а также индексы. Молекула углекислого газа состоит из трех атомов: одного атома Карбона и двух — Оксигена. Ее химическая формула — CO<sub>2</sub> (читается «цэ-о-два»). Запомните: если в молекуле есть один атом какого-либо элемента, то соответствующий индекс, т. е. 1, в химической формуле не пишут. Формула молекулы углекислого газа является также и формулой самого вещества.

В формуле иона дополнительно записывают его заряд. Для этого используют верхний индекс. В нем цифрой указывают величину заряда (единицу не пишут), а потом — знак (плюс или минус). Например, ион Натрия с зарядом +1 имеет формулу Na<sup>+</sup> (читается «натрий-плюс»), ион Хлора с зарядом -1 — Cl<sup>-</sup> («хлор-минус»), гидроксид-ион с зарядом -1 — OH<sup>-</sup> («о-аш-минус»), карбонат-ион с зарядом -2 — CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> («цэ-о-три-два-минус»).

В формулах ионных соединений сначала записывают, не указывая зарядов, положительно заряженные ионы, а потом — отрицательно заряженные (табл. 2). Если формула правильная, то сумма зарядов всех ионов в ней равна нулю.

Таблица 2

Формулы некоторых ионных соединений

Название соединения	Формулы ионов, из которых состоит соединение	Химическая формула соединения	Чтение формулы
Поваренная соль	Na <sup>+</sup> , Cl <sup>-</sup>	NaCl	Натрий-хлор
Мел	Ca <sup>2+</sup> , CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	CaCO <sub>3</sub>	Кальций-цэ-о-три
Кальцинированная сода	Na <sup>+</sup> , CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	Натрий-два-цэ-о-три



В некоторых химических формулах группу атомов или сложный ион записывают в скобках. В качестве примера возьмем формулу гашеной извести  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ . Это ионное соединение. В нем на каждый ион  $\text{Ca}^{2+}$  приходится два иона  $\text{OH}^-$ . Формула соединения читается «кальций-о-аш-дважды», но не «кальций-о-аш-два».

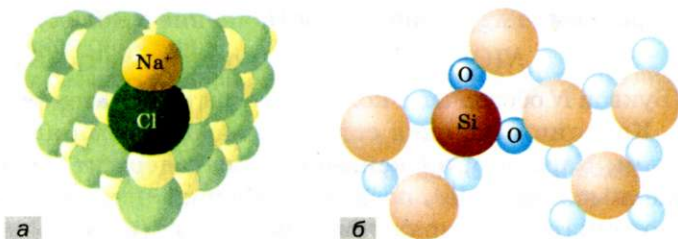
Иногда в химических формулах вместо символов элементов записывают «посторонние» буквы, а также буквы-индексы. Такие формулы часто называют общими. Примеры формул этого типа:  $\text{ECl}_n$ ,  $\text{E}_n\text{O}_m$ ,  $\text{Fe}_x\text{O}_y$ . Первой формулой обозначают группу соединений элементов с Хлором, второй — группу соединений элементов с Оксигеном, а третью используют, если химическая формула соединения Феррума с Оксигеном неизвестна и ее следует установить.

Если нужно обозначить два отдельных атома Неона, две молекулы кислорода, две молекулы углекислого газа или два иона Натрия, используют записи  $2\text{Ne}$ ,  $2\text{O}_2$ ,  $2\text{CO}_2$ ,  $2\text{Na}^+$ . Цифру перед химической формулой называют *коэффициентом*. Коэффициент 1, как и индекс 1, не пишут.

**Формульная единица.** А что означает запись  $2\text{NaCl}$ ? Молекул  $\text{NaCl}$  не существует; поваренная соль — ионное соединение, которое состоит из ионов  $\text{Na}^+$  и  $\text{Cl}^-$ . Пару этих ионов называют *формульной единицей* вещества (она выделена на рис. 44, а). Таким образом, записью  $2\text{NaCl}$  представлены две формульные единицы поваренной соли, т. е. две пары ионов  $\text{Na}^+$  и  $\text{Cl}^-$ .

Термин «формульная единица» используют для сложных веществ не только ионного, но и атомного строения. Например, формульной единицей для

**Рис. 44.**  
Формульные  
единицы  
в соединениях  
ионного (а)  
и атомного  
строения (б)



кварца  $\text{SiO}_2$  является совокупность одного атома Силиция и двух атомов Оксигена (рис. 44, б).

**Формульная единица** — это мельчайший «кирпичик» вещества, его наименьший повторяющийся фрагмент. Этим фрагментом может быть атом (в простом веществе), молекула (в простом или сложном веществе), совокупность атомов или ионов (в сложном веществе).

**УПРАЖНЕНИЕ.** Составить химическую формулу соединения, которое содержит ионы  $\text{Li}^+$  и  $\text{SO}_4^{2-}$ . Назвать формульную единицу этого вещества.

#### Решение

В ионном соединении сумма зарядов всех ионов равна нулю. Это возможно при условии, если на каждый ион  $\text{SO}_4^{2-}$  приходится два иона  $\text{Li}^+$ . Отсюда формула соединения —  $\text{Li}_2\text{SO}_4$ .

Формульной единицей вещества являются три иона: два иона  $\text{Li}^+$  и один ион  $\text{SO}_4^{2-}$ .

**Качественный и количественный состав вещества.** Химическая формула содержит информацию о составе частицы или вещества. Характеризуя *качественный состав*, называют элементы, которые образуют частицу или вещество, а характеризую *количественный состав*, указывают:

- количество атомов каждого элемента в молекуле или сложном ионе;
- соотношение атомов разных элементов или ионов в веществе.

**УПРАЖНЕНИЕ.** Описать состав метана  $\text{CH}_4$  (молекулярное соединение) и кальцинированной соды  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  (ионное соединение).

#### Решение

Метан образован элементами Карбоном и Гидрогеном (это качественный состав). Молекула метана содержит один атом Карбона и четыре атома Гидрогена; их соотношение в молекуле и в веществе —

$$N(\text{C}) : N(\text{H}) = 1 : 4 \text{ (количественный состав).}$$

(Буквой  $N$  обозначают количество частиц — атомов, молекул, ионов.)

Кальцинированная сода образована тремя элементами — Натрием, Карбоном и Оксигеном. Она содержит положительно заряженные ионы  $\text{Na}^+$ , поскольку Натрий — металлический элемент, и отрицательно заряженные ионы  $\text{CO}_3^{2-}$  (качественный состав).



Соотношение атомов элементов и ионов в веществе таковы:

$$\left. \begin{aligned} N(\text{Na}) : N(\text{C}) : N(\text{O}) &= 2 : 1 : 3 \\ N(\text{Na}^+) : N(\text{CO}_3^{2-}) &= 2 : 1 \end{aligned} \right\} \text{количественный состав}$$

## ВЫВОДЫ

**Химическая формула** — это запись атома, молекулы, иона, вещества с помощью символов химических элементов и индексов. Количество атомов каждого элемента указывают в формуле с помощью нижнего индекса, а заряд иона — верхним индексом.

**Формульная единица** — частица или совокупность частиц вещества, представленная его химической формулой.

Химическая формула отражает качественный и количественный состав частицы или вещества.

?

66. Какую информацию о веществе или частице содержит химическая формула?
67. В чем состоит отличие между коэффициентом и нижним индексом в химических записях? Ответ дополните примерами. Для чего используют верхний индекс?
68. Прочитайте формулы:  $\text{P}_4$ ,  $\text{KHCO}_3$ ,  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ,  $\text{Fe}(\text{OH})_2\text{NO}_3$ ,  $\text{Ag}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{ClO}_4^-$ .
69. Что обозначают записи:  $3\text{H}_2\text{O}$ ,  $2\text{H}$ ,  $2\text{H}_2$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{Li}$ ,  $4\text{Cu}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $5\text{O}^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $3\text{Ca}(\text{OH})_2$ ,  $2\text{CaCO}_3$ ?
70. Запишите химические формулы, которые читаются так: эс-о-три; бор-два-о-три; аш-эн-о-два; хром-о-аш-трижды; натрий-аш-эс-о-четыре; эн-аш-четыре-дважды-эс; барий-два-плюс; пэ-о-четыре-три-минус.
71. Составьте химическую формулу молекулы, которая содержит: а) один атом Нитрогена и три атома Гидрогена; б) четыре атома Гидрогена, два атома Фосфора и семь атомов Оксигена.
72. Что является формульной единицей: а) для кальцинированной соды  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ; б) для ионного соединения  $\text{Li}_3\text{N}$ ; в) для соединения  $\text{B}_2\text{O}_3$ , которое имеет атомное строение?
73. Составьте формулы всех веществ, в состав которых могут входить лишь такие ионы:  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{F}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{OH}^-$ .
74. Охарактеризуйте качественный и количественный состав: а) молекулярных веществ — хлора  $\text{Cl}_2$ , гидроген пероксида (перекиси водорода)  $\text{H}_2\text{O}_2$ , глюкозы  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ ; б) ионного вещества — натрий сульфата  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ; в) ионов  $\text{H}_3\text{O}^+$ ,  $\text{HPO}_4^{2-}$ .

# 10

## Валентность химических элементов

Материал параграфа поможет вам:

- выяснить, что такое валентность элемента;
- прогнозировать возможные значения валентности элемента, исходя из его размещения в периодической системе;
- определять значения валентности элементов в бинарных соединениях по их формулам;
- составлять формулы бинарных соединений, исходя из значений валентности элементов.

**Валентность.** Числовые индексы в химических формулах указывают на то, что атомы соединяются друг с другом не произвольно, а в определенных соотношениях.

**Способность атома соединяться с определенным количеством таких же или других атомов называют валентностью<sup>1</sup>.**

Валентность является важным свойством атома. Ее определяют исходя из того, сколько атомов присоединяет данный атом и каким элементам они принадлежат.

*Значение валентности атома Гидрогена принято считать равным 1.* Этот атом всегда соединяется только с одним атомом. В результате образуются, например, молекулы водорода  $H_2$ , фтороводорода  $HF$ , воды  $H_2O$ :



*Гидроген — одновалентный элемент.*

В молекуле фтороводорода  $HF$  атом Флуора связан с атомом Гидрогена. Поэтому значение валентности Флуора, как и Гидрогена, равно 1.

Атом Оксигена удерживает в молекуле воды  $H_2O$  два атома Гидрогена. Отсюда вывод: *Оксиген —*

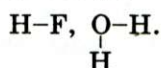
<sup>1</sup> Термин происходит от латинского слова *valentia* — сила.

двухвалентный элемент. Такую валентность Оксиген проявляет всегда — и в молекуле простого вещества ( $O_2$ ), и в молекулах сложных веществ.

Значение валентности элемента при необходимости указывают в химической формуле римской цифрой над его символом:  $\overset{I}{H}\overset{I}{F}$ ,  $\overset{I}{H_2}\overset{II}{O}$ . В математических расчетах и тексте для этого используют арабские цифры.

► Определите валентность элементов в молекулах аммиака  $NH_3$  и метана  $CH_4$ .

Сведения о валентности элементов в веществе можно представить другим способом. Сначала записывают на определенном расстоянии друг от друга символы каждого атома, находящегося в молекуле. Затем одновалентный атом соединяют с другим одной черточкой, от двухвалентного атома проводят две черточки и т. д.:



Такие формулы называют *графическими*. Они показывают порядок соединения атомов в молекулах.



Молекула простого вещества водорода имеет графическую формулу  $H-H$ . Аналогичными являются графические формулы молекул фтора, хлора, брома, иода. Графическая формула молекулы кислорода  $O=O$ , а молекулы азота  $N \equiv N$ .



Составляя такие формулы для молекул сложных веществ, следует иметь в виду, что атомы одного элемента, как правило, не соединены между собой.

► Изобразите графические формулы молекул аммиака и метана.

Из графической формулы молекулы легко определить валентность каждого атома. Значение валентности равно количеству черточек, которые исходят от атома.

Для соединений ионного и атомного строения графические формулы не используют.

Валентность элемента и его размещение в периодической системе. Некоторые элементы имеют



постоянную валентность. Гидроген и Флуор всегда одновалентны, а Оксиген — двухвалентен. Другие элементы с постоянной валентностью находятся в I—III группах периодической системы, причем значение валентности каждого элемента совпадает с номером группы. Так, элемент I группы Литий одновалентен, элемент II группы Магний двухвалентен, а элемент III группы Бор трехвалентен. Исключениями являются элементы I группы Купрум (значения валентности — 1 и 2) и Аурум (1 и 3).

Большинство элементов имеют переменную валентность. Приводим ее значения для некоторых из них:

Плюмбум (IV группа) — 2, 4;

Фосфор (V группа) — 3, 5;

Хром (VI группа) — 2, 3, 6;

Сульфур (VI группа) — 2, 4, 6;

Манган (VII группа) — 2, 4, 6, 7;

Хлор (VII группа) — 1, 3, 5, 7.

Из этих сведений вытекает важное правило: *максимальное значение валентности элемента совпадает с номером группы, в которой он находится*<sup>1</sup>. Поскольку в периодической системе восемь групп, то значения валентности элементов могут быть от 1 до 8.

Существует еще одно правило: *значение валентности неметаллического элемента в соединении с Гидрогеном или с металлическим элементом равно 8 минус номер группы, в которой размещен элемент*. Подтвердим его примерами соединений элементов с Гидрогеном. Элемент VII группы Иод в иодоводороде HI одновалентен ( $8 - 7 = 1$ ), элемент VI группы Оксиген в воде H<sub>2</sub>O двухвалентен ( $8 - 6 = 2$ ), элемент V группы Нитроген в аммиаке NH<sub>3</sub> трехвалентен ( $8 - 5 = 3$ ).

**Определение валентности элементов в бинарном соединении по его формуле.** Бинарным<sup>2</sup> называют соединение, образованное двумя элементами.

**Это**

**интересно**

В начале XIX в.

во взглядах

на состав

химических

соединений

господствовал

принцип

«наибольшей

простоты».

Так, формулу

воды

записывали

HO, а не H<sub>2</sub>O.

<sup>1</sup> Существует несколько исключений.

<sup>2</sup> Термин происходит от латинского слова binarius — двойной; состоящий из двух частей.

Выяснить значение валентности элемента в соединении нужно тогда, когда элемент имеет переменную валентность. Как выполняют такое задание, покажем на примере.

Найдем значение валентности Иода в его соединении с Кислородом, которое имеет формулу  $I_2O_5$ .

Вы знаете, что Кислород — двухвалентный элемент. Запишем значение его валентности над символом этого элемента в химической формуле соединения:  $I_2O_5$ . На 5 атомов Кислорода приходится  $2 \cdot 5 = 10$  единиц валентности. Их нужно «распределить» между двумя атомами Иода ( $10 : 2 = 5$ ). Из этого следует, что Иод в соединении пятивалентен. Формула соединения с обозначением валентности элементов —  $I_2^V O_5^{II}$ .

► Определите валентность элементов в соединениях с формулами  $CO_2$  и  $Cl_2O_7$ .

**Составление химических формул соединений по валентности элементов.** Выполним задание, противоположное предыдущему, — составим химическую формулу соединения Сульфура с Кислородом, в котором Сульфур шестивалентен.

Сначала запишем символы элементов, образующих соединение, и укажем над ними значения валентности:  $S^{VI} \dots O^{II} \dots$ . Затем находим наименьшее число, которое делится без остатка на оба значения валентности. Это число 6. Делим его на значение валентности каждого элемента и получаем соответствующие индексы в химической формуле соединения:  $S_{6/6}^{VI} O_{6/2}^{II}$ , или  $SO_3^{VI II}$ .

Для проверки химической формулы используют правило: *произведения значений валентности каждого элемента на количество его атомов в формуле одинаковы*. Эти произведения для только что выведенной химической формулы:  $6 \cdot 1 = 2 \cdot 3$ .

Запомните, что в формулах соединений, в том числе бинарных, сначала записывают символы металлических элементов, а потом — неметаллических. Если соединение образовано только неметалли-

Это интересно  
Формулы соединений, образованных тремя и более элементами, составляют иначе.

**Это интересно**  
Порядок записи элементов в формуле соединения Оксигена с Флуором такой:  $\text{OF}_2$ .

ческими элементами и среди них есть Оксиген или Флуор, то эти элементы записывают последними.

► Составьте химические формулы соединений Бора с Флуором и Оксигеном.

Причины соединения атомов друг с другом и объяснение значений валентности элементов связаны со строением атомов. Этот материал будет рассмотрен в 8 классе.

## ВЫВОДЫ

**Валентность** — это способность атома соединяться с определенным количеством таких же или других атомов.

Существуют элементы с постоянной и переменной валентностью. Гидроген и Флуор всегда одновалентны, Оксиген — двухвалентен.

Значения валентности элементов отражают в графических формулах молекул соответствующим количеством черточек возле атомов.

Произведения значений валентности каждого элемента на количество его атомов в формуле бинарного соединения одинаковы.



75. Что такое валентность? Назовите максимальное и минимальное значения валентности химических элементов.
76. Укажите символы элементов, имеющих постоянную валентность: K, Ca, Cu, Cl, Zn, F, H.
77. Определите валентность всех элементов в соединениях, которые имеют такие формулы:  $\overset{\text{IV}}{\text{S}}\text{Cl}_4$ ,  $\overset{\text{I}}{\text{P}}\text{Br}_5$ ,  $\overset{\text{I}}{\text{N}}_3$ ,  $\overset{\text{IV}}{\text{C}}\text{S}_2$ ,  $\overset{\text{III}}{\text{P}}_3\text{N}_5$ .
78. Определите валентность элементов в соединениях с такими формулами:  
а)  $\text{BaH}_2$ ,  $\text{V}_2\text{O}_5$ ,  $\text{MoS}_3$ ,  $\text{SiF}_4$ ,  $\text{Li}_3\text{P}$ ; б)  $\text{CuS}$ ,  $\text{TiCl}_4$ ,  $\text{Ca}_3\text{N}_2$ ,  $\text{P}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Mn}_2\text{O}_7$ .
79. Составьте формулы соединений, образованных элементами с постоянной валентностью:  $\text{Na} \dots \text{H} \dots$ ,  $\text{Ba} \dots \text{F} \dots$ ,  $\text{Al} \dots \text{O} \dots$ ,  $\text{Al} \dots \text{F} \dots$ .
80. Составьте формулы соединений, используя указанные валентности некоторых элементов:  
а)  $\overset{\text{II}}{\text{Al}} \dots \overset{\text{II}}{\text{S}} \dots$ ,  $\overset{\text{IV}}{\text{Si}} \dots \text{H} \dots$ ,  $\overset{\text{I}}{\text{Zn}} \dots \overset{\text{VI}}{\text{W}} \dots \text{O} \dots$ ; б)  $\overset{\text{III}}{\text{N}} \dots \text{O} \dots$ ,  $\overset{\text{V}}{\text{P}} \dots \text{O} \dots$ ,  $\overset{\text{IV}}{\text{C}} \dots \text{F} \dots$ ,  $\overset{\text{II}}{\text{Li}} \dots \overset{\text{II}}{\text{S}} \dots$ .





81. Напишите формулы соединений с Кислородом таких элементов:  
 а) Лития; б) Магния; в) Осмия (проявляет валентность 4 и 8).
82. Изобразите графические формулы молекул  $\text{Cl}_2\text{O}$ ,  $\text{PH}_3$ ,  $\text{SO}_3$ .
83. Определите валентность элементов по графическим формулам молекул:  
 $\text{O}=\text{C}=\text{O}$ ;  $\text{H}-\text{N}=\text{C}=\text{S}$ ;  $\text{H}-\text{O}-\overset{\text{O}}{\underset{\text{O}}{\text{Se}}}-\text{O}-\text{H}$ .

НА ДОСУГЕ

### «Конструируем» молекулы



**Рис. 45.**  
 Модель  
 молекулы  
 метана  $\text{CH}_4$

По графическим формулам можно изготовлять модели молекул (рис. 45). Самым удобным материалом для этого является пластилин. Из него делают шарики-атомы (для атомов различных элементов используют пластилин разного цвета). Шарики соединяют с помощью спичек; каждая спичка заменяет одну черточку в графической формуле молекулы.

Изготовьте модели молекул  $\text{H}_2$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  (имеет угловую форму),  $\text{NH}_3$  (имеет форму пирамиды),  $\text{CO}_2$  (имеет линейную форму).

# 11

## Относительная молекулярная и относительная формульная массы

**Материал параграфа поможет вам:**

- выяснить, что такое относительная молекулярная масса и относительная формульная масса;
- правильно вычислять относительные молекулярные и формульные массы.

**Относительная молекулярная масса.** Массы молекул, как и атомов, чрезвычайно малы. Поэтому в химии используют относительные массы молекул. Их еще называют относительными молекулярными массами.

**Относительная молекулярная масса — это отношение массы молекулы к  $\frac{1}{12}$  массы атома Карбона.**

Относительную молекулярную массу сокращенно обозначают  $M_r$ . Эта величина, как и относительная атомная масса, не имеет размерности. Математическая формула для ее вычисления, исходя из массы молекулы:

$$M_r(\text{молекулы}) = \frac{m(\text{молекулы})}{\frac{1}{12} m_a(\text{C})}$$

Найдем относительную молекулярную массу кислорода, используя массы молекулы кислорода ( $5,32 \cdot 10^{-23}$  г) и атома Карбона ( $1,994 \cdot 10^{-23}$  г):

$$M_r(\text{O}_2) = \frac{m(\text{O}_2)}{\frac{1}{12} m_a(\text{C})} = \frac{5,32 \cdot 10^{-23} \text{ г}}{\frac{1}{12} \cdot 1,994 \cdot 10^{-23} \text{ г}} = 32.$$

Значительно проще вычислять относительную молекулярную массу, используя относительные атомные массы.

**Относительная масса молекулы равна сумме относительных масс атомов, которые входят в ее состав.**

Найдем относительные молекулярные массы кислорода и воды, взяв из периодической системы Менделеева значения относительных атомных масс Оксигена и Гидрогена:

$$M_r(\text{O}_2) = 2A_r(\text{O}) = 2 \cdot 16 = 32;$$

$$M_r(\text{H}_2\text{O}) = 2A_r(\text{H}) + A_r(\text{O}) = 2 \cdot 1 + 16 = 18.$$

► Вычислите относительные молекулярные массы азота  $\text{N}_2$  и аммиака  $\text{NH}_3$ .

**Относительная формульная масса.** Для ионов, а также веществ с атомным и ионным строением (они не содержат молекул) вместо термина «относительная молекулярная масса» используют другой — «относительная формульная масса». Эту физическую величину обозначают и рассчитывают так же, как и относительную молекулярную массу.

**Относительная формульная масса иона.** Масса простого иона почти не отличается от массы соответствующего атома, так как ион содержит на

**Это интересно**  
Наименьшую массу имеют ионы Гидрогена  $\text{H}^+$  и  $\text{H}^-$ .

один или несколько электронов больше или меньше, чем атом, а масса электрона в тысячи раз меньше массы атома. Совпадают также относительные формульные массы простых ионов и относительные атомные массы элементов:

$$M_r(K^+) = A_r(K); \quad M_r(O^{2-}) = A_r(O).$$

Относительные формульные массы сложных ионов можно рассчитать тем же способом, что и относительные молекулярные массы:

$$M_r(CO_3^{2-}) = A_r(C) + 3A_r(O) = 12 + 3 \cdot 16 = 60.$$

► Вычислите относительные формульные массы ионов  $NH_4^+$  и  $NO_2^-$ .

**Относительная формульная масса ионного вещества.** Вычисление относительной формульной массы поваренной соли осуществляют так:

$$M_r(NaCl) = A_r(Na) + A_r(Cl) = 23 + 35,5 = 58,5.$$

В качестве другого примера возьмем алюминий сульфат  $Al_2(SO_4)_3$ . Это соединение состоит из простых ионов  $Al^{3+}$  и сложных ионов  $SO_4^{2-}$ . Относительную формульную массу соединения можно вычислить двумя способами.

**1 способ.** Используем относительные атомные массы:

$$\begin{aligned} M_r[Al_2(SO_4)_3] &= 2A_r(Al) + 3A_r(S) + 3 \cdot 4A_r(O) = \\ &= 2 \cdot 27 + 3 \cdot 32 + 12 \cdot 16 = 342. \end{aligned}$$

**2 способ.** Используем относительные формульные массы ионов:

$$\begin{aligned} M_r(Al^{3+}) &= A_r(Al) = 27; \\ M_r(SO_4^{2-}) &= A_r(S) + 4A_r(O) = 32 + 4 \cdot 16 = 96; \\ M_r[Al_2(SO_4)_3] &= 2M_r(Al^{3+}) + 3M_r(SO_4^{2-}) = \\ &= 2 \cdot 27 + 3 \cdot 96 = 342. \end{aligned}$$

**Относительная формульная масса — это относительная масса формульной единицы вещества.**

Понятие «относительная формульная масса» является универсальным. Оно может быть использовано для веществ любого строения, а также для ионов — простых и сложных.

Это интересно  
Значение относительной формульной массы 100 имеют соединения с формулами  $CrO_3$ ,  $Mg_3N_2$ ,  $CaCO_3$ .



## ВЫВОДЫ

**Относительная молекулярная масса** — это отношение массы молекулы к  $\frac{1}{12}$  массы атома Карбона или сумма относительных масс атомов, которые входят в состав молекулы.

Для ионов, веществ атомного и ионного строения используют относительную формульную массу. Ее обозначают и вычисляют так же, как и относительную молекулярную массу.



84. Что такое относительная молекулярная масса? Как ее рассчитать: а) исходя из массы молекулы; б) по химической формуле молекулы?
85. У какого вещества наименьшая относительная молекулярная масса?
86. Вычислите (желательно устно) относительные молекулярные массы веществ, которые имеют такие формулы: а)  $\text{Cl}_2$ ,  $\text{O}_3$ ,  $\text{P}_4$ ; б)  $\text{CO}$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{H}_3\text{PO}_4$ .
87. Рассчитайте относительные формульные массы веществ с такими формулами: а)  $\text{CaH}_2$ ,  $\text{AlH}_3$ ; б)  $\text{Li}_2\text{O}$ ,  $\text{MgO}$ ; в)  $\text{Cu}(\text{OH})_2$ ,  $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ .
88. Во сколько раз масса атома Оксигена больше или меньше массы: а) молекулы водорода; б) молекулы метана  $\text{CH}_4$ ; в) иона Купрума  $\text{Cu}^{2+}$ ; г) иона  $\text{SO}_4^{2-}$ ? Попробуйте выполнить расчеты устно.
89. Относительная молекулярная масса соединения Хлора с Оксигеном равна 183. В его молекуле — 7 атомов Оксигена. Какова формула вещества?
90. Относительная формульная масса соединения элемента X с Флуором вдвое превышает относительную атомную массу Фосфора. Определите элемент X и напишите формулу соединения.
91. Масса молекулы воды равна  $3 \cdot 10^{-23}$  г, а атома Карбона —  $2 \cdot 10^{-23}$  г. Вычислите по этим данным относительную молекулярную массу воды.

## 12 Массовая доля элемента в сложном веществе

**Материал параграфа поможет вам:**

- выяснить, что такое массовая доля элемента в соединении, и определять ее значение;
- рассчитывать массу элемента в определенной массе соединения, исходя из массовой доли элемента;
- правильно оформлять решение химических задач.

Каждое сложное вещество (химическое соединение) образовано несколькими элементами. Знать содержание элементов в соединении необходимо для его эффективного использования. Например, лучшим азотным удобрением считают то, в котором содержится наибольшее количество Нитрогена (этот элемент необходим растениям). Аналогично оценивают качество металлической руды, определяя, насколько она «богата» на металлический элемент.

Содержание элемента в соединении характеризуют его массовой долей. Эту величину обозначают латинской буквой  $w$  («дубль-вэ»).

Выведем формулу для вычисления массовой доли элемента в соединении по известным массам соединения и элемента. Обозначим массовую долю элемента буквой  $x$ . Приняв во внимание, что масса соединения — это целое, а масса элемента — часть от целого, составим пропорцию:

$$\begin{aligned} \frac{m(\text{соединения})}{m(E)} &= \frac{1}{x} \\ m(\text{соединения}) &= 1, \\ m(E) &= x; \end{aligned}$$

Отсюда:

$$x = w(E) = \frac{m(E)}{m(\text{соединения})}.$$

**Массовая доля элемента в соединении — это отношение массы элемента к соответствующей массе соединения.**

Заметим, что массы элемента и соединения нужно брать в одинаковых единицах измерения (например, в граммах).

Массовая доля не имеет размерности. Ее часто выражают в процентах. В этом случае формула принимает такой вид:

$$w(E) = \frac{m(E)}{m(\text{соединения})} \cdot 100 \, \%.$$

Очевидным является то, что сумма массовых долей всех элементов в соединении равна 1 (или 100 %).

Приведем несколько примеров решения расчетных задач. Условие задачи и ее решение оформляют

**Это интересно**  
В двух соединениях Сульфура —  $\text{SO}_2$  и  $\text{MoS}_3$  — массовые доли элементов одинаковы и составляют по 0,5 (или 50 %).

таким образом. Лист тетради или классную доску делят вертикальной линией на две неодинаковые части. В левой, меньшей, части сокращенно записывают условие задачи, проводят горизонтальную линию и под ней указывают то, что нужно найти или вычислить. В правой части записывают математические формулы, объяснение, расчеты и ответ.

**ЗАДАЧА 1.** В 80 г соединения содержится 32 г Оксигена. Вычислить массовую долю Оксигена в соединении.

**Дано:**

$$m(\text{соединения}) = 80 \text{ г}$$

$$m(\text{O}) = 32 \text{ г}$$

$$w(\text{O}) = ?$$

**Решение**

Рассчитываем массовую долю Оксигена по соответствующей формуле:

$$w(\text{O}) = \frac{m(\text{O})}{m(\text{соединения})} = \frac{32 \text{ г}}{80 \text{ г}} = 0,4,$$

$$\text{или } 0,4 \cdot 100 \% = 40 \%.$$

**Ответ:**  $w(\text{O}) = 0,4$ , или 40 %.

Массовую долю элемента в соединении также вычисляют, используя химическую формулу соединения. Поскольку массы атомов и молекул пропорциональны относительным атомным и молекулярным массам, то

$$w(E) = \frac{N(E) \cdot A_r(E)}{M_r(\text{соединения})},$$

где  $N(E)$  — количество атомов элемента в формуле соединения.

**ЗАДАЧА 2.** Рассчитать массовые доли элементов в метане  $\text{CH}_4$ .

**Дано:**



$$w(\text{C}) = ?$$

$$w(\text{H}) = ?$$

**Решение**

1. Находим относительную молекулярную массу метана:

$$M_r(\text{CH}_4) = A_r(\text{C}) + 4A_r(\text{H}) = 12 + 4 \cdot 1 = 16.$$

2. Рассчитываем массовую долю Карбона в метане:

$$w(\text{C}) = \frac{A_r(\text{C})}{M_r(\text{CH}_4)} = \frac{12}{16} = 0,75, \text{ или } 0,75 \cdot 100 \% = 75 \%.$$

3. Вычисляем массовую долю Гидрогена в метане:

$$w(\text{H}) = \frac{4A_r(\text{H})}{M_r(\text{CH}_4)} = \frac{4 \cdot 1}{16} = 0,25, \text{ или } 0,25 \cdot 100 \% = 25 \%.$$



Другой вариант расчета массовой доли Гидрогена:

$$w(\text{H}) = 1 - w(\text{C}) = 1 - 0,75 = 0,25,$$

$$\text{или } w(\text{H}) = 100 \% - w(\text{C}) = 100 \% - 75 \% = 25 \ \%.$$

Ответ:  $w(\text{C}) = 0,75$ , или 75 %;  $w(\text{H}) = 0,25$ , или 25 %.

По известной массовой доле элемента можно рассчитать массу элемента, которая содержится в определенной массе соединения. Из математической формулы для массовой доли элемента вытекает:

$$m(\text{E}) = w(\text{E}) \cdot m(\text{соединения}).$$

**ЗАДАЧА 3.** Какая масса Нитрогена содержится в аммиачной селитре (азотное удобрение) массой 1 кг, если массовая доля этого элемента в соединении равна 0,35?

**Дано:**

$$m(\text{соединения}) = 1 \text{ кг}$$

$$w(\text{N}) = 0,35$$

$$m(\text{N}) = ?$$

**Решение**

Вычисляем массу Нитрогена:

$$m(\text{N}) = w(\text{N}) \cdot m(\text{соединения}) = 0,35 \cdot 1 \text{ кг} = 0,35 \text{ кг, или } 350 \text{ г.}$$

Ответ:  $m(\text{N}) = 350 \text{ г.}$

Понятие «массовая доля» используют для характеристики количественного состава смесей веществ. Соответствующая математическая формула имеет такой вид:

$$w(\text{вещества}) = \frac{m(\text{вещества})}{m(\text{смеси})} (\cdot 100 \ %).$$

## ВЫВОДЫ

Массовая доля элемента в соединении — это отношение массы элемента к соответствующей массе соединения.

Массовую долю элемента в соединении вычисляют по известным массам элемента и соединения или по его химической формуле.

Зная массовую долю элемента, можно рассчитать его массу, которая содержится в определенной массе соединения.



92. Как вычислить массовую долю элемента в соединении, если известны:  
а) масса элемента и соответствующая масса соединения; б) химическая формула соединения?
93. В 20 г вещества содержится 16 г Брома. Найдите массовую долю этого элемента в веществе, выразив ее обычной дробью, десятичной дробью и в процентах.
94. Вычислите (желательно устно) массовые доли элементов в соединениях с такими формулами:  $\text{SO}_2$ ,  $\text{LiH}$ ,  $\text{CrO}_3$ .
95. Сопоставляя формулы веществ, а также значения относительных атомных масс, определите, в каком из веществ каждой пары массовая доля первого в формуле элемента больше: а)  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{NO}$ ; б)  $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ ; в)  $\text{B}_2\text{O}_3$ ,  $\text{B}_2\text{S}_3$ .
96. Выполните необходимые вычисления для уксусной кислоты  $\text{CH}_3\text{COOH}$  и глицерина  $\text{C}_3\text{H}_5(\text{OH})_3$  и заполните таблицу:

$\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z$	$M_r(\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z)$	$w(\text{C})$	$w(\text{H})$	$w(\text{O})$

97. Массовая доля Нитрогена в некотором соединении равна 28 %. В какой массе соединения содержится 56 г Нитрогена?
98. Массовая доля Кальция в его соединении с Водородом равна 0,952. Определите массу Водорода, которая содержится в 20 г соединения.
99. Смешали 100 г цемента и 150 г песка. Какова массовая доля цемента в приготовленной смеси?

# 13

## Физические и химические явления (химические реакции)

Материал параграфа поможет вам выяснить:

- чем различаются физические и химические явления (химические реакции);
- какие внешние эффекты сопровождают химические реакции.

На уроках природоведения вы узнали, что в природе происходят различные физические и химические явления.

**Физические явления.** Каждый из вас неоднократно наблюдал за тем, как плавится лед, кипит или

замерзает вода. Лед, вода и водяной пар состоят из одних и тех же молекул, поэтому они являются одним веществом (в разных агрегатных состояниях).

**Явления, при которых вещество не превращается в другое, называют физическими.**

К физическим явлениям относится не только изменение агрегатного состояния веществ, но и свечение раскаленных тел, прохождение электрического тока в металлах, распространение запаха веществ в воздухе, растворение жира в бензине, притяжение железа к магниту. Такие явления изучает наука физика.

**Химические явления (химические реакции).** Одним из химических явлений является горение.

Рассмотрим процесс горения спирта (рис. 46). Он происходит при участии кислорода, который содержится в воздухе. Сгорая, спирт, казалось бы, переходит в газообразное состояние подобно тому, как вода при нагревании превращается в пар. Но это не так. Если газ, полученный в результате сгорания спирта, охладить, то часть его конденсируется в жидкость, но не в спирт, а в воду. Другая часть газа останется. С помощью дополнительного опыта можно доказать, что этот остаток — углекислый газ.



**Рис. 46.**

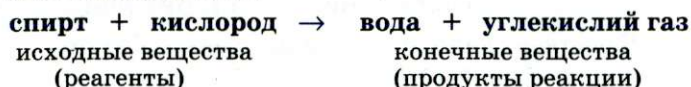
Горение спирта

Таким образом, спирт, который горит, и кислород, который участвует в процессе горения, превращаются в воду и углекислый газ.

**Явления, при которых одни вещества превращаются в другие, называют химическими явлениями, или химическими реакциями.**

Вещества, вступающие в химическую реакцию, называют *исходными веществами*, или *реактантами*, а те, которые образуются, — *конечными веществами*, или *продуктами реакции*.

Суть рассмотренной химической реакции передает такая запись:





Реагенты и продукты этой реакции состоят из молекул. Во время горения создается высокая температура. В этих условиях молекулы реагентов распадаются на атомы, которые, соединяясь, образуют молекулы новых веществ — продуктов. Следовательно, *все атомы во время реакции сохраняются*.

Если реагентами являются два ионных вещества, то они обмениваются своими ионами. Известны и другие варианты взаимодействия веществ.

**Внешние эффекты, сопровождающие химические реакции.** Наблюдая за химическими реакциями, можно зафиксировать такие эффекты:

- изменение цвета (рис. 47, а);
- выделение газа (рис. 47, б);
- образование или исчезновение осадка (рис. 47, в);
- появление, исчезновение или изменение запаха;
- выделение или поглощение теплоты;
- появление пламени (рис. 46), иногда — свечение.

**Рис. 47.**

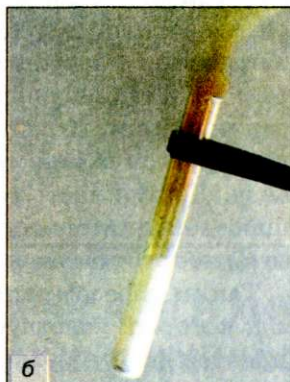
Некоторые  
внешние  
эффекты  
при  
химических

реакциях:

а — появление  
окраски;

б — выделение  
газа;

в — появление  
осадка



### ЛАБОРАТОРНЫЙ ОПЫТ № 3

#### Появление окраски в результате реакции

Окрашены ли растворы кальцинированной соды и фенолфталеина? Добавьте к порции раствора соды 1—2 капли раствора фенолфталеина. Какая окраска появилась?

### ЛАБОРАТОРНЫЙ ОПЫТ № 4

#### Выделение газа в результате реакции

К раствору кальцинированной соды добавьте немного хлоридной кислоты. Что наблюдаете?

## ЛАБОРАТОРНЫЙ ОПЫТ № 5

### Появление осадка в результате реакции

К раствору кальцинированной соды добавьте 1 мл раствора медного купороса. Что происходит?

Появление пламени является *признаком* химической реакции, т. е. свидетельствует именно о химическом явлении. Другие внешние эффекты можно наблюдать и во время физических явлений. Приведем несколько примеров.

*Пример 1.* Порошок серебра, полученный в пробирке в результате химической реакции, имеет серый цвет. Если его расплавить, а затем расплав охладить, то получим кусочек металла, но не серого, а белого, с характерным блеском.

*Пример 2.* Если нагревать природную воду, то из нее задолго до кипения начнут выделяться пузырьки газа. Это растворенный воздух; его растворимость в воде при нагревании уменьшается.

*Пример 3.* Неприятный запах в холодильнике исчезает, если в него поместить гранулы силикагеля — одного из соединений Силиция. Силикагель поглощает молекулы различных веществ без их разрушения. Аналогично действует активированный уголь в противогазе.

*Пример 4.* При превращении воды в пар теплота поглощается, а при замерзании воды — выделяется.

Чтобы определить, какое превращение произошло — физическое или химическое, следует внимательно наблюдать за ним, а также всесторонне исследовать вещества до и после эксперимента.

**Химические реакции в природе, повседневной жизни и их значение.** В природе постоянно происходят химические реакции. Вещества, растворенные в реках, морях, океанах, взаимодействуют между собой, некоторые реагируют с кислородом. Растения поглощают из атмосферы углекислый газ, из почвы — воду, растворенные в ней вещества и перерабатывают их на белки, жиры, глюкозу, крахмал,



**Это интересно**  
Вследствие фотосинтеза ежегодно из атмосферы поглощается около 300 млрд т углекислого газа, выделяется 200 млрд т кислорода и образуется 150 млрд т органических веществ.

витамины, другие соединения, а также на кислород. Очень важны реакции с участием кислорода, который поступает в живые организмы при дыхании.

Многие химические реакции сопровождают нас в повседневной жизни. Они происходят во время поджаривания мяса, овощей, выпекания хлеба, прокисания молока, брожения виноградного сока, отбеливания тканей, горения различных видов топлива, затвердевания цемента и алебаstra, почернения со временем серебряных украшений и т. п.

Химические реакции составляют основу таких технологических процессов как получение металлов из руд, производство удобрений, пластмасс, синтетических волокон, лекарств, других важных веществ. Сжигая топливо, люди обеспечивают себя теплом и электричеством. С помощью химических реакций обезвреживают токсичные вещества, перерабатывают промышленные и бытовые отходы.

Протекание некоторых реакций приводит к негативным последствиям. Ржавление железа сокращает срок работы разных механизмов, оборудования, транспортных средств, приводит к большим потерям этого металла. Пожары уничтожают жилье, промышленные и культурные объекты, исторические ценности. Большинство пищевых продуктов портится вследствие их взаимодействия с кислородом, находящимся в воздухе; при этом образуются вещества, которые имеют неприятный запах, вкус и являются вредными для человека.

## ВЫВОДЫ

Физическими явлениями называют явления, при которых каждое вещество сохраняется.

Химические явления, или химические реакции, — это превращения одних веществ в другие. Они могут сопровождаться различными внешними эффектами.

Множество химических реакций происходят в окружающей среде, в растениях, организмах животных и человека, сопровождают нас в повседневной жизни.





100. Найдите соответствие:

*найти буквы и цифры*

- |  |                        |
|--|------------------------|
| 1) взрыв динамита;   | а) физическое явление; |
| 2) затвердевание расплавленного парафина;                          | б) химическое явление. |
| 3) подгорание пищи на сковороде;                                   |                        |
| 4) образование соли при испарении морской воды;                    |                        |
| 5) расслоение сильно взболтанной смеси воды и растительного масла; |                        |
| 6) выцветание окрашенной ткани на солнце;                          |                        |
| 7) прохождение электрического тока в металле;                      |                        |
101. Какими внешними эффектами сопровождаются такие химические превращения: а) горение спички; б) образование ржавчины; в) брожение виноградного сока.
102. Как вы думаете, почему одни пищевые продукты (сахар, крахмал, уксус, соль) могут храниться неограниченное время, а другие (сыр, сливочное масло, молоко) быстро портятся?

#### ЭКСПЕРИМЕНТИРУЕМ ДОМА

##### Внешние эффекты при химических реакциях

1. Приготовьте небольшие количества водных растворов лимонной кислоты и пищевой соды. Слейте вместе порции обоих растворов в отдельный стакан. Что происходит?  
К остатку раствора лимонной кислоты добавьте немного кристалликов соды, а к остатку раствора соды — немного кристалликов лимонной кислоты. Какие эффекты наблюдаете — такие же или другие?
2. В три небольших стакана налейте немного воды и в каждый добавьте 1—2 капли спиртового раствора бриллиантового зеленого, известного под названием «зеленка». В первый стакан долейте несколько капель нашатырного спирта, во второй — раствора лимонной кислоты. Изменился ли цвет красителя (зеленки) в этих стаканах? Если да, то как именно?  
Результаты опытов запишите в тетрадь и сделайте выводы.

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 2

### Исследование физических и химических явлений

Перед выполнением практической работы внимательно прочитайте правила работы и техники безопасности в химическом кабинете (с. 14—15, 22). Во время проведения эксперимента вы должны строго придерживаться этих правил.

**Работая с огнем, будьте особенно осторожны.**

## ОПЫТ 1

Насыпьте в пробирку немного кристалликов медного купороса (вещество должно покрыть дно пробирки) и добавьте к ним 2 мл воды (слой в 2—3 см). Содержимое пробирки перемешивайте стеклянной палочкой до полного растворения вещества. Изменился ли цвет вещества во время образования его раствора? О чем это свидетельствует?

Половину раствора перелейте в маленькую фарфоровую чашку. Зажгите спиртовку или сухое горючее. Возьмите чашку пробиркодержателем за верхнюю часть, внесите ее в пламя и осторожно выпаривайте раствор до выделения из него первых кристалликов вещества. Сопоставьте их и медный купорос по цвету. Сделайте вывод.

Выпарьте раствор досуха и продолжайте нагревать твердый остаток до изменения его цвета.

После опыта горячую чашку поставьте на керамическую подставку.

Какие физические явления вы наблюдали во время проведения эксперимента? Произошло ли химическое явление? Если да, то на каком этапе?

## ОПЫТ 2

В пробирку со второй частью раствора добавьте несколько железных стружек<sup>1</sup>. Какой цвет приобретает поверхность железа? Назовите металл, который имеет такой цвет. Изменяется ли окраска раствора? Как именно? Содержимое пробирки периодически перемешивайте стеклянной палочкой до полного изменения цвета раствора.

Медленно перелейте раствор в маленькую фарфоровую чашку (при этом твердые вещества должны остаться в пробирке). Осторожно выпарьте раствор досуха<sup>2</sup>. Каков цвет твердого остатка? О чем он свидетельствует?

Произошло ли химическое явление в этом опыте? Ответ обоснуйте.

Во время выполнения каждого опыта записывайте в таблицу свои действия, наблюдения, а после его окончания — выводы.

№ опыта	Последовательность действий	Наблюдения	Выводы
1	Растворяю в воде немного медного купороса. ...	Образуется раствор ... цвета. ...	...
2			

<sup>1</sup> Вместо стружек можно взять железные кнопки, скрепки, гвозди.

<sup>2</sup> Можно выпарить несколько капель раствора на предметном стекле.





103. Происходили ли физические явления в опыте 2? Если да, то какие?

104. Как можно доказать, используя магнит, что в опыте 2 на поверхности железа образуется другой металл?

---

# 14

## Схема химической реакции. Закон сохранения массы веществ при химической реакции. Химическое уравнение

---

Материал параграфа поможет вам:

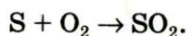
- выяснить, что такое схема химической реакции;
- понять суть закона сохранения массы веществ при химической реакции;
- превращать схемы реакций в химические уравнения.

**Схема химической реакции.** Существует несколько способов записи химических реакций. Со «словесной» схемой реакции вы ознакомились в § 13. Приводим еще один пример:

сера + кислород → сернистый газ.

Эта запись дает мало информации; она не указывает на химический состав реагентов и продуктов.

Этого недостатка лишен другой способ записи — химическая схема реакции. В ней вместо названий веществ содержатся химические формулы<sup>1</sup>:



Химическую схему в дальнейшем будем называть просто *схемой реакции*.

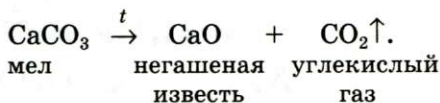
Над стрелкой часто указывают условия, при которых происходит реакция: нагревание ( $\xrightarrow{t}$ ),

---

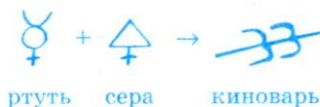
<sup>1</sup> Для серы здесь и далее будем использовать формулу S, а не S<sub>8</sub>, которую в действительности имеют молекулы вещества.



Пример схемы реакции с дополнительными обозначениями и названиями веществ:



Схемы реакций у алхимиков выглядели так:



► Какими химическими элементами образовано исходное вещество и продукты этой реакции?

Схема реакции дает возможность сделать важный вывод: *все химические элементы во время реакции сохраняются.*

**Закон сохранения массы веществ при химической реакции.** Общеизвестно, что после сжигания бумаги остается пепел, масса которого намного меньше массы бумаги. Если же сильно нагревать (прокаливать) порошок меди или медный предмет на воздухе, то обнаружим противоположное — масса вещества будет возрастать (металл покрывается черным налетом).

Осуществим оба химических превращения в закрытых сосудах. Результаты опытов будут другими. Взвесив закрытые сосуды с веществами до и после каждого эксперимента, обнаружим, что суммарная масса веществ в результате реакций не изменяется. Это впервые установил в середине XVIII в.



Выдающийся русский ученый, первый русский академик Петербургской академии наук. Разработал одну из теорий строения веществ (40-е годы XVIII в.). Открыл и сформулировал законы сохранения массы веществ и движения (1748—1760). Изучал химические свойства металлов, анализировал состав минералов, разработал способы получения минеральных красок, цветного стекла. Внес существенный вклад в развитие «химического языка». Автор книг по истории России, поэт, художник, геолог, географ, инженер, педагог. Один из основателей первого в России Московского университета.

русский ученый М. В. Ломоносов. Не зная об открытии Ломоносова, к аналогичному выводу пришел в 1789 г. французский ученый А.-Л. Лавуазье.

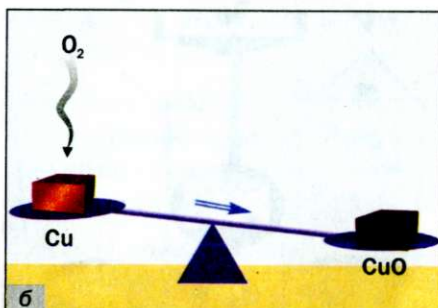
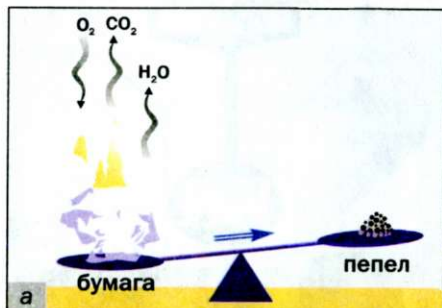
Ломоносов и Лавуазье открыли закон сохранения массы веществ при химической реакции. Он формулируется так:

**масса веществ, вступивших в химическую реакцию, равна массе веществ, образовавшихся в результате реакции.**

Объясним, почему массы пепла и прокаленной меди отличаются от масс бумаги и меди до ее нагревания.

**Рис. 48.**  
Реакции  
бумаги (а)  
и меди (б)  
с кислородом

В процессе горения бумаги принимает участие кислород, который содержится в воздухе (рис. 48, а). Следовательно, в реакцию вступают два вещества. Кроме пепла, образуются углекислый газ и вода



Антуан-Лоран Лавуазье  
(1743—1794)



Выдающийся французский химик, один из основателей научной химии. Академик Парижской академии наук. Ввел в химию количественные (точные) методы исследования. Экспериментально определил состав воздуха и доказал, что горение — это реакция вещества с кислородом, а вода — соединение Гидрогена с Оксигеном (1774—1777). Составил первую таблицу простых веществ (1789), предложив фактически классификацию химических элементов. Независимо от М. В. Ломоносова открыл закон сохранения массы веществ при химических реакциях.

(в виде пара), которые попадают в воздух и рассеиваются. Их масса превышает массу кислорода. Поэтому масса пепла меньше массы бумаги.

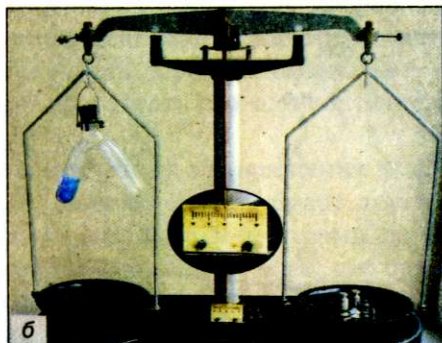
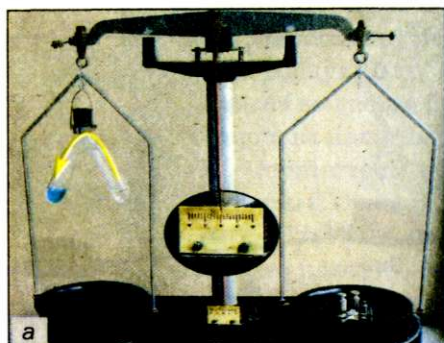
При нагревании меди кислород воздуха «соединяется» с ней (рис. 48, б). Металл превращается в вещество черного цвета (его формула —  $\text{CuO}$ , а название — купрум(II) оксид). Очевидно, что масса продукта реакции должна превышать массу меди.

Рис. 49.

Опыт, подтверждающий закон Ломоносова — Лавуазье:  
а — начало опыта;  
б — окончание опыта

► Прокомментируйте опыт, изображенный на рисунке 49, и сделайте вывод.

**Закон как форма научных знаний.** Открытие законов в химии, физике, других науках происходит после проведения учеными многих экспериментов и анализа полученных результатов.





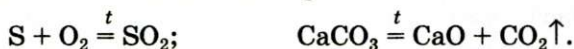
*Закон — это обобщение объективных, независимых от человека связей между явлениями, свойствами и т. д.*

Закон сохранения массы веществ при химической реакции — важнейший закон химии. Он распространяется на все превращения веществ, которые происходят и в лаборатории, и в природе.

Химические законы дают возможность прогнозировать свойства веществ и протекание химических реакций, регулировать процессы в химической технологии.

Для того чтобы объяснить закон, выдвигают гипотезы, которые проверяют с помощью соответствующих экспериментов. Если одна из гипотез подтверждается, на ее основе создают теорию. В старших классах вы ознакомитесь с несколькими теориями, которые разработали ученые-химики.

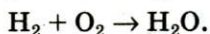
**Химическое уравнение.** Общая масса веществ при химической реакции не изменяется потому, что *атомы химических элементов во время реакции не возникают и не исчезают, а происходит только их перегруппировка.* Другими словами, количество атомов каждого элемента до реакции равно количеству его атомов после реакции. На это указывают схемы реакций, приведенные в начале параграфа. Заменяем в них стрелки между левыми и правыми частями на знаки равенства:



Такие записи называют *химическими уравнениями.*

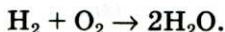
**Химическое уравнение — это запись химической реакции с помощью формул реагентов и продуктов, которая согласуется с законом сохранения массы веществ.**

Существует много схем реакций, которые не соответствуют закону Ломоносова — Лавуазье. Например, схема реакции образования воды:

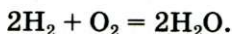


В обеих частях схемы содержится одинаковое количество атомов Гидрогена, но разное количество атомов Оксигена.

Превратим эту схему в химическое уравнение. Для того чтобы в правой части было 2 атома Оксигена, поставим перед формулой воды коэффициент 2:



Теперь справа стало четыре атома Гидрогена. Чтобы такое же количество атомов Гидрогена было и в левой части, запишем перед формулой водорода коэффициент 2. Получаем химическое уравнение:

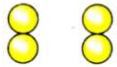
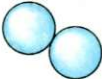
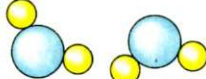


Таким образом, чтобы превратить схему реакции в химическое уравнение, нужно подобрать коэффициенты для каждого вещества (в случае необходимости), записать их перед химическими формулами и заменить стрелку на знак равенства.

Возможно, кто-то из вас составит такое уравнение:  $4\text{H}_2 + 2\text{O}_2 = 4\text{H}_2\text{O}$ . В нем левая и правая части содержат одинаковые количества атомов каждого элемента, но все коэффициенты можно уменьшить, разделив на 2. Это и следует сделать.

Ниже представлены различные способы записи рассмотренной реакции.

**Это интересно**  
Химическое уравнение имеет много общего с математическим.

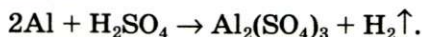
Словесная схема:	водород	+	кислород	→	вода
Химическая схема:	$\text{H}_2$	+	$\text{O}_2$	→	$\text{H}_2\text{O}$
Химическое уравнение:	$2\text{H}_2$	+	$\text{O}_2$	=	$2\text{H}_2\text{O}$
Изображение реакции с помощью моделей молекул:		+		=	
	две молекулы водорода		молекула кислорода		две молекулы воды

► Превратите схему реакции  $\text{Cu} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CuO}$  в химическое уравнение.

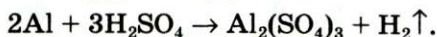
Выполним более сложное задание: превратим в химическое уравнение схему реакции



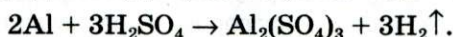
В левой части схемы — 1 атом Алюминия, а в правой — 2. Поставим перед формулой металла коэффициент 2:



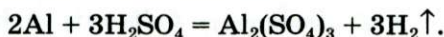
Атомов Сульфура справа в три раза больше, чем слева. Запишем в левой части перед формулой соединения Сульфура коэффициент 3:



Теперь в левой части количество атомов Гидрогена равно  $3 \cdot 2 = 6$ , а в правой — только 2. Для того чтобы и справа их было 6, поставим перед формулой водорода коэффициент 3 ( $6 : 2 = 3$ ):



Сопоставим количество атомов Оксигена в обеих частях схемы. Они одинаковы:  $3 \cdot 4 = 4 \cdot 3$ . Заменяем стрелку на знак равенства:



## ВЫВОДЫ

Химические реакции записывают с помощью схем реакций и химических уравнений.

Схема реакции содержит формулы реагентов и продуктов, а химическое уравнение — еще и коэффициенты.

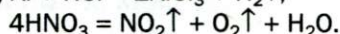
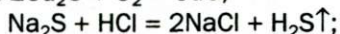
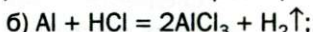
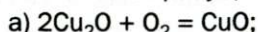
Химическое уравнение согласуется с законом сохранения массы веществ Ломоносова — Лавуазье: масса веществ, вступивших в химическую реакцию, равна массе веществ, образовавшихся в результате реакции.

Атомы химических элементов во время реакций не появляются и не исчезают, а происходит лишь их перегруппировка.

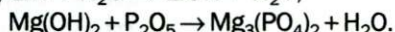
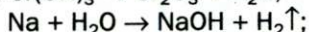
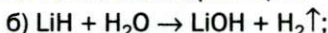
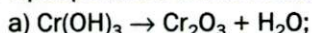
?

105. Чем отличается химическое уравнение от схемы реакции?

106. Расставьте пропущенные коэффициенты в записях реакций:

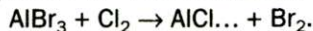
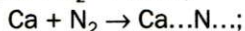
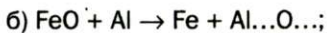
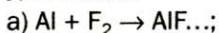


107. Превратите в химические уравнения такие схемы реакций:

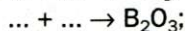




108. Составьте формулы продуктов реакций и соответствующие химические уравнения:

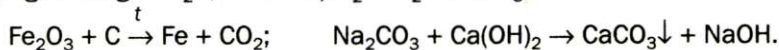
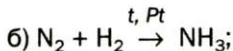
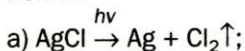


109. Вместо точек запишите формулы простых веществ и составьте химические уравнения:



Примите во внимание, что бор и углерод состоят из атомов; фтор, хлор, водород и кислород — из двухатомных молекул, а фосфор (белый) — из четырехатомных молекул.

110. Прокомментируйте схемы реакций и превратите их в химические уравнения:



111. Какая масса негашеной извести образовалась при длительном прокаливании 25 г мела, если известно, что выделилось 11 г углекислого газа?

## 15

## Как исследуют вещества и химические реакции

**Материал параграфа поможет вам:**

- подготовиться к эксперименту по изучению вещества или химической реакции;
- выяснить, какие свойства вещества называют химическими.

Химия — экспериментальная наука. Она не может существовать и развиваться без проведения разнообразных опытов с веществами.

**Химический эксперимент.** *Перед выполнением эксперимента* химик должен осознать его цель, найти в научной литературе и проанализировать сведения о соответствующих веществах и химических реакциях. Затем он составляет план эксперимента, определяет условия его осуществления, при необходимости вычисляет массы или объемы веществ, которые нужны для работы. *Во время опыта* ученый проводит наблюдения, измерения, а

их результаты и вычисления записывает в лабораторный журнал. После эксперимента он анализирует и объясняет полученные результаты, делает выводы.

**Исследование веществ.** На уроках химии вы будете работать с разными веществами. Вам необходимо уметь описывать их внешний вид, сравнивать с другими веществами, отличать одно вещество от другого. Некоторые навыки вы уже приобрели, выполнив практическую работу и лабораторные опыты.

Химики изучают прежде всего новые, только что полученные вещества. Если вещество содержит примеси, его очищают. Иногда исследуют известные вещества, чтобы подтвердить или уточнить сведения о них.

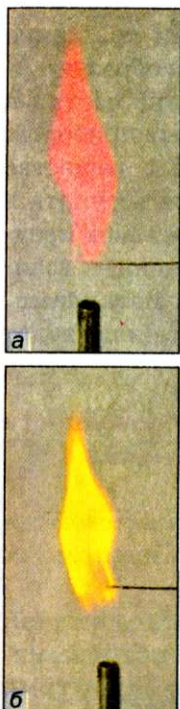
Изучая вещество, определяют:

- его физические свойства;
- качественный и количественный состав;
- внутреннее строение;
- химические свойства.

► Какие физические свойства веществ определяют визуально, а какие — соответствующими измерениями?

Вам известно, что установить качественный состав вещества означает выяснить, какими химическими элементами оно образовано.

Некоторые соответствующие опыты можно провести в химическом кабинете или даже дома. Если соединение содержит ионы Лития, Натрия, Калия, Кальция, Бария, Купрума, то оно окрашивает пламя в характерный цвет (рис. 50). Это используют в пиротехнике для создания зрелищных фейерверков.



**Рис. 50.**  
Окрашивание  
пламени  
химическими  
элементами:  
а — Литием;  
б — Натрием

## ЛАБОРАТОРНЫЙ ОПЫТ № 6

### Определение элемента в веществе по цвету пламени

Зажгите спиртовку. Погрузите в раствор поваренной соли стеклянную палочку и внесите ее в пламя. В какой цвет оно окрашивается?

После охлаждения палочки промойте ее в стакане с водой, погрузите в раствор купрум(II) хлорида  $\text{CuCl}_2$  и снова внесите в пламя. Что наблюдаете?

Погасите пламя спиртовки колпачком.

Какие элементы обнаружены вами в соединениях?

Внутреннее строение вещества, или то, какие частицы (атомы, молекулы, ионы) его образуют, а для твердого вещества — и размещение частиц в нем, исследуют с помощью специальных приборов.

На основании полученных знаний о веществе химик предсказывает его способность вступать в те или иные реакции, а затем проверяет свои предположения экспериментально. Он выясняет, взаимодействует ли вещество с водой, металлами, неметаллами, другими веществами, как ведет себя при нагревании.

**Свойства вещества, которые проявляются в его способности вступать в определенные реакции, называют химическими.**

Таким образом, *изучение химических свойств вещества является завершающим этапом его исследования.*

Некоторые вещества (например, металл натрий, неметалл фтор) называют химически активными. Они бурно взаимодействуют со многими другими веществами. Такие реакции могут сопровождаться воспламенением или взрывом. Существуют и химически пассивные вещества. Золото ни при каких условиях не взаимодействует с водой, кислородом, кислотами, а для неметалла гелия химические реакции вообще неизвестны.

*Химические свойства вещества зависят от его состава и внутреннего строения.*

Для многих веществ изучают их воздействие на живые организмы и определяют, вредными или полезными являются они для растений, животных, человека.

**Исследование химических реакций.** Представим, что вы получили задание — осуществить химическую реакцию между двумя веществами.



Обычно для этого достаточно смешать вещества, т. е. обеспечить *контакт их частиц*. Твердые вещества предварительно *измельчают* для увеличения поверхности контакта реагентов. Если твердое вещество реагирует с раствором другого, то их смесь желательно *перемешивать*. Тогда частицы веществ будут чаще сталкиваться, а вещества — активнее взаимодействовать.

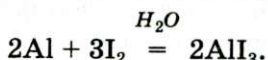
Изучая химическую реакцию, определяют:

- при каких условиях она происходит;
- быстро или медленно она протекает;
- полностью ли реагенты превращаются в продукты;
- происходят ли одновременно другие (побочные) реакции;
- выделяется или поглощается теплота во время реакции;
- каков состав продуктов реакции.

Химические превращения происходят в различных условиях. Одни вещества принимают участие в них как в чистом виде, так и в растворе, другие — только в определенном состоянии. Немало реакций начинается лишь при нагревании, а некоторые газы взаимодействуют между собой при повышенном давлении.

Иногда для осуществления реакции или ее ускорения к реагентам добавляют постороннее вещество — *катализатор*<sup>1</sup>. Действие катализатора можно продемонстрировать с помощью такого опыта. Если смешать порошки алюминия и иода, то никаких изменений мы не заметим. Добавление капли

воды (катализатор) к смеси вызывает бурную реакцию между простыми веществами (рис. 51):



Вам нужно научиться внимательно наблюдать за протеканием химической реакции, описывать все, что происходит с веществами.



**Рис. 51.**  
Взаимодействие алюминия с иодом

<sup>1</sup> Термин происходит от греческого слова *katalysis* — разрушение.

Во время экспериментов возможны ошибки. Они бывают случайными и систематическими. Случайные ошибки возникают из-за неточности записей в лабораторном журнале, невнимательности при взвешивании вещества, определении его объема. Систематические ошибки связаны с погрешностью приборов, наличием примесей в реактивах и обычно не влияют на результат эксперимента.

## ЛАБОРАТОРНЫЙ ОПЫТ № 7

### Исследование химической реакции

Насыпьте в пробирку немного порошка купрум(II) оксида  $\text{CuO}$  и добавьте 1—2 мл хлоридной кислоты  $\text{HCl}$ . Поставьте пробирку в штатив. Окрасилась ли жидкость после осаждения купрум(II) оксида? Через 5—7 мин. повторите наблюдение.

Зажгите спиртовку, закрепите пробирку в пробиркодержателе и осторожно нагрейте сначала всю пробирку, а потом — ту ее часть, в которой находятся вещества. Что наблюдаете?

Сделайте вывод о влиянии нагревания на протекание реакции.

Напишите уравнение реакции, учитывая, что ее продуктами являются купрум(II) хлорид  $\text{CuCl}_2$  и вода.

После проведения серии опытов ученый обнаруживает определенную закономерность. На основании многих закономерностей создается теория. Совокупность теорий является основой каждой науки.

### ВЫВОДЫ

Перед тем как исследовать вещество или химическую реакцию, нужно осознать цель эксперимента и тщательно подготовиться к его проведению.

Во время химического эксперимента наблюдают за веществами, протеканием реакции, осуществляют измерения. Результаты наблюдений и измерений, все вычисления, а также химические уравнения записывают в лабораторном журнале.

После окончания эксперимента формулируют выводы и планируют следующие эксперименты.

Каждое вещество обладает химическими свойствами, которые проявляются в его способности вступать в определенные химические реакции.





112. Какими должны быть ваши действия и их последовательность перед проведением химического эксперимента?
113. Что определяет химик, изучая: а) вещество; б) химическую реакцию?
114. Целесообразно ли ученому исследовать реакцию с участием раствора, приготовленного на водопроводной воде, а не на дистиллированной? Ответ обоснуйте.
115. Студент записал наблюдения во время эксперимента не в лабораторном журнале, а на листочках, вырванных из блокнота. Преподаватель посчитал это недостатком работы студента. Как вы думаете, почему?
116. Химику не удалось получить вещество. Он решил повторить опыт в таких же условиях. Другой химик предложил изменить условия эксперимента. Как объяснить решение первого химика и совет второго?
117. Какие ошибки случаются во время химических экспериментов и с чем они связаны?
118. Назовите общее химическое свойство парафина и бензина.
119. При освещении газов водорода и хлора никаких изменений с веществами не происходит, а их смесь в этих условиях взрывается. Как это объяснить? Напишите соответствующее химическое уравнение.
120. В результате нагревания 16 г меди с 4 г кислорода в закрытом сосуде образовалось 18 г купрум(II) оксида  $\text{CuO}$ . Какой вывод можно сделать на основании этих данных?

#### ЭКСПЕРИМЕНТИРУЕМ ДОМА

##### Исследование вещества

Рассмотрите питьевую соду. Каково агрегатное состояние этого вещества в обычных условиях, цвет, характер частиц?

Проверьте, растворяется ли питьевая сода в холодной воде.

Внесите немного питьевой соды на кончике ножа или на стальной проволоке в пламя газовой плиты. Является ли горючим это вещество? В какой цвет окрашивается пламя? О наличии какого элемента в веществе свидетельствует этот цвет?

Насыпьте небольшое количество питьевой соды в стакан и добавьте немного уксуса. Что наблюдаете?

##### Изучение химической реакции

Возьмите два одинаковых кусочка мела. Один из них измельчите в порошок. Поместите в один стакан кусочек мела, а в другой — порошок. Осторожно налейте в стаканы равные объемы уксуса. Что наблюдаете?

Какой фактор влияет на протекание этой реакции и как именно?

Результаты опытов, а также выводы запишите в тетрадь.



## 2 раздел

### Элементы Оксиген и Феррум. Простые вещества кислород и железо

В этом разделе будут рассмотрены неметаллический элемент Оксиген и металлический элемент Феррум. Они выбраны не случайно: эти элементы очень важны. Без простого вещества Оксигена — кислорода и соединения этого элемента с Гидрогеном — воды не могут существовать ни растения, ни животные, ни человек. Простое вещество Феррума железо является металлом, незаменимым для нашей цивилизации.

---

## 16 Оксиген. Кислород

---

В этом параграфе речь идет:

- о химическом элементе Оксигене;
- о распространенности Оксигена в природе;
- о кислороде — простом веществе Оксигена;
- о воздухе и его составе.

**Оксиген.** Это первый элемент, который вы будете подробно изучать. Из периодической системы Д. И. Менделеева можно получить такие сведения о нем:

- символ Оксигена — O;
- порядковый номер элемента — 8;
- Оксиген находится во 2-м периоде, в VI группе;
- относительная атомная масса элемента — 16 (точное значение — 15,999).

Значение порядкового номера элемента указывает на то, что атом Оксигена содержит 8 электронов, а заряд ядра атома равен +8.

Оксиген — неметаллический элемент, поскольку его простые вещества кислород  $O_2$  и озон  $O_3$  являются неметаллами.

Вам известно, что Оксиген имеет постоянное значение валентности — 2. Атом этого элемента легко присоединяет 2 электрона и превращается в простой ион  $O^{2-}$ . Такие ионы содержатся в бинарных соединениях Оксигена с металлическими элементами.

► Напишите формулы соединений Оксигена с Натрием, Кальцием, Фосфором. Укажите соединения, которые состоят из ионов.

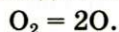
**Распространенность Оксигена в природе.** Оксиген — один из самых распространенных элементов на нашей планете. В земной коре его атомов больше, чем атомов любого другого элемента (§ 6). Атомы Оксигена содержатся в песке, глине, известняке, многих минералах. Оксиген — второй по распространенности в атмосфере (после Нитрогена) и в гидросфере (после Гидрогена).

Атомы Оксигена входят в состав молекул многих веществ, находящихся в живых организмах (белков, жиров, крахмала и пр.). В теле взрослого человека массовая доля этого элемента составляет примерно 65 %.

**Кислород.** Важнейшее простое вещество Оксигена — кислород. Этот газ необходим для дыхания; он поддерживает горение.

Формула кислорода вам известна —  $O_2$ . Это вещество содержит молекулы, состоящие из двух атомов Оксигена.

Молекула кислорода достаточно устойчива. Но под действием электрического разряда или ультрафиолетовых лучей, а также при температуре выше  $2000^\circ C$  она распадается на атомы:



Кислород — компонент воздуха, природной смеси газов. На него приходится приблизительно  $1/5$

**Это интересно**  
Организм взрослого мужчины ежедневно потребляет приблизительно 900 г кислорода, а женщины — 600 г.

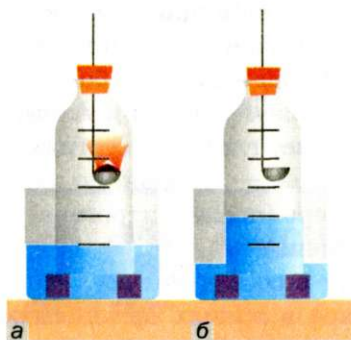
объема воздуха. Состав сухого воздуха<sup>1</sup>, не содержащего случайных примесей, приведен в таблице 3.

Таблица 3

Состав воздуха

Газ, компонент воздуха		Доля в воздухе, %	
Название	Формула	объемная*	массовая
Азот	N <sub>2</sub>	78,09	75,51
Кислород	O <sub>2</sub>	20,95	23,15
Аргон	Ar	0,93	1,28
Углекислый газ	CO <sub>2</sub>	0,037	0,056
Другие газы		менее 0,002	менее 0,003

\* Объемная доля вещества в смеси — отношение объема вещества к объему смеси. Объемную долю обозначают греческой буквой  $\phi$  (фи).

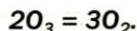


**Рис. 52.**  
Определение  
объемной доли  
кислорода  
в воздухе  
сжиганием  
фосфора:  
а — начало опыта;  
б — окончание  
опыта

Определить объемную долю кислорода в воздухе можно экспериментально. Для этого нужны стеклянная бутылка без дна с пробкой и кристаллизатор с водой. В пробку вставляют ложку для сжигания, в которую набрано немного красного фосфора. Его поджигают, быстро вносят в бутылку и плотно закрывают ее пробкой (рис. 52). Когда горение фосфора прекратится, вода займет примерно  $1/5$  часть объема бутылки. Этот объем занимал в воздухе кислород, который вступил в реакцию с фосфором.

Кислород содержится не только в атмосфере. Небольшое его количество вместе с другими газами воздуха растворено в природной воде.

Существует еще одно простое вещество Оксигена — озон O<sub>3</sub>. Это бесцветный сильнотоксичный газ с резким запахом. Он очень неустойчив и постепенно превращается в кислород:



Озон содержится в атмосфере в незначительном количестве; его объемная доля не превышает

<sup>1</sup> Воздух содержит еще и примесь водяного пара, обуславливающего его влажность.



0,0004 %. Распадаясь, он поглощает часть ультрафиолетовых лучей солнечного света, вредную для растений и животных, и тем самым оберегает природу.

**Это интересно**  
Жидкий кислород, как и железо, притягивается к магниту.

**Физические свойства кислорода.** В обычных условиях кислород — бесцветный газ, который не имеет запаха и вкуса. При охлаждении до  $-183^{\circ}\text{C}$  превращается в голубую жидкость, которая при температуре  $-219^{\circ}\text{C}$  затвердевает, образуя синие кристаллы. Кислород в 1,1 раза тяжелее воздуха. Он плохо растворяется в воде, но этого достаточно для существования в природных водоемах рыб, других живых существ, которые дышат растворенным кислородом.

## ВЫВОДЫ

Оксиген — неметаллический элемент. В природе распространено его простое вещество кислород, а также вода и другие соединения. На кислород приходится немногим более  $1/5$  объема воздуха.

Кислород — газ без запаха и вкуса, необходимый для дыхания; он поддерживает горение.

?

121. Составьте предложения, вставив вместо точек слова «Оксиген» или «кислород» в соответствующих падежах: а) ... — простое вещество ...; б) вода образована *Гидрогеном* и ...; в) молекула ... состоит из двух атомов ...; г) в результате фотосинтеза растения поглощают углекислый газ, а выделяют ...
122. Сколько всего электронов содержит ион  $\text{O}^{2-}$ ?
123. В каких природных веществах содержится Оксиген? Есть ли среди них простые, сложные вещества? Какие из них входят в состав атмосферы, гидросферы, литосферы?
124. Составьте формулы соединений Оксигена с учетом указанных валентностей элементов:  $\overset{\text{I}}{\text{Cl}}\dots\text{O}\dots$ ,  $\overset{\text{III}}{\text{As}}\dots\text{O}\dots$ ,  $\overset{\text{IV}}{\text{N}}\dots\text{O}\dots$ ,  $\overset{\text{VI}}{\text{Se}}\dots\text{O}\dots$ ,  $\overset{\text{VII}}{\text{I}}\dots\text{O}\dots$
125. Составьте формулу соединения элемента с Оксигеном, содержащего ионы: а)  $\text{Cr}^{3+}$ ; б)  $\text{Li}^{+}$ ; в)  $\text{Mg}^{2+}$ .
126. Найдите массовую долю Оксигена: а) в углекислом газе  $\text{CO}_2$ ; б) в метиловом спирте  $\text{CH}_3\text{OH}$ ; в) в гашеной извести  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ; г) в глюкозе  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ .

127. Вычислите массу кислорода в 10 л воздуха, если плотность воздуха составляет 1,29 г/л. Дополнительные сведения, необходимые для решения задачи, возьмите из таблицы 3.
128. Относительная молекулярная масса соединения Сульфура с Оксигеном вдвое больше относительной молекулярной массы кислорода. Найдите формулу соединения.

## 17 Получение кислорода

В этом параграфе речь идет:

- об открытии кислорода;
- о получении кислорода в промышленности и лаборатории;
- о реакциях разложения.

**Открытие кислорода.** Кислород был открыт во второй половине XVIII в. несколькими учеными разных стран. Первым этот газ получил шведский химик К.-В. Шееле в 1772 г., а через два года, не зная об опытах предшественника, — английский химик Дж. Пристли. В 1775 г. французский ученый А.-Л. Лавуазье исследовал кислород и дал ему название *oxygene*.

Кислород можно обнаружить с помощью тлеющей лучинки. Лучинка, помещенная в сосуд с этим газом, ярко вспыхивает (рис. 53).

**Рис. 53.**  
Обнаружение  
кислорода:  
а — тлеющая  
лучинка  
на воздухе;  
б — возгорание  
лучинки  
в кислороде





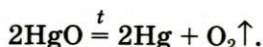
**Получение кислорода в промышленности.** Неисчерпаемым источником кислорода является воздух. Чтобы получить из него кислород, следует отделить этот газ от азота и других газов. На такой идее основан промышленный метод получения кислорода. Его реализуют, используя специальную, достаточно громоздкую аппаратуру. Сначала воздух сильно охлаждают до превращения его в жидкость. Затем температуру сжиженного воздуха постепенно повышают. Первым из него начинает выделяться газ азот (температура кипения жидкого азота составляет  $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), а жидкость обогащается кислородом (температура кипения кислорода  $-183\text{ }^{\circ}\text{C}$ ).

**Получение кислорода в лаборатории.** Лабораторные методы получения кислорода основаны на химических реакциях.

Дж. Пристли получал этот газ из соединения, название которого — меркурий(II) оксид. Ученый использовал стеклянную линзу, с помощью которой фокусировал на веществе солнечный свет.

В современном исполнении этот опыт изображен на рисунке 54. При нагревании меркурий(II) оксид (порошок желтого цвета) превращается в ртуть и кислород. Ртуть выделяется в газообразном состоянии и конденсируется на стенках пробирки в виде серебристых капель. Кислород собирается над водой во второй пробирке.

Соответствующее химическое уравнение:



Сейчас метод Пристли не используют, поскольку пары ртути токсичны. Кислород получают с помощью других реакций, подобных рассмотренной. Они, как правило, происходят при нагревании.

**Реакции, при которых из одного вещества образуются несколько других, называют реакциями разложения.**

Для получения кислорода в лаборатории используют такие оксигенсодержащие соединения:



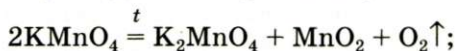
**Рис. 54.**

Получение  
кислорода  
нагреванием  
меркурий(II)  
оксида

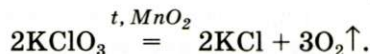


*Знать* → горение угля и фосфор

- калий перманганат  $\text{KMnO}_4$  (бытовое название — марганцовка; вещество является распространенным дезинфицирующим средством)



- калий хлорат  $\text{KClO}_3$  (тривиальное название — бертолетова соль, в честь французского химика конца XVIII — начала XIX в. К.-Л. Бертолле)



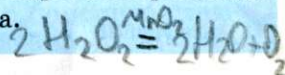
*Марганец* Небольшое количество катализатора — манган(IV) оксида  $\text{MnO}_2$  — добавляют к калий хлорату для того, чтобы разложение соединения происходило с выделением кислорода<sup>1</sup>.

## ЛАБОРАТОРНЫЙ ОПЫТ № 8

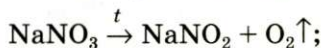
### Получение кислорода разложением гидроген пероксида $\text{H}_2\text{O}_2$

*Знать* Налейте в пробирку 2 мл раствора гидроген пероксида (традиционное название этого вещества — перекись водорода). Зажгите длинную лучинку и погасите ее (как вы это делаете со спичкой), чтобы она едва тлела. Насыпьте в пробирку с раствором гидроген пероксида немного катализатора — черного порошка манган(IV) оксида. Наблюдайте бурное выделение газа. С помощью тлеющей лучинки убедитесь в том, что этот газ — кислород.

Составьте уравнение реакции разложения гидроген пероксида, если вторым продуктом реакции является вода.



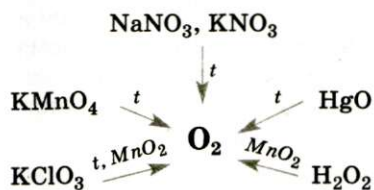
В лаборатории кислород можно также получить разложением натрий нитрата  $\text{NaNO}_3$  или калий нитрата  $\text{KNO}_3$ <sup>2</sup>. Соединения при нагревании сначала плавятся, а затем разлагаются:



<sup>1</sup> При нагревании соединения без катализатора происходит другая реакция:  $4\text{KClO}_3 \xrightarrow{t} \text{KCl} + 3\text{KClO}_4$ .

<sup>2</sup> Эти вещества используют в качестве удобрений. Их общее название — селитры.

► Превратите схемы реакций в химические уравнения.

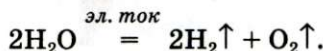


#### Схема 7.

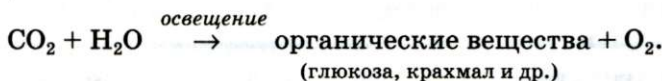
Лабораторные методы  
получения кислорода

Сведения о том, как получают кислород в лаборатории, собраны в схеме 7.

Кислород вместе с водородом являются продуктами разложения воды под действием электрического тока:



В природе кислород образуется вследствие фотосинтеза в зеленых листьях растений. Упрощенная схема этого процесса такова:



### ВЫВОДЫ

Кислород был открыт в конце XVIII в. несколькими учеными.

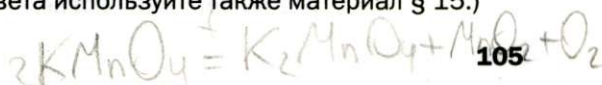
Кислород получают в промышленности из воздуха, а в лаборатории — с помощью реакций разложения некоторых оксигенсодержащих соединений. Во время реакции разложения из одного вещества образуются два или более веществ.

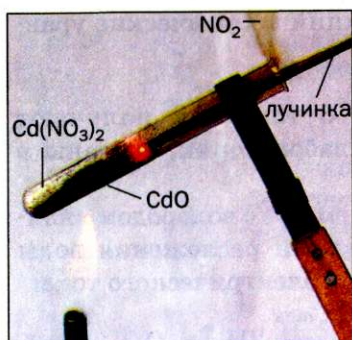


129. Как получают кислород в промышленности? Почему для этого не используют калий перманганат или водород пероксид?
130. Какие реакции называют реакциями разложения?
131. Превратите в химические уравнения такие схемы реакций:
 

$\text{a) Ag}_2\text{O} \xrightarrow{t} \text{Ag} + \text{O}_2\uparrow;$   
 $\text{Mn}_2\text{O}_7 \xrightarrow{t} \text{MnO}_2 + \text{O}_2\uparrow;$   
 $\text{NO}_2 \xrightarrow{t} \text{NO} + \text{O}_2;$

$\text{б) Cu(NO}_3)_2 \xrightarrow{t} \text{CuO} + \text{NO}_2\uparrow + \text{O}_2\uparrow;$   
 $\text{AgNO}_3 \xrightarrow{t} \text{Ag} + \text{NO}_2\uparrow + \text{O}_2\uparrow;$   
 $\text{Ag}_2\text{CO}_3 \xrightarrow{t} \text{Ag} + \text{CO}_2\uparrow + \text{O}_2\uparrow.$
132. Что такое катализатор? Как он может влиять на протекание химических реакций? (Для ответа используйте также материал § 15.)





**Рис. 55.**  
Разложение вещества  
при нагревании

133. На рисунке 55 изображен момент разложения белого твердого вещества, которое имеет формулу  $\text{Cd}(\text{NO}_3)_2$ . Внимательно рассмотрите рисунок и опишите все, что происходит во время реакции. Почему вспыхивает тлеющая лучинка? Составьте соответствующее химическое уравнение.
134. Массовая доля Оксигена в остатке после нагревания калий нитрата  $\text{KNO}_3$  составила 40 %. Полностью ли разложилось это соединение?

## 18 Химические свойства кислорода. Оксиды

В этом параграфе речь идет:

- о реакциях кислорода с простыми и сложными веществами;
- о реакциях соединения;
- о соединениях, которые называют оксидами.

Химические свойства каждого вещества проявляются в химических реакциях при его участии.

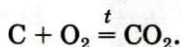
Кислород — один из наиболее активных неметаллов. Но в обычных условиях он реагирует с немногими веществами. Его реакционная способность существенно возрастает с повышением температуры.

**Реакции кислорода с простыми веществами.** Кислород реагирует, как правило, при нагревании, с большинством неметаллов и почти со всеми металлами.

**Реакция с углем (углеродом).** Известно, что уголь, нагретый на воздухе до высокой температуры, загорается. Это свидетельствует о протекании химической реакции вещества с кислородом. Теплоту, которая выделяется при этом, используют, например, для обогрева домов в сельской местности.



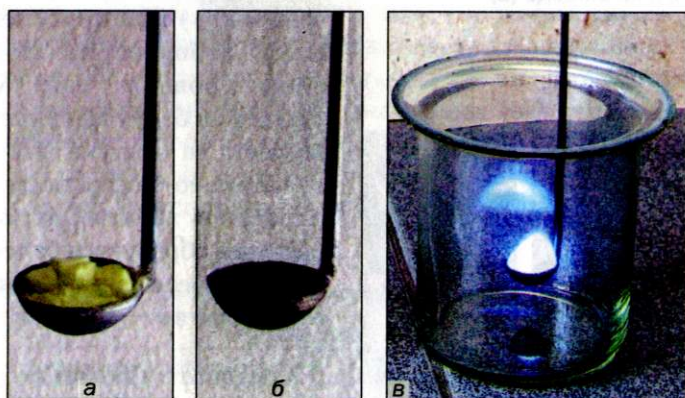
Основным продуктом сгорания угля является углекислый газ. Его химическая формула —  $\text{CO}_2$ . Уголь — смесь многих веществ. Массовая доля Карбона в нем превышает 80 %. Считая, что уголь состоит только из атомов Карбона, напомним соответствующее химическое уравнение:



Карбон образует простые вещества — графит и алмаз. Они имеют общее название — углерод — и взаимодействуют с кислородом при нагревании согласно приведенному химическому уравнению<sup>1</sup>.

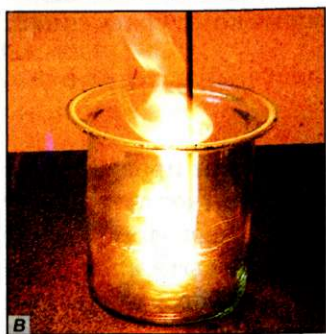
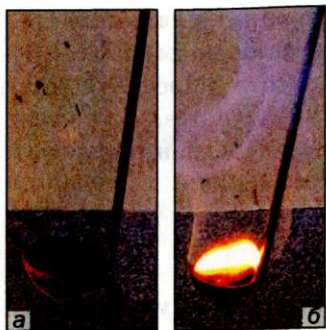
**Реакции, при которых из нескольких веществ образуется одно, называют реакциями соединения.**

**Реакция с серой.** Это химическое превращение осуществляет каждый, когда зажигает спичку; сера входит в состав ее головки. В лаборатории реакцию серы с кислородом проводят в вытяжном шкафу. Небольшое количество серы (светло-желтый порошок или кристаллы) нагревают в железной ложке. Вещество сначала плавится, потом загорается в результате взаимодействия с кислородом воздуха и горит едва заметным синим пламенем (рис. 56, б). Появляется резкий запах продукта



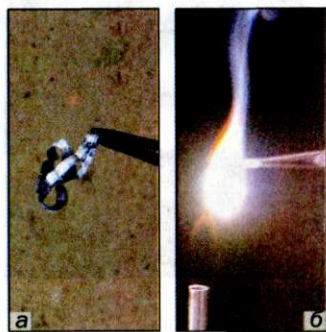
**Рис. 56.**  
Сера (а)  
и ее горение  
на воздухе (б) и  
в кислороде (в)

<sup>1</sup> В случае недостаточного количества кислорода образуется другое соединение Карбона с Оксигеном — угарный газ  $\text{CO}$ :  $2\text{C} + \text{O}_2 \xrightarrow{t} 2\text{CO}$ .



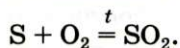
**Рис. 57.**

Красный фосфор (а)  
и его горение  
на воздухе (б)  
и в кислороде (в)



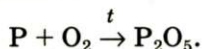
**Рис. 58.** Магний (а)  
и его горение на воздухе (б)

реакции — сернистого газа (этот запах мы ощущаем в момент загорания спички). Химическая формула сернистого газа —  $\text{SO}_2$ , а уравнение реакции —



Если ложку с горячей серой поместить в сосуд с кислородом, то сера будет гореть более ярким пламенем, чем на воздухе (рис. 56, в). Это можно объяснить тем, что молекул  $\text{O}_2$  в чистом кислороде больше, чем в воздухе.

**Реакция с фосфором.** Фосфор, как и сера, горит в кислороде интенсивнее, чем на воздухе (рис. 57). Продуктом реакции является белое твердое вещество — фосфор(V) оксид (его мелкие частицы образуют дым):



► Превратите схему реакции в химическое уравнение.

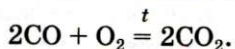
**Реакция с магнием.** Раньше эту реакцию использовали фотографы для создания яркого освещения («магниевая вспышка») при фотосъемке. В химической лаборатории соответствующий опыт проводят так. Металлическим пинцетом берут магниевую ленту и поджигают на воздухе. Магний сгорает ослепительно-белым пламенем (рис. 58, б); *смотреть на него нельзя!* В результате реакции образуется белое твердое вещество. Это соединение Магния с Кислородом; его название — магний оксид.

► Составьте уравнение реакции магния с кислородом.

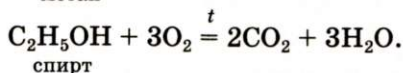
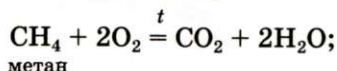
**Реакции кислорода со сложными веществами.** Кислород может взаимодействовать с некоторыми оксигенсодержа-



щими соединениями. Например, угарный газ CO горит на воздухе с образованием углекислого газа:



Немало реакций кислорода со сложными веществами мы осуществляем в повседневной жизни, сжигая природный газ (метан), спирт, древесину, бумагу, керосин и др. При их горении образуются углекислый газ и водяной пар:



**Оксиды.** Продуктами всех реакций, рассмотренных в параграфе, являются бинарные соединения элементов с Оксигеном.

**Соединение, образованное двумя элементами, одним из которых является Оксиген, называют оксидом.**

Общая формула оксидов —  $\text{E}_n\text{O}_m$ .

Каждый оксид имеет химическое название, а некоторые — еще и традиционные, или тривиальные<sup>1</sup>, названия (табл. 4). Химическое название оксида состоит из двух слов. Первым словом является название соответствующего элемента, а вторым — слово «оксид». Если элемент имеет переменную валентность, то он может образовывать несколько оксидов. Их названия должны отличаться. Для этого после названия элемента указывают (без отступа) римской цифрой в скобках значение его валентности в оксиде. Пример такого названия соединения: купрум(II) оксид (читается «купрум-два-оксид»).

Таблица 4

**Формулы и названия некоторых оксидов**

Формула	Название	
	традиционное (тривиальное)	химическое
CaO	Негашеная известь	Кальций оксид
CO <sub>2</sub>	Углекислый газ	Карбон(IV) оксид
CO	Угарный газ	Карбон(II) оксид

<sup>1</sup> Термин происходит от латинского слова *trivialis* — обыкновенный.



## ВЫВОДЫ

**Кислород — химически активное вещество. Он взаимодействует с большинством простых веществ, а также со сложными веществами. Продуктами таких реакций являются соединения элементов с Оксигеном — оксиды.**

**Реакции, при которых из нескольких веществ образуется одно, называют реакциями соединения.**



135. Чем различаются реакции соединения и разложения?
136. Превратите схемы реакций в химические уравнения:  
а)  $\text{Li} + \text{O}_2 \rightarrow \text{Li}_2\text{O}$ ;      б)  $\text{SO}_2 + \text{O}_2 \rightarrow \text{SO}_3$ ;  
     $\text{N}_2 + \text{O}_2 \rightarrow \text{NO}$ ;       $\text{CrO} + \text{O}_2 \rightarrow \text{Cr}_2\text{O}_3$ .
137. Выберите среди приведенных формул те, которые отвечают оксидам:  $\text{O}_2$ ,  $\text{NaOH}$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{I}_2\text{O}_5$ ,  $\text{FeO}$ .
138. Дайте химические названия оксидам с такими формулами:  $\text{NO}$ ,  $\text{Ti}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Cu}_2\text{O}$ ,  $\text{MnO}_2$ ,  $\text{Cl}_2\text{O}_7$ ,  $\text{V}_2\text{O}_5$ ,  $\text{CrO}_3$ . Примите во внимание, что элементы, которые образуют эти оксиды, имеют переменную валентность.
139. Запишите формулы: а) плюмбум(IV) оксида; б) хром(III) оксида; в) хлор(I) оксида; г) азот(IV) оксида; д) осмий(VIII) оксида.
140. Допишите формулы простых веществ в схемах реакций и составьте химические уравнения:  
а)  $\dots + \dots \rightarrow \text{CaO}$ ;      б)  $\text{NO} + \dots \rightarrow \text{NO}_2$ ;  
     $\dots + \dots \rightarrow \text{As}_2\text{O}_3$ ;       $\text{Mn}_2\text{O}_3 + \dots \rightarrow \text{MnO}_2$ .
141. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить такие «цепочки» превращений, т. е. из первого вещества получить второе, из второго — третье:  
а)  $\text{C} \rightarrow \text{CO} \rightarrow \text{CO}_2$ ;  
б)  $\text{P} \rightarrow \text{P}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{P}_2\text{O}_5$ ;  
в)  $\text{Cu} \rightarrow \text{Cu}_2\text{O} \rightarrow \text{CuO}$ .
142. Составьте уравнения реакций, которые происходят при горении на воздухе ацетона  $(\text{CH}_3)_2\text{CO}$  и эфира  $(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{O}$ . Продуктами каждой реакции являются углекислый газ и вода.
143. Массовая доля Оксигена в оксиде  $\text{EO}_2$  равна 26 %. Определите элемент E.
144. Две колбы заполнены кислородом. После их герметизации в одной колбе сожгли избыток магния, а в другой — избыток серы. В какой колбе образовался вакуум? Ответ объясните.

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 3

### Получение кислорода и изучение его свойств

Перед выполнением работы внимательно прочитайте правила работы и техники безопасности в химическом кабинете (с. 14—15, 22). Вспомните, как следует обращаться со спиртовкой, сухим горючим, как нагревать вещества в пробирках. В случае необходимости прочитайте соответствующий текст на с. 18—19, 21 учебника.

**Будьте осторожны в обращении с огнем.**

#### ОПЫТ 1

#### Получение кислорода нагреванием калий перманганата



**Рис. 59.**

Прибор для получения газа



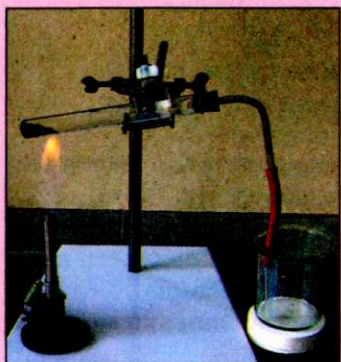
**Рис. 60.** Проверка прибора  
на герметичность

**Сборка прибора.** Прибор для получения газа состоит из пробирки и резиновой пробки с отверстием, в которое вставлена согнутая стеклянная трубка (ее называют газоотводной). Соберите его (рис. 59). Для этого плотно закройте пробирку пробкой с газоотводной трубкой, будто вкручивая ее. Не прилагайте излишних усилий, чтобы не треснуло стекло.

Проверьте прибор на герметичность. В небольшой стакан налейте воды до половины его объема. Конец газоотводной трубки погрузите в воду и согрейте пробирку рукой (рис. 60). Если соединения пробирки, пробки и газоотводной трубки герметичны, то через несколько секунд из трубки начнут выходить пузырьки воздуха. (Объясните этот эффект.) Если воздух из трубки не выделяется, то следует разъединить части прибора, а затем снова соединить их. Можно заменить пробирку или пробку с газоотводной трубкой на другие — большего или меньшего размера.

Насыпьте в пробирку кристаллический порошок калий перманганата





**Рис. 61.**  
Получение кислорода

слоем в 1,5—2 см. Поместите в нее, поближе к отверстию, комочек ваты, чтобы твердое вещество во время опыта оставалось в пробирке. Закройте пробирку пробкой с газоотводной трубкой и закрепите ее в штативе с помощью лапки. Поставьте возле прибора небольшой химический стакан и опустите свободный конец газоотводной трубки почти до его дна (рис. 61).

**Проведение реакции.** Начните нагревать пробирку с калий перманганатом. Сначала равномерно прогрейте всю пробирку, а потом нагревайте ту ее часть, где находится вещество. Периодически проверяйте полноту заполнения стакана кислородом с помощью тлеющей лучинки. Когда стакан заполнится кислородом, накройте его стеклянной или керамической пластинкой.

## ОПЫТ 2

### Реакция между кислородом и углеродом

Возьмите пинцетом кусочек древесного угля и раскалите его в пламени. Потом быстро внесите уголек в стакан с кислородом. Что наблюдаете?

Свои действия, наблюдения, выводы, а также уравнения реакций разложения калий перманганата и взаимодействия кислорода с углеродом запишите в таблицу:

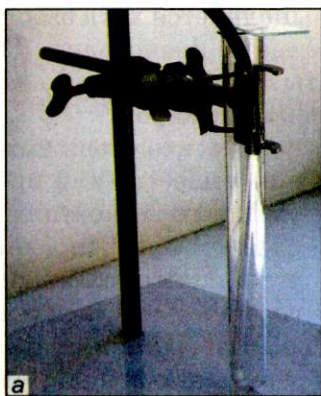
№ опыта	Последовательность действий	Наблюдения	Выводы
Уравнения реакций:			

?

145. На рисунке 62 изображены способы собирания кислорода. Благодаря каким свойствам кислорода можно использовать каждый способ?
146. Объясните, почему раскаленный уголек неодинаково ведет себя на воздухе и в кислороде.



**Рис. 62.**  
**Собирание**  
**кислорода:**  
а — вытесне-  
нием воздуха;  
б — вытесне-  
нием воды



## 19 Горение. Окисление

В этом параграфе речь идет:

- о горении и окислении;
- об условиях возникновения и прекращения горения.

**Горение.** Рассмотренные в предыдущем параграфе реакции с участием кислорода сопровождаются одинаковыми внешними эффектами.

**Химическую реакцию, во время которой выделяется теплота и появляется пламя, называют *горением*.**

Пламя возникает вследствие свечения раскаленных частиц веществ, которые сгорают или образуются во время реакции.

Для того чтобы горючее вещество воспламенилось, необходимы такие условия:

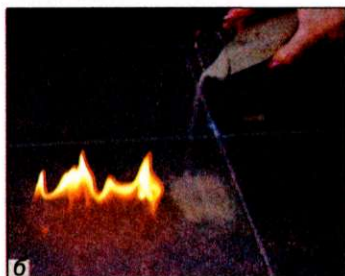
- наличие кислорода (воздуха);
- нагревание вещества до температуры самовозгорания (для бензина она составляет  $220\text{ }^{\circ}\text{C}$ , сухой древесины —  $250\text{--}300\text{ }^{\circ}\text{C}$ , бумаги —  $440\text{ }^{\circ}\text{C}$ , угля — свыше  $600\text{ }^{\circ}\text{C}$ ).

**Это интересно**  
Кислород поддерживает горение веществ, но сам не горит.

Если не выполняется хотя бы одно из этих условий, то горение не происходит. Это учитывают во время работы с огнеопасными веществами, а также при тушении пожаров.

Погасить огонь можно, залив горящее вещество или предмет водой, засыпав его песком или землей, накрыв одеялом или направив на него струю углекислого газа (он не поддерживает горения и тяжелее воздуха) (рис. 63).

В лабораториях, на предприятиях с этой целью используют огнетушители (рис. 64).



**Рис. 63.**

Гашение  
пламени:

а — водой;

б — песком;

в — углекислым газом



► Какие условия, необходимые для горения, будут устранены в каждом способе гашения огня?



**Рис. 64.**

Огнетушитель (а) и его использование (б)

**Окисление.** Взаимодействие веществ с кислородом не всегда сопровождается их горением. Большинство таких реакций происходят медленно, иногда — незаметно. Вещество, которое взаимодействует с кислородом, подвергается *окислению*, т. е. изменяется при участии кислорода.



## ЛАБОРАТОРНЫЙ ОПЫТ № 9

### Реакция кислорода с медью

Нагрейте на воздухе с помощью спиртовки медную проволоку (или пластинку) с очищенной до блеска поверхностью. Наблюдайте изменение темно-красного («медного») цвета металла на темно-серый или черный вследствие образования на металле пленки продукта реакции меди с кислородом. Это соединение Купрума и Оксигена; его название — купрум(II) оксид.

Составьте формулу соединения и напишите соответствующее химическое уравнение.

В отличие от меди алюминий реагирует с кислородом даже без нагревания с образованием на его поверхности очень тонкой бесцветной пленки соединения Алюминия с Оксигеном — алюминий оксида.

► Составьте соответствующее химическое уравнение.

Эта реакция быстро и незаметно происходит во время выплавки металла или его механической обработки, но сразу же прекращается, поскольку пленка оксида защищает поверхность алюминия от дальнейшего воздействия кислорода. Наличие оксидной пленки можно подтвердить экспериментально. Если конец алюминиевой проволоки нагреть до температуры, превышающей температуру плавления металла ( $660^{\circ}\text{C}$ ), то алюминий, расплавившись, не потечет, а повиснет в «мешочке» из пленки оксида (рис. 65).



**Рис. 65.**  
Сильно нагретая  
алюминиевая  
проволока

Медленным окислением веществ обусловлено появление ржавчины на железе, прокисание молока, прогоркание масла, порча многих других продуктов питания.

Реакции веществ с кислородом, которые не сопровождаются горением, используют в цветной металлургии, химической промышленности.

Кислород, поступаая через легкие в организм животного или человека, окисляет различные вещества, в том числе и те, которые постоянно поступают вместе с пищей.



## ВЫВОДЫ

При взаимодействии некоторых веществ с кислородом происходит их горение — химическое превращение с выделением теплоты и появлением пламени.

Условиями, необходимыми для горения, являются наличие кислорода и достижение веществом определенной температуры. Для того чтобы погасить пламя, необходимо устранить хотя бы одно из этих условий.

Любую реакцию вещества с кислородом называют окислением. Многие из таких реакций происходят медленно и не сопровождаются появлением пламени.



147. Какое явление называют горением? Назовите условия, необходимые для протекания этого процесса.
148. Можно ли считать, что в электрической лампочке происходит горение металлической (вольфрамовой) нити? Почему?
149. Какие существуют способы гашения пламени?
150. Из представленного перечня свойств вещества выберите те, которые делают его пригодным для гашения пламени: а) жидкое состояние при обычных условиях; б) негорючесть; в) безопасность для окружающей среды.
151. Сопоставьте термины «горение» и «окисление» и укажите, какой из них является более общим. Ответ аргументируйте.
152. Расставьте пропущенные коэффициенты в записях реакций горения:  
а)  $2\text{H}_2\text{S} + \text{O}_2 = \text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ ;      б)  $4\text{NH}_3 + \text{O}_2 = \text{N}_2 + \text{H}_2\text{O}$ ;  
в)  $2\text{CH}_3\text{OH} + \text{O}_2 = \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ .
153. В трех сосудах без этикеток находятся воздух, кислород и углекислый газ. Как можно определить содержимое каждого сосуда?

### ЭКСПЕРИМЕНТИРУЕМ ДОМА

#### Гашение пламени

На дно стакана насыпьте чайную ложку пищевой соды и добавьте 2—3 столовые ложки уксуса. Сразу начинается реакция с бурным выделением углекислого газа. После того как она закончится (через 2—3 мин.), зажгите закрепленную на проволоке спичку и медленно опустите ее в стакан. Что наблюдаете?

# 20

## Круговорот Оксигена в природе. Применение кислорода

В этом параграфе речь идет:

- о круговороте Оксигена в природе;
- об использовании кислорода;
- о биологической роли кислорода.

Каждое мгновение на Земле происходит множество физических и химических превращений. Эти изменения в природе являются циклическими, т. е. периодически повторяющимися.

Часть изменений, которые происходят с веществами на планете, обусловлена химическими реакциями.

**Совокупность процессов, происходящих в природе, при которых атомы или ионы элемента в результате реакций переходят от одних веществ к другим, называют круговоротом элемента.**

**Круговорот Оксигена.** Если главным веществом в круговороте Оксигена выбрать кислород, то можно выделить такие звенья круговорота (схема 8):

- расходование, или связывание, кислорода (процессы дыхания, сгорания топлива и горючего, окисление различных веществ в природе, в технологических процессах);
- взаимопревращение оксигенсодержащих соединений;

**Схема 8.**  
Круговорот  
Оксигена  
(основные  
звенья)



- образование кислорода (процесс фотосинтеза, разложение воды в верхних слоях атмосферы).

Неизменность содержания кислорода в атмосфере свидетельствует о том, что процессы связывания и выделения кислорода компенсируют друг друга.

Оксиген способствует круговороту других элементов, поскольку образует с ними многочисленные соединения.

**Применение кислорода.** Кислород используют в различных отраслях, причем в больших количествах (схема 9). В металлургии он ускоряет процесс выплавки стали и улучшает ее качество. Этот газ необходим в производстве многих химических соединений, используется в специальных устройствах для резки и сварки металлов (водородно-кислородные, ацетиленово-кислородные горелки). Баллоны, наполненные кислородом (рис. 66) или

**Схема 9.**  
Применение  
кислорода



**Рис. 66.**  
Баллон  
с кислородом

его смесью с инертным газом гелием, используют космонавты, военные летчики, пожарники, водолазы. Кислородные подушки применяют при некоторых заболеваниях для облегчения дыхания. С помощью сжиженного кислорода создают необходимые условия для сгорания горючего в космических ракетах.

Широко используется и кислород, входящий в состав воздуха. При его участии сгорает топливо на теплоэлектростанциях, горючее в двигателях автомобилей, обжигают металлические руды на заводах цветной металлургии.



**Это интересно**  
Отравление угарным газом CO происходит потому, что он реагирует с гемоглобином, и поступление кислорода в организм прекращается.

Во время сжигания топлива и горючего образуется и попадает в воздух значительное количество угарного (CO) и сернистого (SO<sub>2</sub>) газов. Эти вещества негативно влияют на растения, вызывают и обостряют болезни у людей. Поэтому в каждой стране работу промышленности, энергетики, транспорта организуют так, чтобы уменьшить количество вредных выбросов в атмосферу. Охрана воздуха от техногенных загрязнений является важным государственным делом.

**Биологическая роль кислорода.** Кислород необходим живым существам для дыхания. Попадая через легкие в организм, этот газ соединяется с гемоглобином (компонент крови) и поступает во все органы и ткани. При участии кислорода происходят различные реакции. Некоторые из них сопровождаются выделением теплоты; благодаря этому поддерживается постоянная температура тела.

## ВЫВОДЫ

В природе атомы Оксигена в результате химических реакций постоянно переходят от одних веществ к другим; происходит круговорот этого элемента.

Кислород широко используется в промышленности, технике, медицине, а в составе воздуха — в теплоэнергетике, автотранспорте, других областях.

Кислород необходим живым существам. Попадая в организм во время дыхания, он принимает участие во многих химических реакциях. Кислород также является продуктом фотосинтеза.



154. Как вы понимаете термин «круговорот»?
155. Напишите два-три уравнения реакций, при которых происходит связывание кислорода.
156. Какие меры должно предпринимать человечество для сохранения баланса кислорода в атмосфере?
157. Известно, что вместо определенного объема кислорода, потребляемого при дыхании, в воздух поступает такой же объем углекислого газа. Определите объемную долю кислорода в выдыхаемом воздухе, если объемная доля углекислого газа в нем составляет 5 %.

В этом параграфе речь идет:

- о химическом элементе Ферруме и его распространенности в природе;
- о железе и его свойствах;
- о защите железа от коррозии;
- о применении железа.

**Феррум.** Это один из важнейших металлических элементов. Его простое вещество — металл железо — человек использует уже несколько тысячелетий. Без железа и его сплавов нельзя представить современную жизнь. Соединения Феррума играют особую роль в живой природе.

- ▶ Охарактеризуйте положение Феррума в периодической системе, укажите относительную атомную массу элемента, порядковый номер, заряд ядра атома и количество электронов в атоме.

Атом Феррума может потерять 2 электрона и превратиться в ион  $\text{Fe}^{2+}$ . Возможна потеря атомом еще и третьего электрона. В этом случае образуется ион  $\text{Fe}^{3+}$ . Ионы  $\text{Fe}^{2+}$  содержатся в соединениях Феррума(II), а  $\text{Fe}^{3+}$  — в соединениях Феррума(III).

- ▶ Составьте формулы соответствующих оксидов Феррума.

**Распространенность Феррума в природе.** По распространенности в *земной коре* Феррум разделяет с Кальцием 6—7-е места (в каждой тысяче атомов содержится по 18 атомов этих элементов).

Известно много природных соединений Феррума. Соединения Феррума с Оксигеном — красный, магнитный и бурый железняки — являются сырьем для получения железа; это железные руды. Свыше 14 % их разведанных запасов находится в Украине. Криворожское месторождение — одно из крупнейших в мире.



**Это интересно**  
По утверждениям ученых, железо вместе с никелем образуют ядро нашей планеты.

**Это интересно**  
В организме взрослого человека содержится 3—5 г Феррума.

Кроме соединений Феррума, в природе иногда встречается метеоритное железо.

Небольшое количество Феррума содержится в *природной воде* (в виде ионов  $\text{Fe}^{2+}$ ). При ее кипячении на стенках сосуда образуется накипь, которая имеет желтоватый оттенок из-за примеси соединений Феррума.

В *живых существах* Феррума очень мало. Ионы  $\text{Fe}^{2+}$  входят в состав гемоглобина крови. Это соединение «переносит» кислород от легких к живым тканям, а часть углекислого газа — от тканей к легким. Благодаря наличию Феррума гемоглобин, а следовательно, и кровь, имеют красный цвет. Недостаточное количество этого элемента в организме служит причиной малокровия. Поэтому рекомендуют чаще употреблять в пищу богатые на Феррум гречку, яблоки, свеклу, зеленые овощи.

**Железо.** Феррум образует простое вещество — железо. Из этого металла изготавливали орудия труда и оружие за тысячи лет до нашей эры. Тогда человек использовал метеоритное железо, а позднее научился получать металл из руды.

**Физические свойства железа.** Железо — серовато-серебристый пластичный металл, который плавится при температуре  $1539^\circ\text{C}$ , притягивается магнитом. Образует много сплавов с различными металлами.

## ЛАБОРАТОРНЫЙ ОПЫТ № 10

### Изучение физических свойств железа

Рассмотрите выданные вам железные предметы — гвозди, скрепки или кнопки. Опишите внешний вид металла.

Поместите железный предмет в стакан с водой. Железо тяжелее или легче воды? Растворяется ли этот металл в воде?

Выясните, притягивается ли железо магнитом.

Закрепите железный предмет в щипцах или пробиркодержателе и нагревайте в пламени спиртовки (сухого горючего). Удастся ли расплавить железо в таких условиях?

Запишите результаты экспериментов.

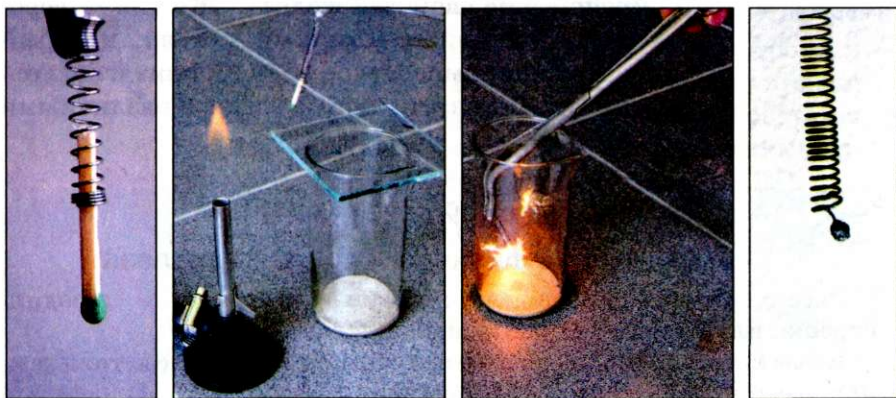
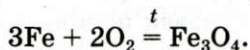
**Химические свойства.** Железо проявляет в химических реакциях достаточную активность, но она меняется в зависимости



от размера частиц и наличия примесей. Так, в очень измельченном состоянии этот металл самовозгорается на воздухе. Довольно чистое железо (например, метеоритное) не ржавеет.

В отличие от кислорода, который реагирует почти со всеми простыми веществами, железо взаимодействует только с неметаллами<sup>1</sup>.

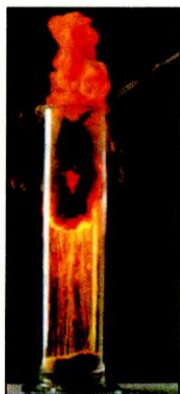
**Реакции с неметаллами.** При сильном нагревании на воздухе железо раскаляется и медленно окисляется, а в чистом кислороде горит. Очень эффективным является опыт по сжиганию лезвия или стальной пружинки (рис. 67). На пружинке закрепляют спичку (напротив ее головки) и зажимают ее в лабораторных щипцах. Спичку, опущенную головкой вниз, поджигают. Когда пламя достигнет пружинки, ее сразу переносят в стакан с кислородом. Дно сосуда заранее засыпают слоем песка, чтобы на стекло не попали капли расплавленного металла. Пружинка сгорает в кислороде, разбрасывая искры во все стороны (это напоминает сварку металла):



**Рис. 67.**  
Горение  
стальной  
пружинки  
в кислороде

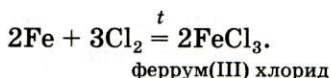
Формулу продукта реакции можно записать и так:  $\text{FeO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ . Эта запись свидетельствует о том, что вещество является соединением двух оксидов Феррума, а не их смесью. Химическое название соединения — феррум(II, III) оксид, а тривиальное —

<sup>1</sup> Реакции между металлами не происходят.

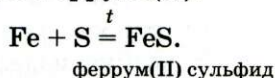


**Рис. 68.**  
Горение  
железа в хлоре

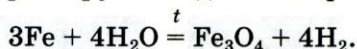
железная окалина. Железо сгорает и в газе хлоре (рис. 68):



Если нагреть смесь порошков железа и серы, то при определенной температуре начинается реакция, которая происходит с выделением значительного количества теплоты. Продуктом реакции является соединение Феррума(II):



**Реакция с водой.** Железо при высокой температуре может взаимодействовать с водой (раскаленный металл реагирует с водяным паром):



Раньше с помощью этой реакции получали в промышленности водород.

**Ржавление (коррозия) железа.** С водой железо реагирует и в обычных условиях, но очень медленно и с участием кислорода. В результате на поверхности металла образуется коричневый или желто-бурый налет — ржавчина. Разрушение железа под действием воды и кислорода называют *ржавлением*, или *коррозией*.

Используя для ржавчины формулу  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ , запишем уравнение реакции:



Ежегодно из-за коррозии теряется примерно 1/5 всего произведенного металла (рис. 69, а). Для предотвращения разрушения железа его смазывают специаль-



**Рис. 69.**  
Коррозия железа:  
а — бочка, которую  
«съела» ржавчина;  
б — ржавая  
проволока,  
на которой закреп-  
лена оцинкованная  
железная сетка



ными смазочными маслами, покрывают красками, лаками, керамическими эмалями, слоем другого металла, устойчивого к коррозии, — никеля, хрома, цинка (рис. 69, б).

Полностью исключает коррозию замена железа нержавеющей сталью — сплавом железа с хромом и никелем.

**Применение железа.** Наверное, нет такой отрасли производства или потребления, где бы не использовались чугун и сталь — важнейшие сплавы на основе железа. Из чугуна отливают металлические изделия различного назначения, а из стали изготавливают арматуру, рельсы, трубы, инструменты, транспорт, оружие, военную технику, промышленное оборудование и т. п. (схема 10).

**Схема 10.**  
Применение  
железа



## ВЫВОДЫ

**Феррум** — металлический элемент; его простое вещество — металл железо.

Кроме атомов Феррума, существуют ионы  $\text{Fe}^{2+}$  и  $\text{Fe}^{3+}$ , которые входят в состав соединений Феррума(II) и Феррума(III).

Феррум широко распространен в литосфере. Природные соединения этого элемента с Оксигеном являются железными рудами.



**Железо** — тугоплавкий металл, который притягивается магнитом, вступает в реакции с активными неметаллами, реагирует с водой, в частности при наличии кислорода.

Химическое превращение железа при участии кислорода и воды называют ржавлением, или коррозией.

Для предотвращения коррозии изделия из железа покрывают красками, лаками, смазочными маслами или слоем другого металла. Часто вместо железа используют нержавеющую сталь — сплав железа с хромом и никелем.

Сплавы на основе железа, прежде всего чугун и сталь, широко используют в промышленности, технике, других отраслях.

?

158. Подготовьте небольшой доклад на одну из таких тем: а) «Биологическая роль Феррума»; б) «Элемент Феррум на планете Земля»; в) «Важнейшие сплавы железа».
159. Сколько электронов содержат ионы  $\text{Fe}^{2+}$  и  $\text{Fe}^{3+}$ ?
160. Напишите формулы соединений Феррума с Флуором, которые содержат ионы  $\text{Fe}^{2+}$  и  $\text{Fe}^{3+}$ .  *$\text{FeF}_2$   $\text{FeF}_3$*
161. Вычислите массовые доли Феррума в соединениях: а)  $\text{FeO}$ ; б)  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ; в)  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ .
162. Превратите схемы реакций в химические уравнения:  
 $\text{FeO} + \text{O}_2 \xrightarrow{t} \text{Fe}_2\text{O}_3$ ;  $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Fe} \xrightarrow{t} \text{Fe}_3\text{O}_4$ .
163. Замените названия веществ химическими формулами и превратите схемы реакций в химические уравнения:  
а) феррум(II) оксид + кислород  $\xrightarrow{t}$  феррум(II, III) оксид;  
б) феррум(II, III) оксид + железо  $\xrightarrow{t}$  феррум(II) оксид.
164. Какая масса железа прореагировала с 8 г серы, если образовалось 22 г соединения  $\text{FeS}$ ?
165. В сплаве железа с марганцем массовая доля марганца равна 10 %, а примесей — 2 %. Вычислите массу железа, которая содержится в 20 г сплава.
166. При нагревании 11,2 г железа с 6,4 г серы образовалось 13,2 г феррум(II) сульфида. Какой вывод можно сделать на основании результатов эксперимента?
167. В нержавеющей стали на каждые 10 атомов Феррума приходится 3 атома Хрома и 1 атом Никеля. Вычислите массовые доли металлов в этой стали.

### Ржавление железа

Докажем, что ржавление железа происходит при одновременном участии воды (водяного пара) и кислорода, а также ускоряется в растворе поваренной соли.

Для опыта возьмите пять одинаковых чистых гвоздей длиной 2—3 см, кнопок или скрепок и четыре аптечные бутылочки емкостью 100 мл с пробками.

В первую бутылочку налейте водопроводной воды до половины объема, в другую — столько же свежeproкипяченной и охлажденной воды, в третью — такой же объем раствора поваренной соли в водопроводной воде, а в четвертую — воды слоем в 2—3 мм.

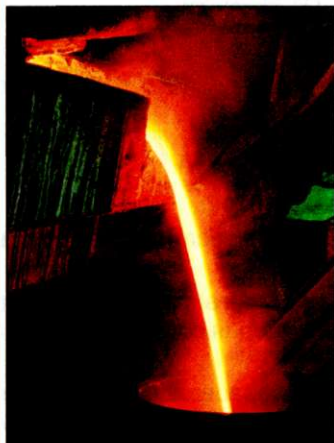
В первые три бутылочки с жидкостью погрузите по одному железному предмету, а в четвертой подвесьте предмет на нитке, чтобы он не касался воды. Все бутылочки закройте пробками. Пятый предмет положите возле бутылочек на чистый лист бумаги.

Дважды в день рассматривайте железные предметы. Какой из них начинает ржаветь первым, а какой — последним? На всех ли предметах появляется ржавчина?

Объясните результаты эксперимента и сделайте выводы. Примите во внимание, что из воды во время кипения выделяется растворенный воздух, а над водой всегда существует водяной пар.

ДЛЯ ЛЮБОЗНАТЕЛЬНЫХ

### О чугуне и стали



**Рис. 70.**  
Разливка стали

И чугун, и сталь можно упрощенно считать железом, содержащим примеси. Оба вещества различаются прежде всего внешним видом (сравните чугунную сковороду со стальной). Чугун — сероватый, со слабым металлическим блеском, а сталь — светлая и блестящая.

Примесей в чугуне больше, чем в обычной стали. Они придают чугуну твердость, хрупкость. А сталь нехрупкая и поддается механической обработке.

Чугун получают из железной руды с помощью химических реакций, а сталь — переплавкой чугуна в определенных условиях (рис. 70). Отрасль промышленности по производству чугуна и стали называют черной металлургией. По объему ее продукции Украина занимает одно из ведущих мест в мире.

## Послесловие

Вот и закончился учебный год. Надеемся, что вам было интересно изучать новый предмет — химию.

Знакомство с этой наукой расширило ваши представления о природе. Вы узнали, что вещества испытывают превращения, которые называются химическими реакциями. Все вещества образованы химическими элементами — определенными видами атомов. Сейчас известны 115 химических элементов.

В течение учебного года вы провели немало опытов с веществами в школьном химическом кабинете, а возможно, и дома, наблюдали за протеканием химических реакций, научились решать простейшие задачи по химии, записывать химические формулы и уравнения.

Уроков химии в 8 классе будет вдвое больше. Это поможет вам овладеть новыми знаниями, сформировать новые умения и навыки.

Желаем каждому из вас, теперь уже восьмикласснику, успехов в изучении химии, незабываемых впечатлений и удовольствия от проведенных химических опытов.



# Ответы к задачам и упражнениям

## 1 раздел

### Первоначальные химические понятия

30. Чистых веществ — 4, однородных смесей — 2, неоднородных — 4.  
32. Кофе — растворимый или молотый.  
33. Можно. Необходимо выпарить из раствора воду, но не полностью.  
47. 3; 9.  
55.  $m_a(\text{Be}) = 1,5 \cdot 10^{-23}$  г.  
72. а) совокупность двух ионов  $\text{Na}^+$  и одного иона  $\text{CO}_3^{2-}$ ;  
в) совокупность двух атомов Бора и трех атомов Оксигена.  
73. Таких веществ — 6.  
90.  $\text{MgF}_2$ .  
97.  $m(\text{соединения}) = 200$  г.  
98.  $m(\text{H}) = 0,96$  г.

## 2 раздел

### Элементы Оксиген и Феррум.

### Простые вещества кислород и железо

126. г)  $w(\text{O}) = 53,3 \%$ .  
127.  $m(\text{O}_2) = 2,99$  г.  
134. Нет.  
143. E — Цирконий.  
144. В первой колбе.  
158.  $\varphi(\text{O}_2) = 16 \%$ .  
165.  $m(\text{Fe}) = 17,6$  г.  
167.  $w(\text{Fe}) = 72,3 \%$ ;  $w(\text{Cr}) = 20,1 \%$ ;  $w(\text{Ni}) = 7,6 \%$ .

# Словарик химических терминов

*Атом* — мельчайшая электронейтральная частица вещества, которая состоит из положительно заряженного ядра и отрицательно заряженных электронов, движущихся вокруг него.

*Атомная единица массы* (сокращенно — а. е. м.) — единица измерения массы мельчайших частиц вещества, которая составляет  $\frac{1}{12}$  массы атома Карбона.

*Бинарное соединение* — вещество, образованное двумя элементами.

*Валентность* — способность атома соединяться с определенным количеством таких же или других атомов.

*Вещество* — то, из чего состоит физическое тело (любой предмет).

*Горение* — химическая реакция, при которой выделяется теплота и появляется пламя.

*Графическая формула* — формула, в которой с помощью черточек показан порядок соединения атомов в молекуле.

*Группа* — вертикальный столбик периодической системы.

*Ион* — заряженная частица, образованная в результате потери атомом или присоединения к нему одного или нескольких электронов.

*Катализатор* — вещество, ускоряющее химическую реакцию.

*Компонент* — вещество, составная часть смеси.

*Кристалл* — природное физическое тело, которое имеет плоские грани (поверхности) и прямые ребра (стыки граней).

*Круговорот элемента* — совокупность процессов в природе, при которых атомы или ионы элемента в результате химических реакций переходят от одних веществ к другим.

*Массовая доля элемента в соединении* — отношение массы элемента к соответствующей массе соединения.

*Материал* — вещество, которое используют для изготовления различных предметов, оборудования, строительных конструкций, художественных изделий и пр.

*Молекула* — электронейтральная частица, которая состоит из двух или большего числа соединенных атомов.

*Неоднородная смесь* — смесь, в которой вещества можно обнаружить наблюдением.

*Однородная смесь* — смесь, в которой вещества нельзя обнаружить наблюдением.

*Окисление* — химическая реакция вещества с кислородом.

*Оксид* — соединение, образованное двумя элементами, одним из которых является Оксиген.

*Органические вещества* — соединения Карбона (с некоторыми исключениями).

*Относительная атомная масса элемента* — отношение массы атома элемента к атомной единице массы ( $\frac{1}{12}$  массы атома Карбона).

*Относительная молекулярная масса* — отношение массы молекулы к атомной единице массы ( $\frac{1}{12}$  массы атома Карбона).

*Относительная формульная масса* — относительная масса формульной единицы вещества.

*Перегонка, или дистилляция*, — метод разделения жидких смесей с помощью нагревания до температур кипения веществ в специальной установке.

*Период* — горизонтальная строка периодической системы.

*Периодическая система химических элементов* — таблица, в которой элементы расположены по возрастанию заряда ядер атомов.

*Порядковый номер химического элемента* — номер клетки периодической системы, в которой находится элемент.

*Простое вещество* — вещество, образованное одним химическим элементом.

*Реагент* — вещество, которое вступает в химическую реакцию.

*Реакция разложения* — реакция, в результате которой из одного вещества образуется несколько других веществ.

*Реакция соединения* — реакция, в результате которой из нескольких веществ образуется одно вещество.

*Ржавление* — химическая реакция железа с кислородом и водой.



*Свойства вещества* — признаки, по которым вещество отличается от другого или подобно ему.

*Сложное вещество* — вещество, образованное несколькими химическими элементами.

*Схема химической реакции* — запись реакции с помощью химических формул реагентов и продуктов.

*Физические свойства вещества* — свойства, которые можно определить наблюдением или измерением, без превращения вещества в другое.

*Физическое явление* — явление, при котором вещество не превращается в другое.

*Формульная единица* — наименьший повторяющийся фрагмент строения вещества, его мельчайший «кирпичик».

*Фотосинтез* — процесс превращения углекислого газа и воды в листьях растений в органические вещества и кислород под действием солнечного света.

*Химическая формула* — обозначение атома, молекулы, иона или вещества с помощью символов элементов и индексов.

*Химические свойства вещества* — свойства, которые характеризуют способность вещества вступать в определенные химические реакции.

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

*Химическое уравнение* — запись химической реакции с помощью формул реагентов и продуктов, отвечающая закону сохранения массы веществ.

*Химическое явление, или химическая реакция*, — явление, при котором вещество (несколько веществ) превращается в другое (другие).

*Химия* — наука о веществах и их превращениях.

*Электрон* — отрицательно заряженная частица, составная часть атома.

*Ядро атома* — положительно заряженная составная часть атома, расположенная в его центре.

## Предметный указатель

## A

Агрегатные состояния 29  
Атом 42  
Атомная единица массы 51

## Б

### Бинарное соединение 68

## B

Валентность 66  
 Вещество 28  
     аморфное 30  
     кристаллическое 30  
     неорганическое 58  
     органическое 58  
     простое 54  
     сложное *см.* Химическое  
                     соединение  
 Воздух 99—100

## Г

Горение 113  
Группа (периодической системы) 45

## Д

Дистилляция см. Перегонка

## Ж

**Железо 121**  
применение 124  
физические свойства 121  
химические свойства 121

## 3

## Закон сохранения массы веществ при химической реакции 86—87

## И

Индекс 61  
Ион 42

**К**

Катализатор 95, 104  
Кислород 99  
    биологическая роль 119  
    обнаружение 102  
    открытие 102  
    получение 103  
    применение 118  
    физические свойства 101  
    химические свойства 106

Компонент 35  
Коррозия *см.* Ржавление  
Коэффициент 63  
Кристалл 30  
Круговорот элемента 117

## M

Массовая доля элемента  
в соединении 75  
Материал 28—29  
Металлические  
элементы 54  
Металлы 54  
Молекула 56

## Н

Неметаллические элементы 54  
Неметаллы 55

## О

Озон 99, 100  
Окисление 114—115  
Оксиген 98  
    круговорот 117  
    распространенность 47, 99  
Оксид 109  
Относительная атомная  
    масса 50—51  
Относительная молекулярная  
    масса 71  
Относительная формульная  
    масса 71—72

## П

Перегонка 38—39  
Период 45  
Периодическая система  
    химических элементов 45  
Порядковый номер  
    химического элемента 45—46

## Р

Распространенность  
    химических элементов 46  
Раствор 36  
Реагент 79  
Реакция  
    разложения 103  
    соединения 107  
Ржавление 123

## С

Свойства вещества 30  
    физические 30  
    химические 94

## Смесь

    неоднородная 36  
    однородная 35  
Состав вещества (частицы)  
    качественный 64  
    количественный 64  
Сталь 124, 126  
Схема химической реакции 85

## Ф

Феррум 120  
    биологическая роль 121  
    распространенность 120  
Физическое тело 28  
Формула  
    графическая 67  
    химическая 61  
Формульная единица 63  
Фотосинтез 6, 105

## Х

Химическая реакция 79  
Химический элемент 43  
Химическое соединение 54, 57  
Химическое уравнение 89  
Химия 5

## Ч

Чугун 124, 126

## Э

Экология 7  
Электрон 42

## Я

Явление  
    физическое 78—79  
    химическое *см.* Химическая  
        реакция  
Ядро атома 42



# Содержание

Дорогие семиклассники! .....	3
------------------------------	---

## Введение

§ 1. Что такое химия .....	5
§ 2. Как возникла и развивалась наука химия .....	10
§ 3. Правила работы и техники безопасности в химическом кабинете. Лабораторная посуда, оборудование и их использование .....	13
Практическая работа № 1. Строение пламени. Простейшие операции в химическом эксперименте .....	24

## 1 раздел

### Первоначальные химические понятия

§ 4. Вещества и их свойства .....	27
<i>Экспериментируем дома. Свойства     некоторых продуктов питания .....</i>	34
§ 5. Чистые вещества и смеси .....	34
<i>Экспериментируем дома. Отстаивание.     Разделение смеси трех твердых веществ .....</i>	41
§ 6. Атомы. Ионы. Химические элементы .....	41
<i>Для любознательных. Химические элементы     в живой природе .....</i>	49
§ 7. Масса атома. Относительная атомная масса .....	50
§ 8. Простые и сложные вещества. Типы простых веществ: металлы и неметаллы .....	53
§ 9. Химические формулы .....	61
§ 10. Валентность химических элементов .....	66
<i>На досуге. «Конструируем» молекулы .....</i>	71

§ 11. Относительная молекулярная и относительная формульная массы .....	71
§ 12. Массовая доля элемента в сложном веществе .....	74
§ 13. Физические и химические явления (химические реакции) .....	78
<i>Экспериментируем дома. Внешние эффекты при химических реакциях</i> .....	83
Практическая работа № 2. Исследование физических и химических явлений .....	83
§ 14. Схема химической реакции. Закон сохранения массы вещества при химической реакции. Химическое уравнение .....	85
§ 15. Как исследуют вещества и химические реакции .....	92
<i>Экспериментируем дома. Исследование вещества. Изучение химической реакции</i> .....	97

## 2 раздел

### Элементы Оксиген и Феррум.

### Простые вещества кислород и железо

§ 16. Оксиген. Кислород .....	98
§ 17. Получение кислорода .....	102
§ 18. Химические свойства кислорода. Оксиды .....	106
Практическая работа № 3. Получение кислорода и изучение его свойств .....	111
§ 19. Горение. Окисление .....	113
<i>Экспериментируем дома. Гашение пламени</i> .....	116
§ 20. Круговорот Оксигена в природе. Применение кислорода .....	117
§ 21. Феррум. Железо .....	120
<i>Экспериментируем дома. Ржавление железа</i> .....	126
<i>Для любознательных. О чугуне и стали</i> .....	126
Послесловие .....	127
Ответы к задачам и упражнениям .....	128
Словарик химических терминов .....	129
Предметный указатель .....	132

П57

**Попель П. П., Крикля Л. С.**

**Хімія: Підруч. для 7 кл. загальноосвіт. навч. закл. — К.: ВЦ «Академія», 2007. — 136 с.: іл.**

**ISBN 978-966-580-238-9**

Підручник підготовлено за програмою з хімії для 7—11 класів загальноосвітніх навчальних закладів. У ньому розглянуто матеріал із розділів «Початкові хімічні поняття» та «Елементи Оксиген і Ферум. Прості речовини кисень і залізо». Містить практичні роботи, лабораторні досліди, запитання, вправи, задачі, завдання для домашнього експерименту, додатковий матеріал для допитливих, а також словничок хімічних термінів і предметний покажчик.

**ББК 24.1я 721**

Навчальне видання

ПОПЕЛЬ Павло Петрович  
КРИКЛЯ Людмила Сергіївна

## **ХІМІЯ**

Підручник для 7 класу  
загальноосвітніх навчальних закладів  
(російською мовою)

Рекомендовано Міністерством освіти і науки України

Видано за державні кошти.  
Продаж заборонено

Редактор В. М. Грабовська  
Технічний редактор Т. І. Семченко  
Коректор В. П. Мусійченко  
Художнє оформлення В. М. Штогриня  
Комп'ютерна верстка В. П. Богуславця

Підписано до друку  
з оригінал-макета 10.07.2007.  
Формат 60×90/16. Папір офс. № 1.  
Гарнітура Шкільна. Друк офсетний.  
Ум.-друк. арк. 8,5. Ум. фарбовідб. 35,5.  
Обл.-вид. арк. 6,1. Зам. 7-491.  
Наклад 70 500 прим.

Видавничий центр «Академія»  
04119, м. Київ-119, а/с 37.  
Тел./факс: (044) 483-12-11; 456-84-63.  
E-mail: [academia-pc@svitonline.com](mailto:academia-pc@svitonline.com)  
Свідоцтво: серія ДК № 555 від 03.08.2001 р.

ВАТ «Поліграфкнига»  
03057, м. Київ, вул. Довженка, 3.