



О. С. Габриелян  
И. Г. Остроумов  
А. К. Ахлебинин

# ХИМИЯ

ВВОДНЫЙ  
КУРС

7  
КЛАСС



ДРОФА

О. С. Габриелян  
И. Г. Остроумов  
А. К. Ахлебинин

# ХИМИЯ

## ВВОДНЫЙ КУРС

7

**КЛАСС**



*Учебное пособие*

7-е издание, стереотипное

МОСКВА



**ДРОФА**

2013

УДК 373.167.1:54

ББК 24.1я72

Г12

**Габриелян, О. С.**

**Г12** Химия. Вводный курс. 7 класс : учеб. пособие / О. С. Габриелян, И. Г. Остроумов, А. К. Ахлебинин. — 7-е изд., стереотип. — М. : Дрофа, 2013. — 159, [1] с. : ил.

**ISBN 978-5-358-11010-6**

Учебное пособие готовит учащихся к восприятию нового предмета, базируется на изучении веществ и химических процессов, знакомых школьникам из повседневной жизни, с минимальным использованием химических формул, уравнений, реакций и расчетных задач. Данное пособие дополняет учебно-методический комплект О. С. Габриеляна.

**УДК 373.167.1:54**

**ББК 24.1я72**

**ISBN 978-5-358-11010-6**

© ООО «Дрофа», 2006

# ХИМИЯ В ЦЕНТРЕ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ



- Химия как часть естествознания. Предмет химии.
- Наблюдение и эксперимент как методы изучения естествознания и химии.
- Практическая работа № 1.  
Знакомство с лабораторным оборудованием.  
Правила техники безопасности.
- Практическая работа № 2.  
Наблюдение за горящей свечой.  
Устройство и работа спиртовки.
- Моделирование.
- Химические знаки и формулы.
- Химия и физика.
- Агрегатные состояния веществ.
- Химия и география.
- Химия и биология.
- Качественные реакции в химии.

## § 1. ХИМИЯ КАК ЧАСТЬ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ. ПРЕДМЕТ ХИМИИ

Человек связан с окружающим миром тысячами незримых нитей, и сам является частью его. Природа дает все необходимое для жизни человека, обеспечивает его повседневные потребности, дарит несказанное удовольствие от общения с ней.

Однако взаимоотношения человека с окружающей средой складываются очень непросто. С одной стороны, человек восторгается природой и воспевает ее в стихах, отражает природу на превосходных картинах и фотографиях (рис. 1).

С другой стороны, рост экологических проблем — печальная расплата за многочисленные промахи и ошибки человека: выруб-



Рис. 1. «Как прекрасен этот мир, посмотри!»



**Рис. 2.** А вот так выглядит прекрасный мир в результате деятельности человека: а – вырубка леса; б – отравление атмосферы промышленными выбросами; в – загрязнение водоемов; г – превращенная в свалку лесная поляна

ку лесов, истребление животных, загрязнение окружающей среды промышленными и бытовыми отходами и др. (рис. 2).

Чтобы взаимоотношения человека и природы были добрыми и гармоничными, необходимо знать и понимать ее, бережно к ней относиться, разумно и рационально использовать природные богатства. Пониманию окружающего мира, знанию законов его существования призваны обучать предметы естествознания: биология, география, химия, физика (рис. 3). С некоторыми из них вы уже познакомились на предыдущих этапах обучения в школе.

В этом году вы начинаете изучать физику. И только через год, в 8 классе будете знакомиться еще с одним учебным предметом — химией.

## ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ

### БИОЛОГИЯ



### ГЕОГРАФИЯ



### ХИМИЯ



### ФИЗИКА



Рис. 3. Биология, география, физика, химия относятся к естественным наукам

**Химия — это наука о веществах, их строении, свойствах и превращениях одних веществ в другие.**

Все окружающие нас предметы принято называть **физическими телами**, а то, из чего они состоят, — **веществами** (рис. 4).

Всякое *тело* имеет форму и объем. В свою очередь, каждое *вещество* индивидуально и неповторимо по своим признакам — *свойствам*: агрегатному состоянию, плотности, цвету, блеску, запаху, вкусу, твердости, пластичности, растворимости в воде, способности проводить тепло и электрический ток.





**Рис. 4.** Физические тела и соответствующие им химические вещества: а – стальные изделия и порошок железа; б – комплектующая часть компьютера и различные пластмассы; в – солнечная батарея и кремний

Опишем, например, свойства трех веществ в разных агрегатных состояниях при обычных условиях: кислорода, уксусной кислоты и алюминия (табл. 1).

**Свойства кислорода, уксусной кислоты и алюминия**

**Таблица 1**

| Свойства                                    | Вещества        |                      |                         |
|---------------------------------------------|-----------------|----------------------|-------------------------|
|                                             | Кислород        | Уксусная кислота     | Алюминий                |
| Агрегатное состояние (при обычных условиях) | Газ             | Жидкость             | Твердое вещество        |
| Цвет                                        | Без цвета       | Без цвета            | Серебристо-белый        |
| Вкус                                        | Без вкуса       | Кислый               | Безвкусный              |
| Запах                                       | Не имеет        | Резкий специфический | Не имеет                |
| Растворимость в воде                        | Плохо растворим | Растворима           | Практически нерастворим |
| Теплопроводность                            | Низкая          | Небольшая            | Высокая                 |
| Электропроводность                          | Отсутствует     | Малая                | Высокая                 |



ЛЭП



Морской транспорт



Воздушный транспорт



Пищевая фольга

Al



Упаковка для напитков



Посуда

Рис. 5. Области применения алюминия, обусловленные его свойствами

Знание свойств веществ необходимо для их практического применения. Например, на рисунке 5 представлены области применения алюминия, обусловленные свойствами этого металла.

Многие вещества являются ядовитыми, взрывоопасными, горючими, а поэтому требуют осторожного и грамотного отношения при работе с ними.

Наша книга призвана подготовить вас к изучению этого серьезного и важного предмета и поэтому называется «Химия. Вводный курс».

Является ли химия совершенно новой для вас дисциплиной, вы узнаете из следующих параграфов.

**1** Химия — часть естествознания. **2** Взаимоотношения человека и окружающего мира. **3** Физические тела и вещества. **4** Свойства веществ. **5** Применение веществ на основе их свойств.



1. Какие учебные предметы относятся к естественным?
2. Приведите примеры положительного воздействия человека на окружающую среду.
3. Приведите примеры отрицательного воздействия человека на природу.

4. Что изучает химия?
5. Из следующего перечня названий выпишите отдельно тела и вещества: снежинка, капля росы, вода, льдинка, сахар-песок, кусочек сахара, мел, школьный мелок. Сколько тел и сколько веществ названо в этом списке?
6. Сравните свойства веществ (т. е. установите сходство и различие между ними):
  - а) углекислого газа и кислорода;
  - б) азота и углекислого газа;
  - в) сахара и соли;
  - г) уксусной и лимонной кислоты.
7. Какие свойства алюминия лежат в основе его применения (см. рис. 5)?

## § 2. НАБЛЮДЕНИЕ И ЭКСПЕРИМЕНТ КАК МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ И ХИМИИ

Знания о природе человек получает с помощью такого важнейшего метода, как наблюдение.

**Наблюдение — это концентрация внимания на познаваемых объектах с целью их изучения.**

С помощью наблюдения человек накапливает информацию об окружающем мире, которую затем систематизирует, выявляя общие закономерности результатов наблюдений. Следующий важный шаг — поиск причин, которые объясняют найденные закономерности.

Для того чтобы наблюдение было плодотворным, необходимо выполнить ряд *условий*:

1) четко определить *предмет наблюдения*, т. е. то, на что будет обращено внимание наблюдателя, — конкретное вещество, его свойства или превращение одних веществ в другие, условия осуществления этих превращений и т. д.;

2) сформулировать *цель наблюдения*, наблюдатель должен знать, зачем он проводит наблюдение;

3) составить *план наблюдения*, чтобы достигнуть поставленной цели. Для этого лучше выдвинуть предположение, т. е. **гипо-**



**Рис. 6.** В химической лаборатории Московского городского педагогического университета

тезу (от греч. *hypóthesis* — основание, предположение) о том, как будет происходить наблюдаемое явление. Гипотеза может быть выдвинута и в результате наблюдения, т. е. когда получен результат, который нужно объяснить.

*Научное наблюдение* отличается от наблюдения в житейском смысле этого слова. Как правило, научное наблюдение проводится в строго контролируемых условиях, причем условия эти можно изменять по желанию наблюдателя. Чаще всего такое наблюдение проводится в специальном помещении — **лаборатории** (рис. 6).

**Эксперимент — научное воспроизведение какого-либо явления с целью его исследования, испытания в определенных условиях.**

Эксперимент (от лат. *experimentum* — опыт, проба) позволяет подтвердить или опровергнуть гипотезу, возникшую при наблюдении, и сформулировать *вывод*.

Проведем небольшой эксперимент по изучению строения пламени.

Зажжем свечу и внимательно рассмотрим пламя. Оно неоднородно по цвету, имеет три зоны (рис. 7). Темная зона (1) находится в нижней части пламени. Она самая холодная по сравнению



**Рис. 7.** Строение пламени свечи

с другими. Темную зону окаймляет яркая часть пламени (2), температура которой выше, чем в темной зоне. Однако самая высокая температура — в верхней бесцветной части пламени (зона 3).

Чтобы убедиться, что различные зоны пламени имеют разную температуру, можно провести такой опыт. Поместим лучинку или спичку в пламя так, чтобы она пересекала все три зоны. Вы увидите, что лучинка обугливается в зонах 2 и 3. Значит, температура пламени там наиболее высокая.

Возникает вопрос, будет ли пламя спиртовки или сухого горючего иметь такое же строение, как и пламя свечи? Ответом на этот вопрос могут служить два предположения — гипотезы:

1) строение пламени будет таким же, как и пламя свечи, потому что в его основе лежит один и тот же процесс — горение; 2) строение пламени будет различным, так как оно возникает в результате горения различных веществ. Для того чтобы подтвердить или опровергнуть одну из этих гипотез, обратимся к эксперименту — проведем опыт.

Исследуем с помощью спички или лучинки строение пламени спиртовки (более подробно с устройством этого нагревательного прибора вы познакомитесь при выполнении практической работы) и сухого горючего.

Несмотря на отличия в форме, размерах и даже цвете, в обоих случаях пламя имеет одинаковое строение — те же три зоны: внутреннюю темную (самую холодную), среднюю светящуюся (горячую) и внешнюю бесцветную (самую горячую).

Следовательно, на основании проведенного эксперимента можно сделать вывод, что строение любого пламени одинаково. Практическая значимость этого вывода состоит в следующем: *для того чтобы нагреть в пламени какой-либо предмет, его надо внести в верхнюю, т. е. самую горячую, часть пламени.*

Оформлять экспериментальные данные принято в специальном лабораторном журнале, в качестве которого подойдет обыкновенная тетрадь, а вот записи в ней делают строго определенные. Отмечают дату проведения эксперимента, его название, ход опыта, который часто оформляют в виде таблицы.

| Что делал | Что наблюдал | Вывод |
|-----------|--------------|-------|
|           |              |       |

Попробуйте таким образом описать эксперимент по изучению строения пламени.

Великий Леонардо да Винчи говорил, что науки, которые не родились из эксперимента — основы всех познаний, — бесполезны и полны заблуждений.

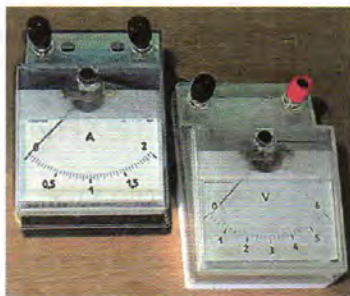
Все естественные науки — экспериментальные. А для постановки эксперимента часто требуется специальное оборудование. Например, в биологии широко используются оптические приборы, которые позволяют во много раз увеличить изображение наблюдаемого объекта: лупа, микроскоп (рис. 8). Физики при изучении электрических цепей применяют приборы для измерения напряжения, силы тока и электрического сопротивления (рис. 9). На вооружении ученых-географов имеются специальные приборы — от самых простейших (компыаса, метеорологических зондов) до научно-исследовательских судов (рис. 10), уникальных космических орбитальных станций.

Химики в своих исследованиях также используют специальное оборудование. Простейшее из них — это, например, уже знакомый вам нагревательный прибор — спиртовка и различная химическая посуда, в которой проводят превращения веществ, т. е. химические реакции (рис. 11).

Ваше первое знакомство с химическим оборудованием произойдет во время выполнения практической работы, которая ожидает вас на следующем уроке.



**Рис. 8.** Увеличительные приборы — лупа, микроскоп, используемые в биологии



**Рис. 9.** Измерительные приборы — амперметр, вольтметр, используемые в физике



Рис. 10. Географическое научно-исследовательское судно



Рис. 11. Лабораторная химическая посуда и оборудование

- 1 Наблюдение. 2 Гипотеза. 3 Эксперимент. 4 Вывод.  
5 Строение пламени. 6 Лаборатория и оборудование.

?

1. Что такое наблюдение? Какие условия необходимо соблюдать, чтобы наблюдение было результативным?
2. Чем различаются гипотеза и вывод?
3. Что такое эксперимент?
4. Какое строение имеет пламя?
5. Как следует проводить нагревание?
6. Какое лабораторное оборудование вы применяли при изучении биологии и географии?
7. Какое лабораторное оборудование используется при изучении химии?

## Практическая работа № 1

### Знакомство с лабораторным оборудованием. Правила техники безопасности

Большинство химических опытов проводят в стеклянной посуде. Стекло прозрачно, и вы можете наблюдать, что происходит с веществами. В некоторых случаях стекло заменяют прозрачной пластмассой. Она не бьется, но такую посуду, в отличие от стеклянной, нельзя нагревать.

Химические реакции проводят в **пробирках** (рис. 12), **плоскодонных** (рис. 13) или **конических** (рис. 14) колбах. Если со-



Рис. 12. Штатив с пробирками



Рис. 13. Плоскодонные колбы

держимое пробирки нужно нагреть, пользуются специальными держателями (рис. 15). Нагревать можно только колбы, сделанные из специального термостойкого стекла. Такую посуду помечают специальным знаком — матовым прямоугольником.

Для демонстрационного эксперимента часто используют химические стаканы (рис. 16) и конические колбы, которые имеют специальную градуировку, позволяющую определить объем находящейся в них жидкости.

Круглодонные колбы (рис. 17) нельзя поставить на стол, их закрепляют на металлических стойках — штативах (рис. 18) —



Рис. 14. Конические колбы

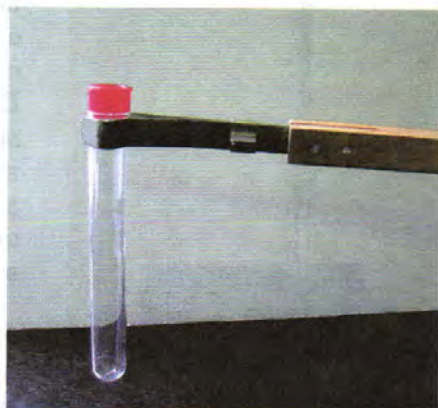


Рис. 15. Держатель для пробирок





Рис. 16. Химические стаканы



Рис. 17. Круглодонная колба



Рис. 18. Штатив с кольцом, лапкой и зажимами

с помощью *лапок*. Лапки, а также *металлические кольца* крепят на штативе специальными *зажимами*. В круглодонных колбах удобно проводить химические реакции для получения каких-либо веществ, например газообразных. Для того чтобы собирать образующиеся газы, используют колбу с отводом — **колбу Вюрца** (рис. 19) или пробку с газоотводной трубкой.

Если образующиеся газообразные вещества нужно охладить, сконденсировать в жидкость, используют стеклянный **холодильник** (рис. 20). В его внутренней трубке, охлаждаемой холодной водой, которая течет по внешней трубке или рубашке холодильника в обратном направлении, образующиеся газы превращаются в жидкость.

**Конусные воронки** (рис. 21) служат для переливания жидкостей из одного сосуда в другой, а также применяются в процессе фильтрования. Вы, наверное, знаете, что фильтрова-



Рис. 19. Колба Вюрца



Рис. 20. Стекланные холодильники

нием называют процесс отделения жидкости от частиц твердого вещества.

Для разделения двух несмешивающихся жидкостей, например бензина и воды, служат **делительные воронки** (рис. 22). Нижний слой более тяжелой жидкости сливается через нижнюю трубку, снабженную краном, жидкость с меньшей плотностью остается в воронке.

Посуда с толстыми стенками, похожая на глубокую миску, называется **кристаллизатором** (рис. 23). Благодаря его большой площади поверхности растворитель быстро испаряется из раствора, а растворенное вещество остается на стенках емкости в виде кристаллов. Кристаллизатор нельзя нагревать. Его стенки, кажущиеся прочными, не выдерживают нагревания и трескаются.



Рис. 21. Конусные воронки



Рис. 22. Делительные воронки



Рис. 23. Кристаллизатор



Рис. 24. Мерные цилиндры

При выполнении химического эксперимента часто приходится отмерять необходимый объем жидкости. Для этих целей используют мерную посуду: **стаканы, мерные цилиндры** (рис. 24).

Помимо стеклянной в школьной химической лаборатории есть *фарфоровая* посуда. **Ступку и пестик** (рис. 25) используют для измельчения кристаллических веществ. Стеклянная посуда для этого не подходит, так как не выдерживает давления, создаваемого пестиком при растирании.



Рис. 25. Ступка с пестиком



Рис. 26. Фарфоровая чашка



**Рис. 27.** Вытяжной шкаф в школьной лаборатории



**Рис. 28.** Защитные очки используют при выполнении особо опасных опытов

**Фарфоровые чашки** с гладкими и блестящими стенками (рис. 26) можно нагревать на открытом пламени и использовать для выпаривания растворов.

Чтобы избежать ошибок и травм, каждый предмет в химической лаборатории нужно использовать строго по назначению и уметь с ним обращаться. Химический эксперимент будет действительно безопасным, поучительным и интересным, если соблюдать меры предосторожности при работе с химической посудой, реактивами, оборудованием. Эти меры предусмотрены правилами техники безопасности.

Кабинет химии — необычный, и требования к работе в нем особенные. Например, в химическом кабинете ни в коем случае нельзя принимать пищу, поскольку многие вещества, которые в нем находятся, ядовиты.

Химический кабинет должен быть оснащен **вытяжным шкафом** (рис. 27). Многие вещества имеют резкий неприятный запах, их пары вредны для здоровья. С такими веществами работают в вытяжном шкафу.

При проведении особо опасных опытов используют **защитные очки** (рис. 28).

Некоторые химические вещества ядовиты, другие при попадании на кожу разъедают ее, многие легко воспламеняются. Предупреждают об этом специальные знаки на **этикетках** (рис. 29).



Запрещается брать вещества руками



Запрещается оставлять открытыми склянки с реактивами



Едкое вещество — кислота! Разрушает и раздражает кожу, слизистые оболочки



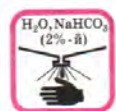
Едкое вещество — щелочь! Разрушает и раздражает кожу, слизистые оболочки



Токсичное и физиологически опасное вещество



Токсичное и физиологически опасное вещество



Попавшие на кожу капли раствора кислоты немедленно смойте сильной струей холодной воды, а затем обработайте поврежденную поверхность 2% -м раствором питьевой соды



Попавшие на кожу капли раствора щелочи немедленно смойте сильной струей холодной воды, а затем обработайте поврежденную поверхность 2% -м раствором уксусной кислоты



Определяя вещество по запаху, необходимо держать сосуд на расстоянии 15—20 см от лица и легкими движениями руки направлять воздух от отверстия сосуда к носу, не делая глубокого вдоха



Пробирку закрепляйте в пробиркодержателе у отверстия



Зажигайте спиртовку спичкой. Гасите спиртовку, накрывая пламя колпачком



Нагревайте сначала всю пробирку или стеклянную пластину, затем, не вынимая ее из пламени, ту часть, где находится вещество



Нагревайте вещества в верхней части пламени, так как она самая горячая



Используйте для удерживания нагреваемых предметов (фарфоровой чашки, металлической, стеклянной и фарфоровой пластинок) тигельные щипцы



Используйте шпатель для твердых веществ

**Рис. 29.** Знаки, обозначающие правила техники безопасности при выполнении химических опытов, и их расшифровка

Не приступайте к эксперименту, если точно не знаете порядка и правил проведения опыта. Работать надо, строго соблюдая инструкцию и только с теми веществами, которые необходимы для эксперимента.

Подготовьте рабочее место, рационально разместите реактивы, посуду, принадлежности, чтобы не пришлось тянуться через стол, опрокидывая рукавом колбы и пробирки. Не загромождайте стол вещами, которые не потребуются для выполнения эксперимента.

Опыты проводят только в химической чистой посуде, а значит, по окончании работы ее нужно тщательно вымыть.

Все манипуляции нужно проводить над столом.



**Рис. 30.** Определение запаха веществ

Чтобы определить запах вещества, необходимо держать сосуд на расстоянии 15—20 см от лица и легкими движениями руки направлять воздух от отверстия сосуда к носу (рис. 30).

Разумеется, никакие вещества пробовать на вкус нельзя!

Никогда не выливайте излишек реактива обратно в склянку. Пользуйтесь для этого специальным стаканом для отходов. Рассыпанные твердые вещества тоже нельзя собирать обратно в исходный сосуд, тем более руками.

Если вы нечаянно обожглись, порезались, разлили реактив на стол, на руки или на одежду, немедленно обратитесь к учителю или лаборанту.

Завершив эксперимент, приведите рабочее место в порядок.

**1** Химическая посуда. **2** Лабораторное оборудование. **3** Правила техники безопасности.

## **Практическая работа № 2**

### Наблюдение за горящей свечой. Устройство и работа спиртовки

Казалось бы, что можно написать о таком простом объекте наблюдения, как горящая свеча? Однако наблюдательность — это не только способность видеть, но и умение обращать внимание на детали, а также сосредоточенность, умение анализировать, порой даже проявление обыкновенной настойчивости. Великий английский физик и химик М. Фарадей писал: «Рассмотрение физических явлений, происходящих при горении свечи, представляет собой самый широкий путь, которым можно подойти к изучению естествознания».

Цель данной практической работы — научиться наблюдать и описывать результаты наблюдения. Вам предстоит написать небольшое сочинение-миниатюру про горящую свечу (рис. 31). Чтобы помочь вам в этом, предлагаем несколько вопросов, на которые нужно дать подробные ответы.

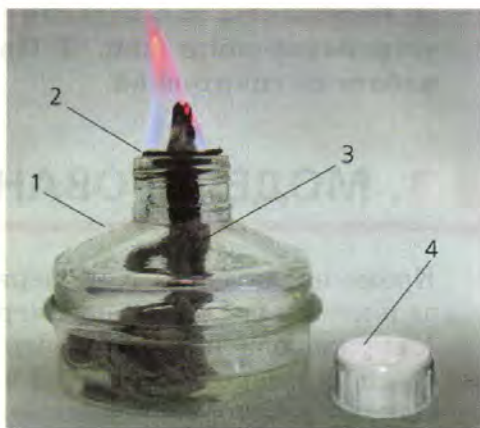
I. Опишите внешний вид свечи, вещество, из которого она изготовлена (цвет, запах, твердость), фитиль.

II. Зажгите свечу. Опишите внешний вид и строение пламени и ответьте на следующие вопросы:

1. Что происходит с материалом свечи при горении фитиля?



**Рис. 31.** Горящая свеча



**Рис. 32.** Устройство спиртовки

2. Как выглядит фитиль в процессе горения?
3. Нагревается ли свеча, слышен ли звук при горении, выделяется ли тепло?
4. Что происходит с пламенем, если появляется движение воздуха?
5. Как быстро сгорает свеча?
6. Изменяется ли длина фитиля в процессе горения?
7. Что представляет собой жидкость у основания фитиля? Что с ней происходит, когда она поглощается материалом фитиля, и что с ней происходит, когда ее капли стекают вниз по свече?

Многие химические процессы протекают при нагревании, однако пламя свечи для этой цели не используется. Поэтому во второй части этой практической работы познакомимся с устройством и работой уже знакомого вам нагревательного прибора — спиртовки (рис. 32). Спиртовка состоит из стеклянного резервуара 1, который заполняют спиртом не более чем на  $\frac{2}{3}$  объема. В спирт погружен фитиль 3, изготовленный из хлопчатобумажных нитей. Он удерживается в горлышке резервуара с помощью специальной трубочки с диском 2. Зажигают спиртовку только с помощью спичек. Для этой цели нельзя использовать другую горящую спиртовку, так как спирт при этом может разлиться и вспыхнуть. Фитиль необходимо ровно обрезать ножницами, в противном случае он начинает обгорать. Нельзя дуть на пламя, чтобы потушить спиртовку, ее следует закрыть колпачком 4. Он же предохраняет от быстрого испарения спирта.



- 1 Результаты наблюдения за горящей свечой.
- 2 Изучение устройства спиртовки.
- 3 Правила техники безопасности при работе со спиртовкой.

## § 3. МОДЕЛИРОВАНИЕ

Кроме наблюдения и эксперимента, в познании естественного мира и химии большую роль играет **моделирование**.

Мы уже говорили о том, что одна из главных целей наблюдения — поиск закономерностей в результатах экспериментов.

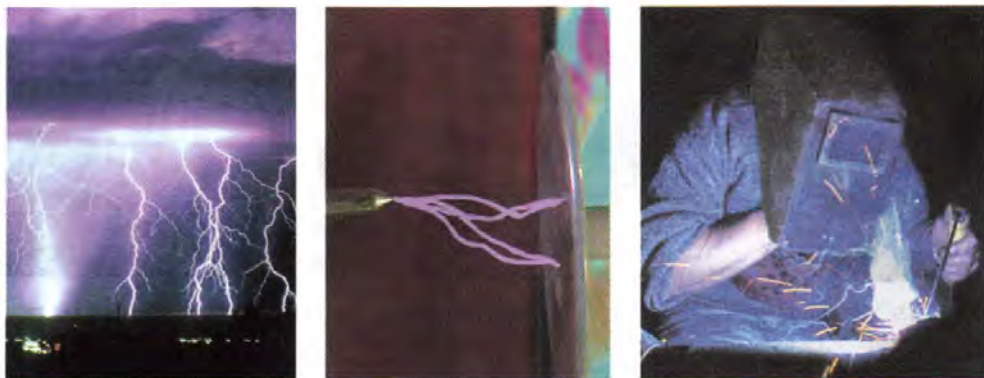
Однако некоторые наблюдения неудобно или невозможно проводить непосредственно в природе. Естественную среду воссоздают в лабораторных условиях с помощью особых приборов, установок, предметов, т. е. **моделей** (от лат. *modulus* — мера, образец). В моделях копируются только самые важные признаки и свойства объекта.

**Моделирование — это исследование каких-либо реально существующих предметов, явлений и конструируемых объектов путем построения и изучения их моделей.**



Рис. 33. Электрофорная машина

Например, для того чтобы изучить природное явление молнию, ученым не нужно было дожидаться грозы. Молнию можно смоделировать на уроке физики и в школьной лаборатории. Двум металлическим шарикам нужно сообщить противоположные электрические заряды: положительный и отрицательный. При сближении шариков до определенного расстояния между ними проскакивает искра — это и есть молния в миниатюре. Чем больше заряд на шариках, тем раньше при сближении проскакивает искра, тем длиннее искусственная молния. Такую молнию получают с помощью



**Рис. 34.** Природное явление молнию можно смоделировать в лаборатории

специального прибора, который называется *электрофорной машиной* (рис. 33). Изучение модели позволило ученым определить, что природная молния — это гигантский электрический разряд между двумя грозовыми облаками или между облаками и землей. Однако настоящий ученый стремится найти практическое применение каждому изучаемому явлению. Чем мощнее электрическая молния, тем выше ее температура. А ведь превращение электрической энергии в теплоту можно использовать, например, для сварки и резки металлов. Так появился знакомый сегодня каждому учащемуся процесс электросварки (рис. 34).

Моделирование в физике используется особенно широко. На уроках по этому предмету вы будете знакомиться с самыми разными моделями, которые помогут вам изучить электрические и магнитные явления, закономерности движения тел, оптические явления.

Каждая естественная наука использует свои модели, которые помогают зримо представить себе реальное природное явление или объект.

Самая известная географическая модель — *глобус* (рис. 35, а) — миниатюрное объемное изображение нашей планеты, с помощью которого вы можете изучать расположение материков и океанов, стран и континентов, гор и морей. Если же изображение земной поверхности нанести на плоский лист бумаги, то такая модель называется *географической картой* (рис. 35, б).



Рис. 35. Самые известные географические модели: а – глобус; б – карта

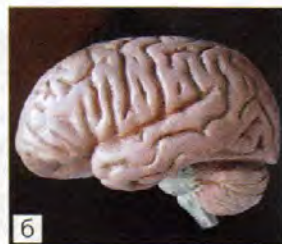


Рис. 36. Биологические модели: а – глаз; б – головной мозг

Широко используются модели при изучении биологии. Достаточно упомянуть, например, модели — *муляжи* органов человека и т. д. (рис. 36).

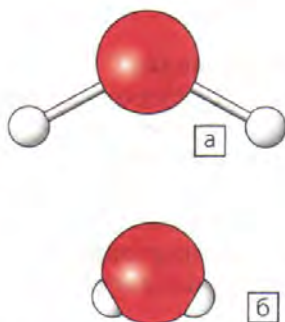
Не менее важно моделирование и в химии. Условно химические модели можно разделить на две группы: предметные и знаковые, или символные (схема 1).

Схема 1

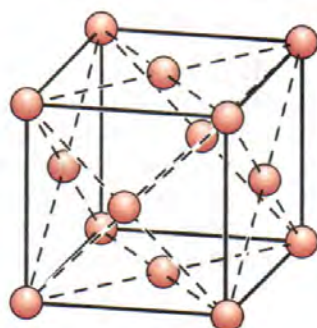




**Рис. 37.** Модель строения атома



**Рис. 38.** Модели молекулы воды: а – шаростержневая; б – объемная



**Рис. 39.** Модель кристалла меди

Предметные модели атомов, молекул, кристаллов, химических промышленных установок используют для большей наглядности.

Вы, наверное, видели изображение модели атома, напоминающее строение Солнечной системы (рис. 37).

Для моделирования молекул химических веществ используют шаростержневые или объемные модели. Их собирают из шариков, символизирующих отдельные атомы. Различие состоит в том, что в шаростержневых моделях атомы-шарики расположены друг от друга на некотором расстоянии и скреплены друг с другом стерженьками. Например, шаростержневая и объемная модели молекул воды показаны на рисунке 38.

Модели кристаллов напоминают шаростержневые модели молекул, однако изображают не отдельные молекулы вещества, а показывают взаимное расположение частиц вещества в кристаллическом состоянии (рис. 39).

Однако чаще всего химики пользуются не предметными, а знаковыми, или символьными, моделями. Это химические символы, химические формулы, уравнения химических реакций.

Изучение химического языка знаков и формул вы начнете уже на следующем уроке.

**1** Модель, моделирование. **2** Особенности моделирования в географии, физике, биологии. **3** Химические модели: предметные, знаковые, или символьные.



1. Что такое модель? моделирование?
2. Приведите примеры: а) географических моделей; б) физических моделей; в) биологических моделей.
3. Какие модели используют в химии?
4. Изготовьте из пластилина шаростержневые и объемные модели молекулы воды. Какую форму имеют эти молекулы?
5. Запишите формулу цветка крестоцветных, если вы изучали это семейство растений на уроках биологии. Можно ли назвать эту формулу моделью?
6. Запишите уравнение для расчета скорости движения тела, если известны путь и время, за которое он пройден телом. Можно ли назвать это уравнение моделью?

## § 4. ХИМИЧЕСКИЕ ЗНАКИ И ФОРМУЛЫ

К знаковым моделям в химии относят символы химических элементов, формулы веществ и уравнения химических реакций, которые лежат в основе «химического языка письменности». Его основоположником является шведский химик Йенс Якоб Берцелиус (1779—1848). Символика Берцелиуса строится на важнейшем из химических понятий — «химический элемент».

**Химическим элементом называют вид одинаковых атомов.**



Й. Я. Берцелиус

Й. Я. Берцелиус предложил обозначать химические элементы первой буквой их латинских названий. Так, символом кислорода стала первая буква его латинского названия: кислород — **O** (читается «о», так как латинское название этого элемента *oxygenium*). Соответственно, водород получил символ — **H** (читается «аш», так как латинское название этого элемента *hydrogenium*), углерод — **C** (читается «цэ», так как латинское название этого элемента *carboneum*). Но латинские названия хрома (*chromium*), хлора (*chlo-*

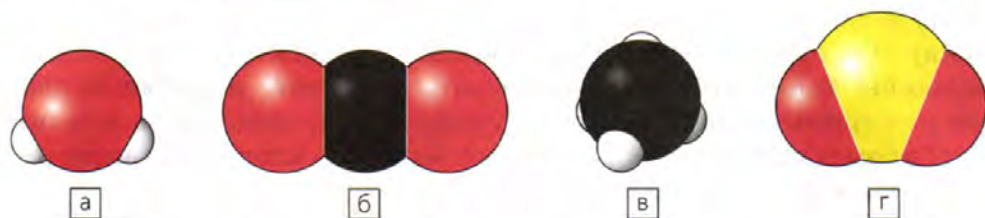
*rum*) и меди (*cuprum*), так же как и углерода, начинаются на букву «С». Как же быть? Й. Я. Берцелиус предложил гениальное решение: такие символы записывать не одной, а двумя буквами — первой и одной из последующих букв, чаще всего второй. Так, хром обозначается Cr (читается «хром»), хлор — Cl (читается «хлор»), медь — Cu (читается «купрум»).

Русские и латинские названия, знаки наиболее употребляемых в школе двадцати химических элементов и их произношение приведены в таблице 2.

**Названия и символы  
некоторых химических элементов**

**Таблица 2**

| Русское название | Химический знак | Произношение | Латинское название |
|------------------|-----------------|--------------|--------------------|
| Азот             | N               | Эн           | Nitrogenium        |
| Алюминий         | Al              | Алюминий     | Aluminium          |
| Водород          | H               | Аш           | Hydrogenium        |
| Железо           | Fe              | Феррум       | Ferrum             |
| Золото           | Au              | Аурум        | Aurum              |
| Калий            | K               | Калий        | Kalium             |
| Кальций          | Ca              | Кальций      | Calcium            |
| Кислород         | O               | О            | Oxygenium          |
| Магний           | Mg              | Магний       | Magnesium          |
| Медь             | Cu              | Купрум       | Cuprum             |
| Натрий           | Na              | Натрий       | Natrium            |
| Ртуть            | Hg              | Гидраргирум  | Hydrargyrum        |
| Свинец           | Pb              | Плюмбум      | Plumbum            |
| Сера             | S               | Эс           | Sulfur             |
| Серебро          | Ag              | Аргентум     | Argentum           |
| Углерод          | C               | Цэ           | Carboneum          |
| Фосфор           | P               | Пэ           | Phosphorus         |
| Хлор             | Cl              | Хлор         | Chlorum            |
| Хром             | Cr              | Хром         | Chromium           |
| Цинк             | Zn              | Цинк         | Zincum             |



**Рис. 40.** Объемные модели молекул: а – воды; б – углекислого газа; в – метана; г – сернистого газа

В нашей таблице уместилось всего 20 элементов. Чтобы увидеть все 110 известных на сегодняшний день элементов, нужно обратиться к таблице химических элементов Д. И. Менделеева.

Чаще всего в состав веществ входят атомы нескольких химических элементов. Изобразить мельчайшую частицу вещества, например молекулу, можно с помощью моделей-шариков так, как вы это делали на предыдущем уроке. На рисунке 40 изображены объемные модели молекул воды (а), углекислого газа (б), метана (в) и сернистого газа (г).

С помощью символов химических элементов и индексов записываются **химические формулы** веществ. **Индекс** показывает, сколько атомов данного элемента входит в состав молекулы вещества. Он записывается справа внизу от знака химического элемента. Например, формулы веществ, изображенных на рисунке 40, записывают так: а –  $\text{H}_2\text{O}$ ; б –  $\text{CO}_2$ ; в –  $\text{CH}_4$ ; г –  $\text{SO}_2$ .

Химическая формула — основная знаковая модель в нашей науке. Она несет очень важную информацию. Химическая формула показывает:

**качественный состав** вещества, т. е. атомы каких элементов входят в состав данного вещества;

**количественный состав**, т. е. сколько атомов каждого элемента входит в состав молекулы вещества.

По формуле вещества можно определить также, является оно **простым** или **сложным**.

**Простыми** называют вещества, состоящие из атомов одного химического элемента.

**Сложные** вещества образованы атомами двух или более различных химических элементов.

Например, водород  $H_2$ , железо  $Fe$ , кислород  $O_2$  — простые вещества, а вода  $H_2O$ , углекислый газ  $CO_2$  и серная кислота  $H_2SO_4$  — сложные.

**1** Химический элемент. **2** Химические знаки. **3** Химические формулы веществ. **4** Простые вещества. **5** Сложные вещества.

**?** — — — — —

- Знаки каких химических элементов содержат заглавную букву *C*? Запишите их и произнесите.
- Из таблицы 2 выпишите отдельно знаки элементов-металлов и знаки элементов-неметаллов. Произнесите их названия.
- Что такое химическая формула? Напишите формулы следующих веществ:
  - серной кислоты, если известно, что в состав ее молекулы входят два атома водорода, один атом серы и четыре атома кислорода;
  - сероводорода, молекула которого состоит из двух атомов водорода и одного атома серы;
  - сернистого газа, молекула которого содержит один атом серы и два атома кислорода.
 Что объединяет все эти вещества?
- Изготовьте из пластилина объемные модели молекул следующих веществ:
  - аммиака, молекула которого содержит один атом азота и три атома водорода, расположив атомы водорода по отношению к атому азота под углом  $110^\circ$ ;
  - хлороводорода, молекула которого состоит из одного атома водорода и одного атома хлора;
  - хлора, молекула которого состоит из двух атомов хлора.
 Напишите формулы этих веществ и прочитайте их.
- На рисунке 40 изображены модели молекул четырех химических веществ. Сколько химических элементов образуют эти вещества? Назовите их, запишите символы этих элементов и произнесите их.
- Возьмите пластилин четырех цветов. Скатайте самые маленькие шарики белого цвета — это модели атомов водорода, красные шарики побольше — модели атомов кислорода, черные шарики — модели атомов углерода и, наконец, самые большие шарики желтого цвета — в качестве моделей атомов серы. Изготовьте объемные модели молекул, изображенных на рисунке 40.



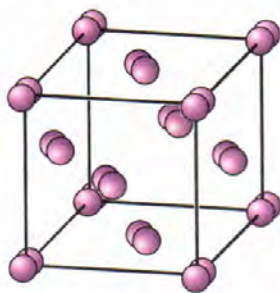
## § 5. ХИМИЯ И ФИЗИКА

Одним из общих вопросов химии и физики является рассмотрение строения веществ и движения тех частиц, из которых вещества состоят. Показателен тот факт, что самые первые шаги в изучении физики вы делаете, получая первоначальные сведения о строении вещества, имеющие непосредственное отношение как к физике, так и к химии. Основное положение заключается в том, что все вещества состоят из мельчайших частиц. Это могут быть молекулы, атомы или ионы.

**Молекула — это мельчайшая частица вещества, определяющая его свойства.**

Из молекул состоят такие хорошо знакомые вам вещества, как вода, уксусная кислота, сахар и углекислый газ.

Большинство твердых веществ находится в **кристаллическом состоянии**. Частицы вещества в кристаллах расположены в строго определенном порядке. Если соединить их воображаемыми линиями, получается правильная геометрическая фигура, называемая **кристаллической решеткой**. На рисунке 41 изображены модель кристаллической решетки и образец этого вещества. Вы думали, что иод — это жидкость? Не следует путать: в вашей домашней аптечке есть йодная настойка — раствор кристаллического вещества иода в этиловом спирте. Двойные шарики фиолетового цвета в модели кристаллической решетки — это и есть молекулы иода  $I_2$ .



**Рис. 41.** Модель кристаллической решетки иода и кристаллы этого вещества

Доказательством того, что многие вещества состоят из молекул, может служить явление **диффузии** (от лат. *diffusio* — распространение, растекание).

**Явление, при котором происходит взаимное проникновение молекул одного вещества между молекулами другого, называют диффузией.**

## ЛАБОРАТОРНЫЙ ОПЫТ

На расстоянии 3 метров от вас ваш помощник распыляет вверх в течение 2 секунд освежитель воздуха или дезодорант-аэрозоль (рис. 42). Определите время с момента распыления до того момента, когда вы почувствуете запах ароматизатора. Рассчитайте скорость распространения газообразного вещества.



**Рис. 42.** Дезодорант, выпущенный из баллончика

Явление диффузии можно объяснить только тем, что между молекулами вещества имеются промежутки, в которые могут проникать молекулы другого вещества. Поэтому, к примеру, газообразное вещество распространяется в воздухе самопроизвольно.

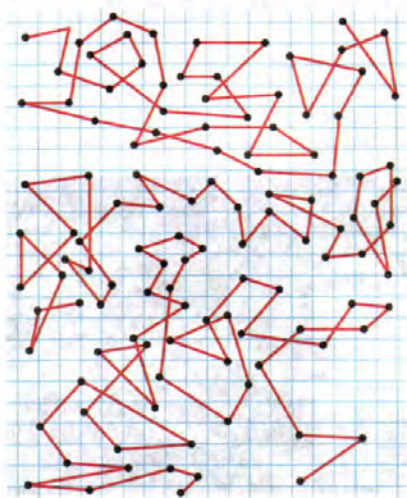
Примерно такое же явление происходит при растворении в воде сахара.

Явление диффузии доказывает, что частицы, из которых состоит вещество, находятся в непрерывном движении. Это обуславливает еще одно интересное физическое явление — **броуновское движение**.

Английский ботаник Роберт Броун в 1827 г. изучал строение пыльцы растений. Наблюдая в микроскоп за крупинками пыльцы в капле воды, ученый с удивлением заметил, что пылинки хаотически перемещаются, словно живые.

**Беспорядочное движение мельчайших частиц в жидкой или газообразной среде называется броуновским.**

Может быть, крупинки цветочной пыльцы и вправду могут двигаться? Давайте проверим это с помощью лабораторного эксперимента. Для этого вам понадобится микроскоп и немного черной туши.



**Рис. 43.** Броуновское движение частиц туши в воде

состоит в непрерывном, никогда не прекращающемся движении молекул жидкости или газа. Разумеется, крупинки твердого вещества во много раз больше молекул, которые нельзя увидеть в микроскоп. Однако они испытывают постоянные столкновения с молекулами жидкости, что и заставляет их перемещаться.

Молекулы веществ, как вы знаете, состоят из еще более мелких частиц — атомов.

**Атомы — это мельчайшие электронейтральные частицы, из которых состоят молекулы веществ.**

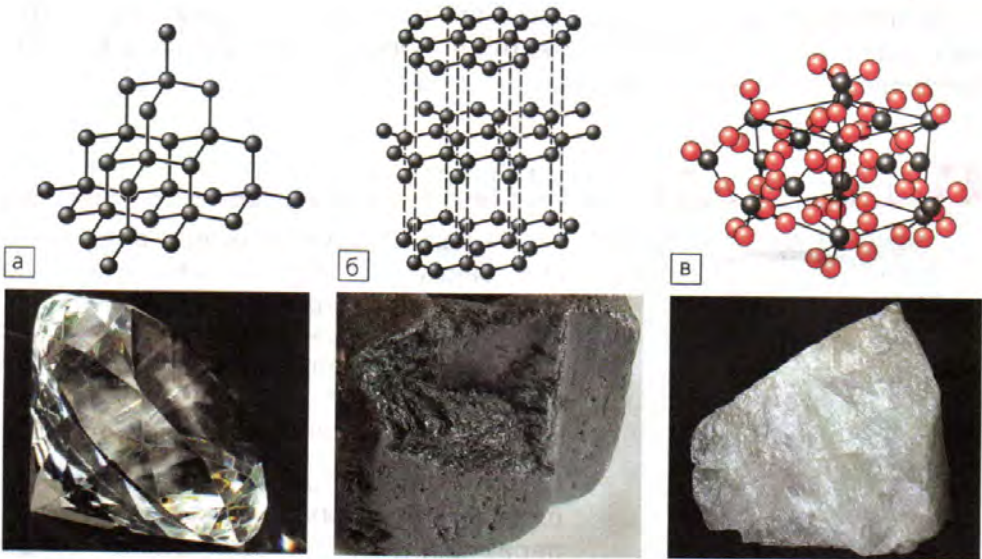
Есть вещества, которые состоят не из молекул, а из атомов. К ним относятся алмаз, графит, кремний, кварц, сапфир и рубин. Из отдельных атомов состоят газы, которые называют благородными (гелий, неон). Модели кристаллических решеток некоторых веществ атомного строения и их образцы изображены на рисунке 44.

Большое число веществ состоит не из молекул или атомов, а из ионов.

**Ионы — это положительно или отрицательно заряженные частицы, образовавшиеся из атомов.**

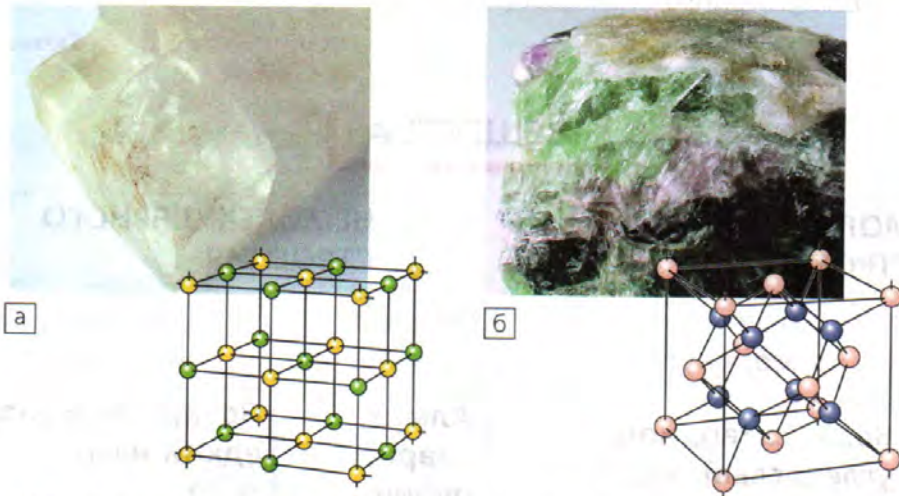
Нанесите на предметное стекло каплю чистой воды и с помощью кисточки подкрасьте ее очень небольшим количеством черной туши, предварительно разведенной водой до светло-серого цвета. Накройте каплю покровным стеклом. Перемещая тубус микроскопа, добейтесь четкого изображения. Вы увидите, как черные частицы туши совершают самопроизвольное движение. Но ведь их-то точно нельзя назвать живыми! Подобный опыт поставил выдающийся французский ученый Ж. Б. Перрен. Он зарисовал движение частиц примерно так, как показано на рисунке 43.

Опыт Перрена стал еще одним убедительным доказательством существования молекул. Он показал, что причина броуновского движения



**Рис. 44.** Кристаллические решетки и образцы: а – алмаза; б – графита; в – кварца

Поваренная соль, сода, перманганат калия (в быту называют марганцовкой) — это вещества, состоящие из ионов. Модели кристаллических решеток веществ ионного строения и образцы соответствующих природных веществ вы можете рассмотреть на рисунке 45.



**Рис. 45.** Модели кристаллических решеток и образцы природных минералов: а – хлорид натрия (минерал галит); б – фторид кальция (минерал флюорит)

В предыдущем эксперименте вы наблюдали диффузию молекул дезодоранта в воздухе. Нетрудно увидеть диффузию в водном растворе веществ, состоящих из ионов.

## ЛАБОРАТОРНЫЙ ОПЫТ



**Рис. 46.** Диффузия окрашенных ионов вещества в водном растворе

В стеклянный стакан или пол-литровую банку с водой бросьте несколько кристалликов марганцовки. Вскоре появятся малиновые разводы: вещество при растворении постепенно окрашивает воду (рис. 46). Через некоторое время цвет жидкости станет совершенно однородным.

На скорость диффузии веществ существенное влияние оказывает температура. Предыдущий эксперимент можно провести в двух сосудах, один из которых поместить в холодильник, второй оставить в комнате. Как вы думаете, в каком из сосудов однородным раствор станет быстрее?

Таким образом, по составу различают вещества молекулярного и немолекулярного строения (схема 2).

**Схема 2**



**1** Строение вещества. **2** Молекула. **3** Диффузия. **4** Броуновское движение. **5** Опыт Перрена. **6** Атомы. **7** Ионы. **8** Вещества молекулярного и немолекулярного строения.

?

1. Какие частицы называют молекулами? атомами?
2. Что такое диффузия? Как обнаруживается диффузия пахучих веществ? Почему?
3. Что такое ионы? Какие вещества состоят из ионов? Характерна ли диффузия для таких веществ?
4. Что такое броуновское движение? Как опытным путем смоделировать броуновское движение? Что доказывает это движение?
5. Какое оборудование нужно использовать для наблюдения броуновского движения?
6. Возьмите полстакана кипяченой воды и добавьте чайную ложку сахара. Не перемешивая содержимое стакана, попробуйте воду на вкус. Постепенно при растворении кристалликов сахара молекулы этого вещества проникают между молекулами воды. Периодически пробуйте вкус раствора. Как он изменяется? Процессы растворения и диффузии ускоряются при перемешивании.

## § 6. АГРЕГАТНЫЕ СОСТОЯНИЯ ВЕЩЕСТВ

Вещества в зависимости от условий (например, температура, давление) могут находиться в одном из трех состояний: *газообразном*, *жидком* и *твердом*. Такие состояния называют **агрегатными**. Например, твердое агрегатное состояние воды — это лед или снег (рис. 47).

При температуре  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  лед начинает плавиться и превращается в жидкость (рис. 48). Дальнейшее нагревание до  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$  приведет к тому, что вода закипит и перейдет в третье агрегатное состояние — газообразное. Часто мы называем это состояние паром. Однако это неправильно. Увидеть воду в газообразном состоянии нельзя. Пар, который появляется при кипении воды, состоит из мельчайших водяных капелек. Скопления таких капелек в атмосфере создают хорошо знакомые всем облака (рис. 49).



**Рис. 47.** Леденой узор на стекле, снег и гигантский айсберг – это твердое агрегатное состояние воды

Большинство газообразных веществ бесцветны, поэтому увидеть их невозможно. Газы принимают форму того сосуда, в котором они находятся, а их объем зависит от температуры и давления, а потому *газы сжимаемы*.

Газообразные вещества только кажутся такими «мягкими» и невесомыми. При больших давлениях — это очень мощная сила. Например, с помощью сжатого воздуха закрываются и открываются двери в автобусах, поток раскаленных газов реактивного двигателя поднимает ввысь самолеты, купол парашюта, наполненный упругим воздухом, позволяет плавно опуститься на зем-



**Рис. 48.** Таяние льда



**Рис. 49.** Облака – это миллиарды мельчайших капелек воды

лю не только парашютисту, но и космическому аппарату с космонавтами.

«Невесомость» газов — понятие относительное. В этом легко убедиться на простом опыте.

## ДЕМОНСТРАЦИОННЫЙ ОПЫТ

На двух чашках уравновешенных весов стоят одинаковые химические стаканы. Из наполненного углекислым газом стакана учитель «переливает» газ в один из стаканов на весах. Что происходит? Какой из газов тяжелее: воздух или углекислый газ? Придут ли весы вновь в равновесие? Объясните почему.

Более привычно для нас переливать *жидкости*. Вещества в жидком агрегатном состоянии принимают форму того сосуда, в который их налили. Это отражает одно из важнейших свойств жидкости — *текучесть* (рис. 50). Одни вещества более текучи, они быстро растекаются по плоской поверхности, например вода, спирт, бензин, ацетон. Другие — менее, например капля жидкого меда на стекле не превращается в тонкую пленку, а чтобы заставить ее течь, стекло придется поставить почти вертикально.

В отличие от газов, жидкости практически несжимаемы. Если с размаху хлопнуть ладонью по поверхности воды, эффект будет таким же, как при ударе по крышке стола.

При охлаждении жидкие вещества переходят в твердое агрегатное состояние. Твердые тела сохраняют как свой объем (они, как и жидкости, также почти несжимаемы), так и форму. В какую бы емкость вы ни пересыпали кубики льда из морозильника, они так и останутся кубиками, пока не растают (см. рис. 48).

Переход веществ из одного агрегатного состояния в другое, а также диффузию, броуновское движение относят к **физическим явлениям**, так как при этом не происходит превращений веществ, разрушения их молекул.



**Рис. 50.** Текучесть — важное свойство жидкостей



**Явления, при которых изменяются агрегатное состояние вещества, форма или размеры тел, построенных из этого вещества, но сохраняется его химический состав, называются физическими.**

И все-таки более правильно анализировать агрегатное состояние вещества, ориентируясь не на внешнюю форму, а на его внутреннее строение.

В газообразных веществах расстояние между молекулами в десятки раз превышает размер самих молекул, поэтому они очень слабо связаны друг с другом. Вследствие этого газы легко сжимаемы.

Противоположность газам — **твердые вещества**, в которых частицы «выстроились» в строгом порядке, подобно солдатам в строю. Такое упорядоченное строение, как вы уже знаете, имеют *кристаллы*. Силы взаимного притяжения частиц в кристаллах так велики, что оторвать одну от другой очень непросто, особенно для ионных и атомных кристаллов.

**Жидкие вещества** — нечто среднее между газами и твердыми телами. Как и твердые тела, они имеют собственный объем, так как силы межмолекулярного взаимодействия связывают молекулы, однако силы притяжения между ними не так велики, как в кристаллах.

Существуют вещества, настолько вязкие, что надолго сохраняют свою форму. Значит, их можно отнести к твердым веществам. Однако, подобно жидкостям, расположение частиц в таких веществах строго не упорядочено. Такие вещества называются **аморфными**. К ним относятся янтарь, воск, стекло, смолы, многие пластмассы (рис. 51).



**Рис. 51.** Стекло, янтарь, воск — аморфные вещества



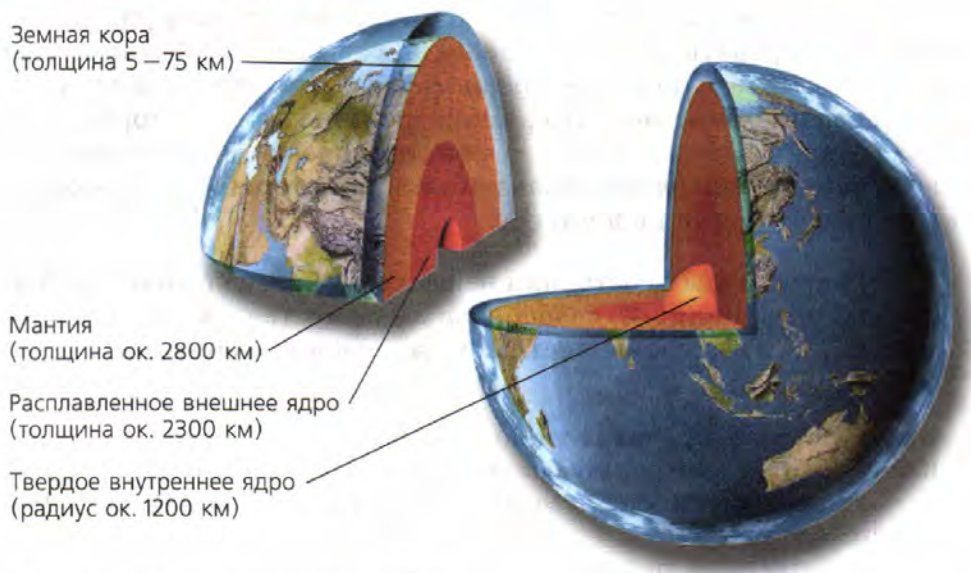


Рис. 52. Внутреннее строение Земли

и никеля, но кроме них, возможно, включает и некоторые другие элементы.

Почему мы оговорились «возможно»? Потому что о внутреннем строении Земли известно немного. Температура веществ в ядре достигает 5000—6600 °С.

За ядром располагается покрывающая его **мантия** (от греч. *mantion* — покрывало, плащ), толщина которой около 2800 км. Мантия состоит в основном из минералов, богатых, главным образом, тремя элементами: кремнием, магнием и железом. Она имеет температуру около 2000—2500 °С, поэтому можно предположить, что вещества мантии должны находиться в расплавленном состоянии, но этому мешает высокое давление. С процессами в мантии Земли связаны землетрясения, извержения вулканов и др. В мантии Земли на разных глубинах образуется **магма** (от греч. *magma* — густая мазь) — расплавленная вязко-жидкая, преимущественно силикатного состава масса, выходящая на поверхность при извержении вулканов в виде лавы. Магма содержит большое число различных химических элементов: кислород, кремний, алюминий, железо, магний, кальций, натрий, калий, а также летучие вещества: воду, оксиды углерода, сероводорода и др.



**Рис. 53.** Минералы: а — лазурит; б — корунд; в — аурипигмент; г — халькопирит

За мантией располагается **земная кора**, или часть литосферы. Толщина океанической земной коры 5—10 км, а континентальной — до 35 км на равнине и до 75 км в горных районах. Земная кора состоит из твердых минералов и горных пород.

**Минералы** — природные химические соединения или отдельные химические вещества, образовавшиеся в земной коре.

На Земле насчитывается около 3000 минералов, например поделочный камень *лазурит* (из него изготавливали природную краску ультрамарин), один из самых твердых минералов *корунд*, сырье для получения меди — *халькопирит*, *аурипигмент* — минерал, содержащий мышьяк (рис. 53) и уже знакомые вам *флюорит* и *галит*. (Из каких веществ в основном состоят эти знакомые вам минералы?)

**Горные породы** — природные соединения одного или нескольких минералов или скопление сцементированных минеральных обломков, слагающих основное вещество земной коры.

Различают несколько видов горных пород.

**Магматические горные породы** образуются при остывании и затвердевании магмы. Это, например, хорошо знакомый вам *гранит* — плотная зернистая горная порода с крупными кристаллами минералов (от лат. *granum* — зерно) (рис. 54).



**Рис. 54.** Гранит



**Рис. 55.** Песок — неорганическая осадочная порода



## ЛАБОРАТОРНЫЙ ОПЫТ

Рассмотрите при помощи увеличительного стекла или лупы кусочек гранита. Хорошо заметно его неоднородное строение. Красноватые или сероватые зерна — это полевой шпат, полупрозрачные — кварц, блестящие чешуйчатые зернышки — это слюда.

**Осадочные горные породы** образуются на поверхности земной коры в результате отложения продуктов разрушения горных пород на суше и на дне водоемов, а также путем отложения отмирающих организмов. Познакомимся с основными типами осадочных горных пород.

**Неорганические осадочные породы.** Они представляют собой обломки различных пород, которые за тысячи лет под действием воды, ветра, солнечных лучей измельчаются, дробятся и окатываются. Так образуются валуны, щебень, галька, песок (рис. 55), глина. Эти породы оседают на дно водоемов или накапливаются на суше. Иногда в речных наносах обнаруживают россыпи драгоценных минералов магматического происхождения (например, золота или алмазов).



**Рис. 56.** Горючие осадочные породы органического происхождения: а — каменный уголь; б — торф; в — горючие сланцы

**Органические осадочные породы.** Они образованы остатками растительных и животных организмов, накопившимися за миллионы лет. Это горючие полезные ископаемые: нефть, каменный уголь, горючие сланцы, торф (рис. 56). К негорючим осадочным породам органического происхождения относятся мел (рис. 57), известняк.



**Рис. 57.** Меловые горы в Белгородской области

- 1** Строение Земли. **2** Земное ядро. **3** Земная мантия. **4** Земная кора. **5** Минералы. **6** Горные породы. **7** Неорганические и органические осадочные породы.

**?**

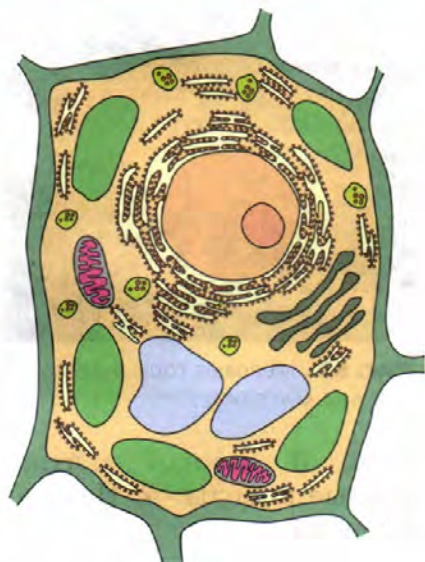
- 1.** Какое строение имеет планета Земля?
- 2.** Из чего состоит твердое внутреннее ядро Земли?
- 3.** Что такое «мантия» Земли? Какие элементы образуют мантию?
- 4.** Чем отличаются минералы от горных пород?
- 5.** Какие горные породы вы знаете? Приведите примеры.
- 6.** Какую оболочку Земли образуют минералы и горные породы?
- 7.** Какие минералы входят в состав горной породы гранит?

## § 8. ХИМИЯ И БИОЛОГИЯ

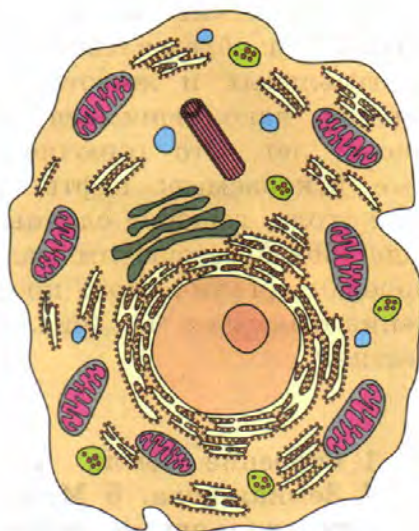
На уроках биологии вы уже встречались как с химическими веществами, так и с химическими реакциями.

Так, вы узнали, что любая клетка, растительная или животная, состоит из одних и тех же групп веществ (рис. 58).

Основная масса живой клетки приходится на воду, и это не случайно. Важна роль воды в клетках живых организмов. Она определяет их упругость, доставляет в клетки необходимые для жизни вещества и удаляет из них продукты жизнедеятельности, сама принимает участие в процессах превращения одних веществ в другие, непрерывно происходящих в живых клетках.



а



б

## РАСТИТЕЛЬНАЯ КЛЕТКА

## ЖИВОТНАЯ КЛЕТКА

### ВЕЩЕСТВА ЖИВОЙ КЛЕТКИ

#### Неорганические вещества

Вода

Минеральные соли

#### Органические вещества

Белки

Углеводы

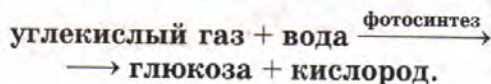
Жиры

Витамины

**Рис. 58.** Схемы строения растительной (а) и животной (б) клеток и их химический состав

Превращения одних веществ в другие называются химическими явлениями или химическими реакциями.

Так, наиболее известная вам из курса биологии химическая реакция — образование органического вещества глюкозы на свету из углекислого газа и воды, которая носит название **фотосинтеза** и упрощенно описывается схемой:



Однако этот процесс невозможен без особого вещества, содержащегося в зеленых листьях, — без хлорофилла (рис. 59).



**Рис. 59.** Без хлорофилла, который обуславливает зеленый цвет растений, невозможен фотосинтез

## ДЕМОНСТРАЦИОННЫЙ ОПЫТ

Зеленый листок растения учитель помещает в пробирку, заливает его спиртом, а затем нагревает пробирку в стакане с горячей водой или на пламени спиртовки. Через некоторое время спирт окрасится в изумрудно-зеленый цвет. Хлорофилл, содержащийся в клетках растения, хорошо растворяется в спирте.

Этот опыт для вас проделал учитель. Какое явление — физическое или химическое — он вам продемонстрировал?

А вот опыт по определению содержания неорганических и органических веществ вы с помощью учителя можете выполнить и сами.

## ДОМАШНИЙ ОПЫТ

Взвесьте 100 г свежего укропа или петрушки. Высушите зелень на солнце или батарее центрального отопления. На это потребуется 5—7 дней. Таким способом вы удалите из растения большую часть содержащейся в нем воды. Сколько граммов воды вы удалили высушиванием?

Сухой остаток с помощью учителя прокалите в муфельной печи. При этом из сухого остатка вы удалите все органические вещества, содержащиеся в растении. Взвесьте остаток после прокаливания. Он состоит из негорючих минеральных солей. Массы воды, органических и неорганических веществ (в граммах) покажет вам процентное содержание каждой группы этих соединений в зеленом растении, взятом для опыта.





**Рис. 60.** Подсолнечное масло — это жир растительного происхождения



**Рис. 61.** Сливочное масло — это жир животного происхождения

В повседневной жизни вы постоянно сталкиваетесь с такими важными веществами, как **жиры**.

Как вам известно, по консистенции жиры делятся на жидкие и твердые. Как правило, *жидкие жиры* имеют растительное происхождение, а *твердые жиры* — это жиры животные.

На любой кухне обязательно найдется жидкий растительный жир, который чаще называют растительным маслом: подсолнечным (рис. 60), оливковым, кукурузным и др. Сливочное масло также в основном состоит из жиров (рис. 61). Это жир животного происхождения: его получают из коровьего молока. Понятно, что свиное сало, говяжий жир — это жиры той же группы.

Жиры входят в состав любых живых организмов. За счет них многие организмы получают энергию, необходимую для жизни, и выполняют роль резервного запаса энергии: подобно тому, как рачительная хозяйка имеет запас продуктов на «крайний случай», живой организм запасает жиры на тот период, когда поступление питательных веществ извне внезапно прекратится.

Обнаружить жиры в тканях растений достаточно просто.



## ЛАБОРАТОРНЫЙ ОПЫТ

На лист белой бумаги положите семечку подсолнечника или кусочек ядра грецкого ореха и раздавите его. На бумаге образовалось жирное пятно.

Особую группу растительных масел составляют так называемые *эфирные масла*. Часто именно они придают цветам, ягодам, фруктам и плодам неповторимый запах.



## ЛАБОРАТОРНЫЙ ОПЫТ

Резко согнув корочку апельсина, выдавите небольшое количество эфирного масла на пламя свечи или газовой горелки. Что при этом наблюдается?

Эфирные масла — горючие органические вещества, они-то и вызывают небольшой «фейерверк».

В мире растений огромную роль играет группа органических веществ, называемых **углеводами**. К углеводам относятся сладкие на вкус *глюкоза* (виноградный сахар) и *фруктоза* (фруктовый сахар), а также *сахароза* (называемая в быту сахаром) и углевод, придающий сладкий вкус молоку животных, — *лактоза*. Все эти углеводы хорошо растворимы в воде. Однако в природе встречаются углеводы, нерастворимые в воде, например основной «строительный материал» клеток и тканей растений *целлюлоза*. Не растворяется, а набухает в воде запасное питательное вещество и один из важнейших компонентов пищи человека углевод под названием *крахмал*.

Обнаружим крахмал в некоторых продуктах питания с помощью эксперимента.



## ЛАБОРАТОРНЫЙ ОПЫТ

Из муки (ее изготавливают из зерен пшеницы) и небольшого количества воды замесите немного теста. Поместите кусочек теста в марлю и тщательно промойте его в стакане воды. К полученной мутной воде добавьте несколько капель настойки йода из аптечки. О чем свидетельствует появление сине-фиолетового окрашивания?

В марле осталась липкая тягучая масса. Это растительный белок, который называется *клейковина*.

Слово «белок» вам знакомо с раннего детства. Конечно, вы связываете его прежде всего с белком куриного яйца. Но вы даже не представляете, насколько велико разнообразие белковых веществ! **Белки** — это особая группа веществ, которые играют исключительно важную роль в живых организмах, т. е. участвуют в построении клеток и тканей, являются гормонами, ферментами, выполняют защитные функции и т. д.

Для нормального существования живому организму, и в первую очередь животному, необходимы углеводы, жиры, белки,



**Рис. 62.** Апельсины и лимоны богаты витамином С

а также вода и минеральные соли, которые поступают вместе с пищей. Растениям в этом плане повезло: они могут синтезировать углеводы из углекислого газа и воды (процесс фотосинтеза).

Существует еще одна удивительная группа веществ, которая называется *витаминами*. Впервые предположение о существовании этих особых веществ высказал русский врач-педиатр Н. И. Лунин

в 1880 г. Он кормил одну группу мышей искусственно приготовленной пищей, состоящей из чистых углеводов, белков и жиров, а другую — природными питательными веществами: зернами злаков, шариками из смеси бобовой муки и кусочков мяса, замешанных на молоке. Ученый обнаружил, что первая группа мышей вскоре начала болеть, а затем погибла. Вторая же группа продолжала чувствовать себя хорошо. Лунин сделал вывод, что в состав пищи второй группы мышей, помимо белков, жиров и углеводов, входят еще какие-то очень важные для жизни вещества. Позже их обнаружили и дали им название «витамины».

Вы не раз слышали об укрепляющем действии на организм витамина С (читается «витамин цэ», химическое название этого вещества — аскорбиновая кислота), как и о том, что им богаты фрукты (рис. 62) и овощи. Обнаружить витамин С можно с помощью той же настойки йода, которую он обесцвечивает.

## ДОМАШНИЙ ОПЫТ

Таблетку аскорбиновой кислоты растворите в  $\frac{1}{2}$  стакана воды. Добавьте несколько капель йодной настойки. Что наблюдается при этом?

Попробуйте обнаружить витамин С в свежем соке апельсина, лимона, яблока. Есть ли витамин С в газированных напитках, таких как «Фанта», «Дюшес», «Спрайт» и т. д.?

- 1 Растительная и животная клетки.
- 2 Химический состав веществ клетки.
- 3 Фотосинтез.
- 4 Хлорофилл.
- 5 Жиры.
- 6 Эфирные масла.
- 7 Углеводы.
- 8 Белки.
- 9 Витамины.

?

1. Сравните растительную и животную клетки.
2. Каких два типа веществ входят в состав растительных и животных клеток? На какие группы они подразделяются?
3. Как выделить хлорофилл из зеленых листьев?
4. Как доказать, что в состав зеленых растений входят вода и минеральные соли? Как определить содержание каждой группы неорганических веществ с помощью химического эксперимента?
5. Как обнаружить жир в тканях растений?
6. Что такое эфирные масла? Какое значение они имеют в мире растений? Как можно использовать их в пищевой и парфюмерной промышленности?
7. Назовите упоминаемые в параграфе углеводы. Какую качественную реакцию на крахмал вы знаете?
8. Какую роль в живых организмах играют белки?
9. Какие витаминные препараты есть в вашей домашней аптечке? Прочитайте на упаковке их состав.

## § 9. КАЧЕСТВЕННЫЕ РЕАКЦИИ В ХИМИИ

Некоторые вещества нетрудно распознать по внешнему виду, специфическим свойствам или характерному запаху. Например, алюминий (рис. 63) достаточно легко отличить от прочих металлов: он значительно легче других металлов, очень легко изменяет свою форму, при трении о белую ткань или бумагу оставляет серую полосу, подобно простому карандашу. Уксусная кислота (рис. 64) от остальных жидкостей отличается специфическим запахом. Кристаллы медного купороса имеют характерный синий цвет (рис. 65), легко растворяются в воде, образуя



Рис. 63. Алюминий



Рис. 64. Уксусная кислота



Рис. 65. Кристаллы медного купороса

прозрачный голубой раствор. Эти вещества трудно перепутать с другими.

Некоторые вещества распознать не так просто. Например, кислород и углекислый газ бесцветны и запаха не имеют. Как узнать, какой газ находится в сосуде? Для этого проводят химические реакции, сопровождающиеся какими-нибудь характерными признаками, которые мы можем зафиксировать с помощью органов чувств: зрения, обоняния, слуха. Подобные реакции называют **качественными**.

**Качественные реакции — это химические превращения, сопровождающиеся характерными признаками, с помощью которых проводят распознавание веществ.**

Как вы поняли, качественная реакция должна сопровождаться каким-то характерным признаком — сигналом, который можно заменить или почувствовать с помощью органов чувств. Это может быть изменение окраски, выпадение осадка, выделение газа, которое можно зафиксировать по появлению запаха, характерному звуку и т. д. Такие явления при проведении качественных реакций называют **аналитическим сигналом**.



## ДЕМОНСТРАЦИОННЫЙ ОПЫТ

В пробирки, наполненные кислородом и углекислым газом, учитель поочередно опускает тлеющую лучинку. В одной из пробирок лучинка гаснет (рис. 66), а в другой — ярко вспыхивает (рис. 67).

Проведенный учителем опыт позволяет отличить кислород от других газов. А как доказать, что во втором стакане находится именно углекислый газ, а, допустим, не азот, который тоже не поддерживает горение? Есть ли соответствующая углекислому газу качественная реакция?

Да, такая реакция существует.

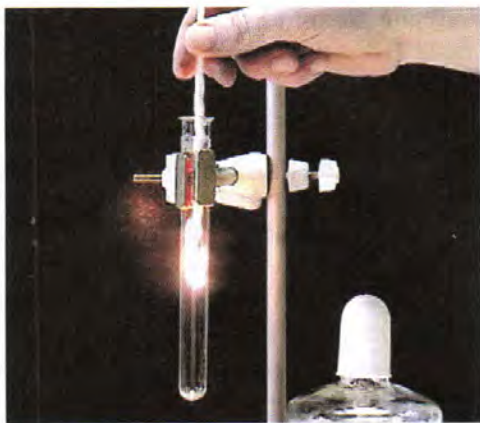


## ДЕМОНСТРАЦИОННЫЙ ОПЫТ

Приоткрыв крышку стакана, наполненного углекислым газом, учитель добавляет в него небольшое количество прозрачной жидкости — известковой воды. Закрыв крышку, встряхивает жидкость в стакане. При этом она мутнеет. Это качественная реакция на углекислый газ.



**Рис. 66.** В пробирке с углекислым газом горящая лучинка гаснет



**Рис. 67.** В пробирке с кислородом тлеющая лучинка ярко вспыхивает

Так, с помощью раствора гашеной извести в воде (гашеная известь применяется в строительстве и сельском хозяйстве) — так называемой *известковой воды* — можно обнаружить углекислый газ.

## ЛАБОРАТОРНЫЙ ОПЫТ

В выданную вам учителем пробирку с прозрачной известковой водой опустите стеклянную трубку и аккуратно продувайте через нее выдыхаемый воздух, по истечении некоторого времени раствор помутнеет.

Какой газ содержится в выдыхаемом воздухе?

**Вещество, с помощью которого проводят качественную реакцию, называется реактивом на определяемое вещество.**

Известковая вода служит реактивом на углекислый газ. Однако верно и обратное: с помощью углекислого газа можно провести качественную реакцию на известковую воду.

## ЛАБОРАТОРНЫЙ ОПЫТ

В четыре одинаковых сосуда налейте равные объемы: в 1-й — обычной воды; во 2-й — раствора поваренной соли; в 3-й — раствора сахара; в 4-й — известковой воды. Перемешайте сосуды. Определите, в каком из

## Химия в центре естествознания

сосудов находилась известковая вода, с помощью качественной реакции, т. е. пропуская через жидкость выдыхаемый воздух, обогащенный углекислым газом.

Чтобы реакцию можно было считать качественной, аналитический сигнал на определенный реактив должен появляться только при взаимодействии с одним или, по крайней мере, немногими веществами. Иначе трудно будет сделать вывод о том, какое вещество мы обнаружили с помощью данного реактива. Примером такой специфической пары *«определяемое вещество — реактив»* могут служить крахмал и раствор иода. Как вы знаете из предыдущего параграфа, крахмал с иодом и только с ним дает сине-фиолетовое окрашивание.

**1** Распознавание веществ с помощью качественных реакций. **2** Аналитический сигнал. **3** Распознавание кислорода, углекислого газа, известковой воды. **4** Распознавание крахмала и иода.

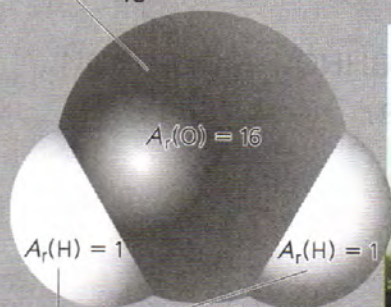
**?** — — — — —

1. Сравните следующие вещества: а) медь и алюминий; б) уксусную кислоту и этиловый спирт.
2. Какие реакции называют качественными?
3. Что такое реактив на определяемое вещество?
4. Как с помощью тлеющей лучинки распознать кислород и углекислый газ?
5. Приведите примеры, когда известковая вода является определяемым веществом, а когда — реактивом?
6. С помощью йодной настойки из домашней аптечки проведите обнаружение крахмала в картофеле, хлебе, макаронных изделиях. Присутствует ли крахмал в майонезе, йогурте, вареном мясе, рисовой крупе?
7. Какое яблоко — незрелое или спелое — содержит больше крахмала? Как определить это опытным путем? Проведите домашний эксперимент и наблюдения запишите в тетрадь.

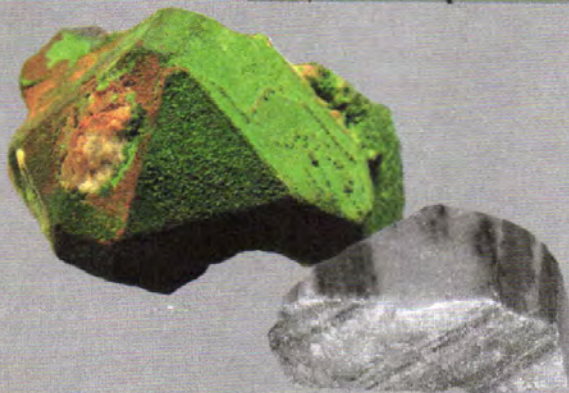
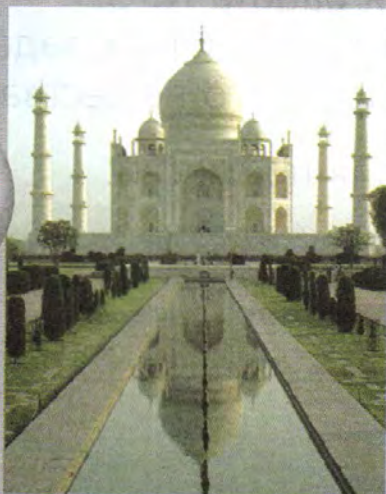
# М

# МАТЕМАТИКА В ХИМИИ

$$w(\text{O}) = \frac{16}{18} \cdot 100\% = 88,89\%$$



$$w(\text{H}) = \frac{2 \cdot 1}{18} \cdot 100\% = 11,11\%$$

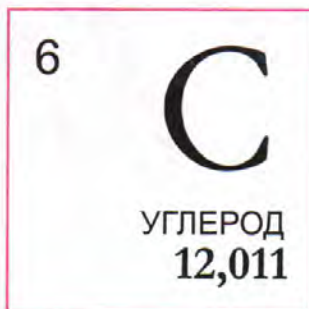




- Относительные атомная и молекулярная массы.
- Массовая доля элемента в сложном веществе.
- Чистые вещества и смеси.
- Объемная доля газа в смеси.
- Массовая доля вещества в растворе.
- Практическая работа № 3.  
Приготовление раствора с заданной массовой долей растворенного вещества.
- Массовая доля примесей.

## § 10. ОТНОСИТЕЛЬНЫЕ АТОМНАЯ И МОЛЕКУЛЯРНАЯ МАССЫ

Давайте внимательно посмотрим на таблицу Д. И. Менделеева и выберем один из элементов. Например, обитатель шестой клеточки — углерод. Что изображено в этой клетке? Знак химического элемента и его название. В верхнем левом углу — порядковый (атомный) номер элемента, под символом элемента — его название. А что означает записанное под названием число 12,011?



Это число называется **относительной атомной массой** элемента, в нашем случае — углерода.

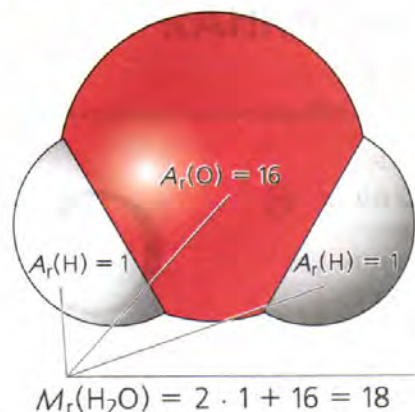
Как вы помните, одно из важнейших свойств атомов химических элементов — их масса.

Размерность массы вам хорошо известна: ее выражают в граммах, килограммах, миллиграммах. Существуют, конечно, и другие единицы массы: тонны, например, или центнеры. Однако в химии удобнее оперировать не точной массой атомов или молекул, а сравнением ее с чем-либо. Так как массы атомов и молекул чрезвычайно малы, их сравнивают с массой атома самого легкого элемента — водорода. Такое сравнение позволяет утверждать, что масса атома углерода в 12 раз больше массы атома водорода, масса атома кислорода — в 16 раз, а масса атома железа — в 56 раз.

**Величина, показывающая, во сколько раз масса атома данного элемента больше массы атома водорода, принятого за единицу, называется относительной атомной массой элемента.**

Относительную атомную массу элемента обозначают символом  $A_r$ . Подстрочная буква *r* — это первая буква английского слова *relative*, что значит «относительный». Например:

$$\begin{array}{ll} A_r(\text{H}) = 1, & A_r(\text{O}) = 16, \\ A_r(\text{C}) = 12, & A_r(\text{Fe}) = 56, \\ A_r(\text{N}) = 14, & A_r(\text{Cl}) = 35,5. \end{array}$$



**Рис. 68.** Расчет относительной молекулярной массы воды

сложить относительные атомные массы всех атомов, входящих в состав молекулы (рис. 68):

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

$M_r(\text{H}_2\text{O})$  — это **относительная молекулярная масса** воды. Правильнее было бы называть ее *относительной формульной массой*. Во-первых, не все вещества состоят из молекул (например, железо, графит или поваренная соль). Во-вторых, при расчете этой величины нужно *внимательно смотреть на формулу вещества* и не забывать про индексы, указывающие на число атомов или ионов каждого элемента, входящего в состав вещества:

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

$$M_r(\text{SO}_2) = A_r(\text{S}) + 2 \cdot A_r(\text{O}) = 32 + 2 \cdot 16 = 64;$$

$$M_r(\text{CuSO}_4) = A_r(\text{Cu}) + A_r(\text{S}) + 4 \cdot A_r(\text{O}) = 64 + 32 + 4 \cdot 16 = 160.$$

Зная относительные атомные массы, можно определять формулы химических веществ по соотношению масс элементов, входящих в его состав. Как произвести эти расчеты, расскажем на следующем уроке.

- 1** Определение относительной атомной массы элемента.
- 2** Расчет относительной молекулярной массы.

?

1. Что такое относительная атомная масса? Почему эта величина не имеет размерности?
2. Что такое относительная молекулярная масса? Как она рассчитывается?
3. В состав молекулы фосфорной кислоты входят три атома водорода, один атом фосфора и четыре атома кислорода. Найдите относительную молекулярную массу этого вещества.
4. Рассчитайте относительные молекулярные массы веществ по их формулам:  $\text{Br}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{KOH}$ ,  $\text{BaCl}_2$ . Значения относительных атомных масс найдите по таблице Д. И. Менделеева, округлите их до целых чисел (за исключением хлора,  $A_r(\text{Cl}) = 35,5$ ).
5. Атом серы образует с атомами кислорода два сложных вещества (их называют оксидами) разного состава. Относительная молекулярная масса первого оксида равна 64, а второго — 80. Выведите формулы этих оксидов.
6. Не производя расчетов, а только на основании значений относительных атомных масс (найдите их по таблице Д. И. Менделеева) определите, у какого из веществ, формулы которых приведены ниже, наибольшая и наименьшая относительные молекулярные массы:  
а) селеноводород  $\text{H}_2\text{Se}$ ; б) вода  $\text{H}_2\text{O}$ ; в) теллуридоводород  $\text{H}_2\text{Te}$ ; г) сероводород  $\text{H}_2\text{S}$ .

## § 11. МАССОВАЯ ДОЛЯ ЭЛЕМЕНТА В СЛОЖНОМ ВЕЩЕСТВЕ

С XVII в. химия перестала быть описательной наукой. Ученые-химики стали широко использовать методы измерения различных параметров вещества. Все более совершенствовалась конструкция весов, позволяющих определять массы образцов для газообразных веществ, помимо массы, измеряли также объем и давление. Применение количественных измерений дало возможность понять сущность химических превращений, определять состав сложных веществ.

Как вы уже знаете, в состав сложного вещества входят два или более химических элемента. Очевидно, что масса всего веществ-

ва складывается из масс составляющих его элементов. Значит, на долю каждого элемента приходится определенная часть массы вещества.

**Массовой долей элемента называется отношение массы этого элемента в сложном веществе к массе всего вещества, выраженное в долях единицы (или процентах).**

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

Массовая доля элемента в веществе обозначается латинской строчной буквой  $w$  (дубль-вэ) и показывает долю (часть массы), приходящуюся на данный элемент в общей массе вещества. Эта величина может выражаться в долях единицы или в процентах (рис. 69). Конечно, массовая доля элемента в сложном веществе всегда меньше единицы (или меньше 100%). Ведь часть от целого всегда меньше целого, как долька апельсина меньше всего апельсина.

Например, в состав оксида ртути  $\text{HgO}$  входят два элемента — ртуть и кислород. При нагревании 50 г этого вещества получается 46,3 г ртути и 3,7 г кислорода. Рассчитаем массовую долю ртути в сложном веществе:

$$w(\text{Hg}) = \frac{46,3 \text{ г}}{50 \text{ г}} = 0,926, \text{ или } 92,6\%.$$

Массовую долю кислорода в этом веществе можно рассчитать двумя способами. По определению массовая доля кислорода в оксиде ртути равна отношению массы кислорода к массе оксида ртути:

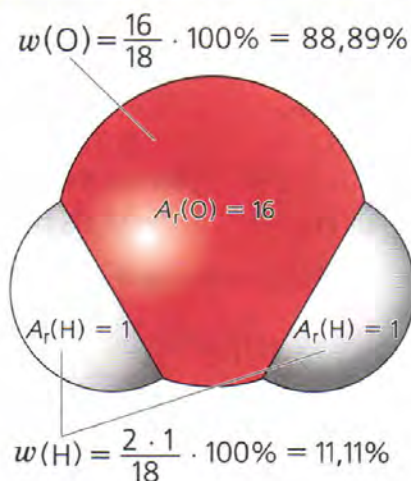
$$w(\text{O}) = \frac{3,7 \text{ г}}{50 \text{ г}} = 0,074, \text{ или } 7,4\%.$$

Зная, что сумма массовых долей элементов в веществе равна единице (100%), массовую долю кислорода можно вычислить по разности:

$$\begin{aligned} w(\text{O}) &= 1 - w(\text{Hg}) = 1 - 0,926 = 0,074, \\ \text{или } w(\text{O}) &= 100\% - 92,6\% = 7,4\%. \end{aligned}$$



**Рис. 69.** Диаграмма элементного состава оксида ртути



**Рис. 70.** Схема расчета массовых долей элементов в воде

Для того чтобы найти массовые доли элементов предложенным способом, необходимо провести сложный и трудоемкий химический эксперимент по определению массы каждого элемента. Если же формула сложного вещества известна, та же задача решается значительно проще.

Для расчета массовой доли элемента нужно его относительную атомную массу умножить на число атомов данного элемента в формуле и разделить на относительную молекулярную массу вещества.

$$w(\text{Э}) = \frac{A_r(\text{Э}) \cdot n(\text{Э})}{M_r(\text{вещества})} (\cdot 100\%).$$

Например, для воды (рис. 70):

$$M_r(\text{H}_2\text{O}) = 1 \cdot 2 + 16 = 18; w(\text{H}) = \frac{1 \cdot 2}{18} = 0,1111,$$

или 11,11% ;

$$w(\text{O}) = \frac{16}{18} = 0,8889, \text{ или } 88,89\% .$$

Давайте потренируемся в решении задач на вычисление массовых долей элементов в сложных веществах.

**Задача 1.** Рассчитайте массовые доли элементов в аммиаке, формула которого  $\text{NH}_3$ .

| <i>Дано.</i>      | <i>Решение.</i>                                                                   |
|-------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| $\text{NH}_3$     | 1. Рассчитаем относительную молекулярную массу аммиака:                           |
| $w(\text{N}) = ?$ | $M_r(\text{NH}_3) = A_r(\text{N}) + 3 \cdot A_r(\text{H}) = 14 + 3 \cdot 1 = 17.$ |
| $w(\text{H}) = ?$ |                                                                                   |

2. Найдем массовую долю азота в веществе:

$$w(\text{N}) = \frac{A_r(\text{N}) \cdot n(\text{N})}{M_r(\text{NH}_3)} = \frac{14 \cdot 1}{17} = 0,8235, \text{ или } 82,35\%.$$

3. Вычислим массовую долю водорода в аммиаке:

$$w(\text{H}) = 1 - w(\text{N}) = 1 - 0,8235\% = 0,1765, \text{ или } 17,65\%.$$

**Ответ.**  $w(\text{N}) = 82,35\%$ ,  $w(\text{H}) = 17,65\%$ .

**Задача 2.** Рассчитайте массовые доли элементов в серной кислоте, имеющей формулу  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .

| <i>Дано.</i>            | <i>Решение.</i>                                                                                |
|-------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $\text{H}_2\text{SO}_4$ | 1. Рассчитаем относительную молекулярную массу серной кислоты:                                 |
| $w(\text{H}) = ?$       | $M_r(\text{H}_2\text{SO}_4) = 2 \cdot A_r(\text{H}) + A_r(\text{S}) + 4 \cdot A_r(\text{O}) =$ |
| $w(\text{S}) = ?$       | $= 2 \cdot 1 + 32 + 4 \cdot 16 = 98.$                                                          |
| $w(\text{O}) = ?$       |                                                                                                |

2. Найдем массовые доли водорода, серы, кислорода в веществе:

$$w(\text{H}) = \frac{A_r(\text{H}) \cdot n(\text{H})}{M_r(\text{H}_2\text{SO}_4)} = \frac{1 \cdot 2}{98} = 0,0204, \text{ или } 2,04\%;$$

$$w(\text{S}) = \frac{A_r(\text{S}) \cdot n(\text{S})}{M_r(\text{H}_2\text{SO}_4)} = \frac{32 \cdot 1}{98} = 0,3265, \text{ или } 32,65\%;$$

$$w(\text{O}) = 1 - (w(\text{H}) + w(\text{S})) = 1 - (0,0204 + 0,3265) = 0,6531, \text{ или } 65,31\%.$$

**Ответ.**  $w(\text{H}) = 2,04\%$ ,  $w(\text{S}) = 32,65\%$ ,  $w(\text{O}) = 65,31\%$ .

Чаще химикам приходится решать обратную задачу: по массовым долям элементов определять формулу сложного вещества.

То, как решаются подобные задачи, проиллюстрируем одним историческим примером.

**Задача 3.** Из природных минералов — тенорита и куприта (рис. 71) были выделены два соединения меди с кислородом (оксиды). Они отличались друг от друга по цвету и массовым долям элементов. В черном оксиде (рис. 72), выделенном из тенорита, массовая доля меди составляла 80%, а массовая доля кислорода — 20%. В оксиде меди красного цвета, выделенного из куприта, массовые доли элементов составляли соответственно 88,9% и 11,1%. Каковы же формулы этих сложных веществ? Решим эти две несложные задачи.

**Дано.**

$$w(\text{Cu}) = 80\%,$$

или 0,8

$$w(\text{O}) = 20\%,$$

или 0,2

$$\text{Cu}_x\text{O}_y = ?$$

**Решение.**

1. Обозначим формулу вещества с помощью индексов  $x, y$  — по числу химических элементов в его составе:  $\text{Cu}_x\text{O}_y$ .

2. Отношение индексов равно отношению частных от деления массовой доли элемента в соединении на относительную атомную массу элемента:

$$x : y = \frac{w(\text{Cu})}{A_r(\text{Cu})} : \frac{w(\text{O})}{A_r(\text{O})} = \frac{0,8}{64} : \frac{0,2}{16} = 0,0125 : 0,0125.$$



**Рис. 71.** Минерал куприт



**Рис. 72.** Оксид меди черного цвета, выделенный из минерала тенорита



3. Полученное соотношение нужно привести к значениям целых чисел: ведь индексы в формуле, показывающие число атомов, не могут быть дробными. Для этого полученные числа надо разделить на меньшее из них (в нашем случае они равны).

$$x : y = \frac{0,0125}{0,0125} : \frac{0,0125}{0,0125} = 1 : 1.$$

Подставим в формулу  $\text{Cu}_x\text{O}_y$  значения  $x$  и  $y$  и получим формулу  $\text{CuO}$ .

**Ответ.** Формула соединения  $\text{CuO}$ .

Найдем формулу другого, красного оксида меди.

**Дано.**

$$w(\text{Cu}) = 88,9\%,$$

$$\text{или } 0,889$$

$$w(\text{O}) = 11,1\%,$$

$$\text{или } 0,111$$

---


$$\text{Cu}_x\text{O}_y = ?$$

**Решение.**

1. Обозначим его формулу  $\text{Cu}_x\text{O}_y$ .

2. Найдем соотношение индексов  $x$  и  $y$ :

$$\begin{aligned} x : y &= \frac{w(\text{Cu})}{A_r(\text{Cu})} : \frac{w(\text{O})}{A_r(\text{O})} = \frac{0,889}{64} : \frac{0,111}{16} = \\ &= 0,01388 : 0,00694. \end{aligned}$$

3. Приведем соотношение индексов к значениям целых чисел, т. е. разделим на меньшее число в соотношении:

$$x : y = \frac{0,01388}{0,00694} : \frac{0,00694}{0,00694} = 2 : 1.$$

**Ответ.** Формула соединения  $\text{Cu}_2\text{O}$ .

А теперь немного усложним задачу.

**Задача 4.** По данным элементного анализа, прокаленная горькая соль имеет следующий состав: массовая доля магния 20,0%, массовая доля серы — 26,7%, массовая доля кислорода — 53,3%.

**Дано.**

$$w(\text{Mg}) = 20,0\%,$$

$$\text{или } 0,2$$

$$w(\text{S}) = 26,7\%,$$

$$\text{или } 0,267$$

$$w(\text{O}) = 53,3\%,$$

$$\text{или } 0,533$$

---


$$\text{Mg}_x\text{S}_y\text{O}_z = ?$$

**Решение.**

1. Обозначим формулу вещества с помощью индексов  $x, y, z$ :  $\text{Mg}_x\text{S}_y\text{O}_z$ .

2. Найдем соотношение индексов:

$$\begin{aligned} x : y : z &= \frac{w(\text{Mg})}{A_r(\text{Mg})} : \frac{w(\text{S})}{A_r(\text{S})} : \frac{w(\text{O})}{A_r(\text{O})} = \\ &= \frac{0,2}{24} : \frac{0,267}{32} : \frac{0,533}{16} = \\ &= 0,00833 : 0,00834 : 0,03331. \end{aligned}$$

3. Определим значения индексов  $x$ ,  $y$ ,  $z$ :

$$x : y : z = \frac{0,00833}{0,00833} : \frac{0,00834}{0,00833} : \frac{0,03331}{0,00833} \approx 1 : 1 : 4.$$

**Ответ.** Формула вещества  $\text{MgSO}_4$ .

**1** Массовая доля элемента. **2** Примеры решения задач: а) расчет массовой доли элемента; б) определение формулы сложного вещества по известным массовым долям элементов.

?

1. Что называется массовой долей элемента в сложном веществе? Как рассчитывается эта величина?
2. Рассчитайте массовые доли элементов в веществах: а) углекислом газе  $\text{CO}_2$ ; б) сульфиде кальция  $\text{CaS}$ ; в) натриевой селитре  $\text{NaNO}_3$ ; г) оксиде алюминия  $\text{Al}_2\text{O}_3$ .
3. В каком из азотных удобрений массовая доля питательного элемента азота наибольшая: а) хлориде аммония  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ; б) сульфате аммония  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ; в) мочеvine  $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ ?
4. В минерале пирите на 7 г железа приходится 8 г серы. Вычислите массовые доли каждого элемента в этом веществе и определите его формулу.
5. Массовая доля азота в одном из его оксидов равна 30,43%, а массовая доля кислорода — 69,57%. Определите формулу оксида.
6. В средние века из золы костра выделяли вещество, которое называли поташ и использовали для варки мыла. Массовые доли элементов в этом веществе составляют: калий — 56,6%, углерод — 8,7%, кислород — 34,7%. Определите формулу поташа.

## § 12. ЧИСТЫЕ ВЕЩЕСТВА И СМЕСИ

Один из самых любимых материалов скульпторов и архитекторов — мрамор (рис. 73). Окраска этой горной породы удивительно разнообразна: молочно-белая, серая, розоватая. Причудливый узор радует глаз. Мрамор послушен и податлив в руках мастера, он легко обрабатывается и прекрасно полируется до зеркального блеска. Мрамор — материал, из которого можно изготовить облицовочную плитку, статую или колонну дворца. Плитка, ста-



**Рис. 73.** Мрамор — излюбленный материал скульпторов и архитекторов

туя, колонна — это физические тела, изделия. А вот основу мрамора составляет вещество, которое называется *карбонат кальция*. То же вещество входит в состав других минералов: мела, известняка.

Давайте проследим логическую цепочку взаимосвязи понятий: «физическое тело» — «материал» — «вещество» еще на нескольких примерах. Полезный предмет — линейка сделана из материала пластмассы. Скорее всего, основное вещество пластмассы — полипропилен. Оконная рама — физическое тело, древесина — материал, целлюлоза — основное вещество древесины. Лезвие ножа стальное, сталь — это сплав, основной компонент которого — вещество железо.

А теперь давайте подумаем: почему мрамор бывает разного цвета? Почему на его поверхности играет неповторимый узор? Потому что помимо карбоната кальция в его состав входят примеси, придающие окраску. Аналогично и линейки бывают разного цвета, который зависит от того, какой краситель добавляют в пластмассу. В состав материала резины для изготовления автомобильных покрышек входит 24 компонента, важнейшим из которых является химическое вещество каучук.

Вот и получается, что чистых веществ в природе, в технике, в быту очень немного. Гораздо чаще встречаются смеси — сочетание двух или более веществ. Воздух — это смесь различных газов;

нефть — природная смесь органических веществ (углеводородов); любые минералы, горные породы — это тоже твердые смеси различных веществ.

Смеси различаются величиной входящих в их состав частиц веществ. Иногда эти частицы настолько велики, что их можно видеть невооруженным глазом. Если смешать речной песок с сахарным, вы без труда различите отдельные кристаллики друг от друга, особенно если будете пользоваться для этой цели увеличительным стеклом. К подобным смесям можно отнести, например, стиральный порошок, кулинарные смеси для выпечки блинов или тортов, строительные смеси.

Порой частички компонентов в смесях более мелкие, неразличимые глазом. Например, в состав муки входят крупинцы крахмала и белка, которые невозможно различить невооруженным глазом. Молоко — это тоже водная смесь, в которой содержатся маленькие капельки жира, белок, лактоза и другие вещества. Увидеть капельки жира в молоке можно, если рассмотреть каплю молока под микроскопом.

Агрегатное состояние веществ в смеси может быть различным. Зубная паста, например, это смесь твердых и жидких составляющих (рис. 74).



**Рис. 74.** Зубная паста представляет собой гетерогенную смесь жидких и твердых компонентов

**Смеси, в которых частички составляющих их веществ видны невооруженным глазом или под микроскопом, называются неоднородными или гетерогенными.**

Есть смеси, при образовании которых вещества настолько «проникают друг в друга», что разбиваются на мельчайшие частицы, не различимые даже под микроскопом. Как бы вы ни всматривались в воздух, различить составляющие его газы вам не удастся. Также бесполезно искать «неоднородность» в растворах уксусной кислоты или поваренной соли в воде.

**Смесь, в которой даже с помощью увеличительных приборов нельзя увидеть частицы составляющих ее веществ, называется однородной или гомогенной.**



**Рис. 75.** Солнечный свет рассеивается на частичках влаги в воздухе лесной чащи

Однородные смеси по агрегатному состоянию делятся на газообразные, жидкие и твердые.

Смесь любых газов всегда *гомогенна*. Например, чистый воздух — это гомогенная смесь азота, кислорода, углекислого и благородных газов, водяных паров. А вот пыльный воздух — это уже *гетерогенная смесь* тех же газов, только содержащая еще и частицы пыли. Вам наверняка доводилось не раз видеть, как ранним утром через неплотно задернутые шторы в комна-

ту пробиваются солнечные лучи. Пути их нередко бывают отмечены светящимися дорожками: это взвешенные в воздухе частички пыли рассеивают солнечный свет (рис. 75). Смог над городом или над промышленным предприятием — это тоже гетерогенная смесь: воздух, в котором содержатся не только частицы пыли, но также частицы сажи, капельки различных жидкостей и др. (рис. 76).

*Природный газ, попутный нефтяной газ* также представляют собой природные смеси газообразных веществ, основным компонентом которых является метан  $\text{CH}_4$ . Тот же метан поступает в наши квартиры по паутине трубопроводов и горит на кухне веселым голубым пламенем. Но бытовой газ — это тоже смесь. В ее состав специально вводят резко пахнущие вещества, чтобы можно было по запаху почувствовать малейшую утечку газа. Для чего это необходимо? Дело в том, что воздух (необходимый для дыхания всего живого), природный газ (незаменимое топливо и сырье для химической промышленности) — это великое благо человечества, но их смесь превращается в грозную разрушительную силу из-за чрезвычайной взрывоопасности. Из средств массовой информации вы, безусловно, знаете о трагедиях, связанных со взрывами метана в угольных шахтах, взрывами бытового газа в результате преступной халатности или пренебрежения элементарными нормами безопасности. Почувствовав запах газа в квар-



**Рис. 76.** Смог над промышленным предприятием

тире или в подъезде своего дома, вы должны немедленно перекрыть (если это возможно) краны и вентили, проветрить помещение, по телефону **04** вызвать специализированную аварийную службу. При этом категорически запрещается пользоваться открытым огнем, включать или выключать электроприборы.

К жидким природным смесям относится *нефть*. В ее состав входят сотни различных компонентов, главным образом соединения углерода. Нефть называют «кровью Земли», «черным золотом», и вам хорошо известно, какую значительную роль в экономике нашего государства и многих других стран играет добыча, переработка и экспорт нефти и нефтепродуктов.

Безусловно, самой распространенной жидкой смесью, а точнее раствором, является *вода морей и океанов*. Вы уже знаете, что в одном литре морской воды в среднем содержится 35 г солей, основная часть которых приходится на хлорид натрия. В отличие от чистой воды, морская имеет горько-соленый вкус, замерзает не при 0 °С, а при -1,9 °С.

С жидкими смесями в повседневной жизни вы сталкиваетесь постоянно. Шампуни, напитки, микстуры, препараты бытовой химии — все это смеси веществ. Даже воду из-под крана нельзя считать чистым веществом: в ней содержатся растворенные соли, мельчайшие нерастворимые примеси. Специальные бытовые фильтры помогут очистить водопроводную воду не только от твер-

дых частиц, но и от некоторых растворенных примесей. Растворы реактивов на водопроводной воде готовить нельзя. Воду для этого очищают методом дистилляции, о чем вы узнаете немного позже.

Широко распространены и твердые смеси. Как мы уже говорили, горные породы представляют собой смесь нескольких веществ. Почва, глина, песок — это тоже смеси. К твердым смесям можно отнести стекло, керамику, сплавы.

Скажите, одинаков ли состав воздуха, который мы вдыхаем и который выдыхаем. Конечно, нет. В нем становится меньше кислорода, зато больше углекислого газа. Но «больше», «меньше» — понятия относительные. Состав смесей можно выразить количественно, т. е. в цифрах. Как? Об этом поговорим в следующем параграфе.

**1** Логическая цепочка понятий: «физическое тело» — «материал» — «вещество». **2** Чистые вещества. **3** Гетерогенные и гомогенные смеси. **4** Газообразные, жидкие и твердые смеси.

?

1. В чем отличие материала от химического вещества?
2. Может ли вода в различных агрегатных состояниях быть материалом? Приведите примеры.
3. Что такое смесь? Приведите примеры природных смесей различного агрегатного состояния. Назовите компоненты этих смесей.
4. Приведите примеры бытовых смесей различного агрегатного состояния. Назовите компоненты этих смесей.
5. Какие смеси называются гетерогенными? Приведите примеры таких природных и бытовых смесей и назовите их компоненты.
6. Какие смеси называются гомогенными? Приведите примеры таких природных и бытовых смесей и назовите их компоненты.
7. Какой воздух может рассматриваться как гомогенная, а какой — как гетерогенная смесь?

## § 13. ОБЪЕМНАЯ ДОЛЯ ГАЗА В СМЕСИ

В состав воздуха входит несколько различных газов: кислород, азот, углекислый газ, благородные газы, водяные пары и некоторые другие вещества. Содержание каждого из этих газов в чистом воздухе строго определено.

Для того чтобы выразить состав смеси газов в цифрах, т. е. количественно, используют особую величину, которую называют **объемной долей** газов в смеси.

**Объемной долей** газа в смеси называют отношение объема данного газа к общему объему смеси.

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

Объемную долю газа в смеси обозначают буквой  $\varphi$  (фи).

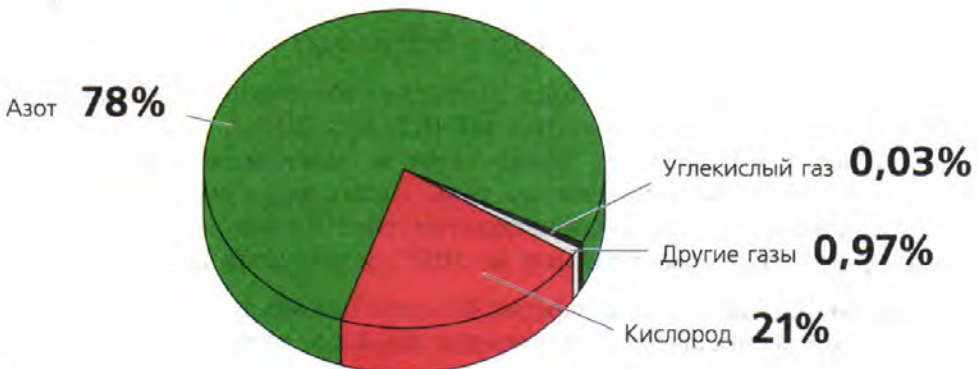
Что же показывает объемная доля газа в смеси, или, как говорят, каков физический смысл этой величины? Она показывает, какую часть общего объема смеси занимает данный газ.

Если бы нам удалось разделить 100 л воздуха на отдельные газообразные компоненты, мы получили бы около 78 л азота  $N_2$ , 21 л кислорода  $O_2$ , 0,03 л углекислого газа  $CO_2$ , в оставшемся объеме содержались бы так называемые *благородные газы* (главным образом аргон Ar) и некоторые другие вещества (рис. 77).

Давайте рассчитаем объемные доли этих газов в воздухе:

$$\varphi(N_2) = \frac{V(N_2)}{V(\text{возд.})} = \frac{78 \text{ л}}{100 \text{ л}} = 0,78, \text{ или } 78\%;$$

$$\varphi(O_2) = \frac{V(O_2)}{V(\text{возд.})} = \frac{21 \text{ л}}{100 \text{ л}} = 0,21, \text{ или } 21\%;$$



**Рис. 77.** Диаграмма атмосферного воздуха



$$\varphi(\text{CO}_2) = \frac{V(\text{CO}_2)}{V(\text{возд.})} = \frac{0,03 \text{ л}}{100 \text{ л}} = 0,0003, \text{ или } 0,03\%;$$

$$\varphi(\text{благородных газов}) = \frac{V(\text{благородных газов})}{V(\text{возд.})} = \frac{0,97 \text{ л}}{100 \text{ л}} = 0,0097, \\ \text{или } 0,97\%.$$

Сумма объемных долей всех газов в смеси всегда равна 1, или 100%:

$$\varphi(\text{N}_2) + \varphi(\text{O}_2) + \varphi(\text{CO}_2) + \varphi(\text{благородных газов}) = 78\% + 21\% + \\ + 0,03\% + 0,97\% = 100\%.$$

Тот воздух, который мы выдыхаем, гораздо беднее кислородом (его объемная доля снижается до 16%), зато содержание углекислого газа возрастает до 4%. Такой воздух для дыхания уже непригоден. Вот почему помещение, в котором находится много людей, надо регулярно проветривать.

В химии, в производстве чаще приходится сталкиваться с обратной задачей: определять объем газа в смеси по известной объемной доле. Вычислим, к примеру, какой объем кислорода содержится в 500 л воздуха.

Из определения объемной доли газа в смеси

$$\varphi(\text{O}_2) = \frac{V(\text{O}_2)}{V(\text{возд.})}$$

выразим объем кислорода:

$$V(\text{O}_2) = V(\text{возд.}) \cdot \varphi(\text{O}_2).$$

Подставим в уравнение числа и рассчитаем объем кислорода:

$$V(\text{O}_2) = V(\text{возд.}) \cdot \varphi(\text{O}_2) = 500 \text{ л} \cdot 0,21 = 105 \text{ л}.$$

Кстати, для приближенных расчетов объемную долю кислорода в воздухе можно принять равной 0,2, или 20%.

При расчете объемных долей газов в смеси можно воспользоваться одной маленькой хитростью. Зная, что сумма объемных долей равна 100%, для «последнего» газа в смеси эту величину можно рассчитать вычитанием из 100% известных величин.

**Задача 5.** Анализ атмосферы Венеры показал, что в 50 мл венерианской атмосферы содержится 48,5 мл углекислого газа и 1,5 мл азота. Рассчитайте объемные доли газов в атмосфере этой планеты.

**Дано.**

$$V(\text{смеси}) = 50 \text{ мл}$$

$$V(\text{CO}_2) = 48,5 \text{ мл}$$

$$V(\text{N}_2) = 1,5 \text{ мл}$$

$$\varphi(\text{CO}_2) = ?$$

$$\varphi(\text{N}_2) = ?$$

**Решение.**

1. Рассчитаем объемную долю углекислого газа в смеси. По определению

$$\varphi(\text{CO}_2) = \frac{V(\text{CO}_2)}{V(\text{смеси})} = \frac{48,5 \text{ мл}}{50 \text{ мл}} = 0,97, \\ \text{или } 97\%.$$

2. Вычислим объемную долю азота в смеси, зная, что сумма объемных долей газов в смеси равна 100%:

$$\varphi(\text{CO}_2) + \varphi(\text{N}_2) = 100\%;$$

$$\varphi(\text{N}_2) = 100\% - \varphi(\text{CO}_2) = 100\% - 97\% = 3\%.$$

**Ответ.**  $\varphi(\text{CO}_2) = 97\%$ ,  $\varphi(\text{N}) = 3\%$ .

С помощью какой величины измеряют содержание компонентов в смесях другого типа, например в растворах? Понятно, что в этом случае пользоваться объемной долей неудобно. На помощь приходит новая величина, о которой вы узнаете на следующем уроке.

**1** Определение объемной доли газа в смеси. **2** Состав атмосферного воздуха. **3** Примеры решения задач.

**?**

1. Что такое объемная доля компонента в газовой смеси?
2. Объемная доля аргона в воздухе 0,9%. Какой объем воздуха необходим для получения 5 л аргона?
3. При разделении воздуха было получено 224 л азота. Какие объемы кислорода и углекислого газа были получены при этом?
4. Объемная доля метана в природном газе составляет 92%. Какой объем этой газовой смеси будет содержать 4,6 мл метана?
5. Смешали 6 л кислорода и 2 л углекислого газа. Найдите объемную долю каждого газа в полученной смеси.

## § 14. МАССОВАЯ ДОЛЯ ВЕЩЕСТВА В РАСТВОРЕ

— Сколько ложечек сахара ты кладешь в чай?

— Дома две, в гостях восемь.

Шутка известная, но давайте посмотрим на нее глазами химика. Вряд ли вам понравится такой «чай в гостях». Уж очень сладкий

он будет из-за неумеренного содержания сахара! Содержание растворенного вещества в растворе химика называют **концентрацией**.

Концентрацию вещества можно выражать различными способами. Кстати, число ложечек на стакан воды — способ вполне приемлемый, но только для кухни. Трудно представить себе химика, приготавливающего раствор таким образом.

Один из самых распространенных способов выражения концентрации — это *массовая доля вещества* в растворе.

**Массовой долей вещества в растворе называют отношение массы растворенного вещества к массе раствора.**

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

Не правда ли, очень похоже на объемную долю? Так оно и есть, ведь любая доля, как вы уже знаете, — это отношение части чего-либо к целому. Как и массовая доля элемента в сложном веществе, массовая доля вещества в растворе обозначается латинской буквой  $w$  и может принимать значения от 0 до 1 (или от 0 до 100%). Она показывает, какая часть массы раствора приходится на растворенное вещество. И еще: массовая доля вещества в процентах численно равна массе растворенного вещества в 100 г раствора. К примеру, в 100 г 3%-го раствора уксуса содержится 3 г чистой уксусной кислоты.

Самые простые растворы состоят из двух компонентов. Первый — это **растворитель**. Для нас более привычны жидкие растворы, значит, растворитель в них — жидкое вещество. Чаще всего это вода.

Второй компонент раствора — **растворенное вещество**. Им может быть и газообразное, и жидкое, и твердое вещество.

Масса раствора складывается из массы растворителя и массы растворенного вещества, т. е. верно выражение:

$$m(\text{раствора}) = m(\text{растворителя}) + m(\text{растворенного вещества}).$$

Предположим, массовая доля растворенного вещества равна 0,1, или 10%. Значит, оставшиеся 0,9, или 90%, — это массовая доля растворителя.

Массовая доля растворенного вещества широко используется не только в химии, но и в медицине, биологии, физике, да и в по-

вседневной жизни. В качестве небольшой иллюстрации сказанному рассмотрим решение некоторых задач прикладного характера.

**Задача 6.** Перед посадкой семена томатов дезинфицируют (протравливают) 1%-м раствором  $\text{KMnO}_4$  (марганцовки). Какую массу такого раствора можно приготовить из 0,25 г  $\text{KMnO}_4$ ?

**Дано.**

$$w(\text{KMnO}_4) = 0,01$$

$$m(\text{KMnO}_4) = 2,5 \text{ г}$$

$$m(\text{раствора}) = ?$$

**Решение.**

Зная массу растворенного вещества и его массовую долю в растворе, можно вычислить массу раствора:

$$w(\text{KMnO}_4) = \frac{m(\text{KMnO}_4)}{m(\text{раствора})};$$

$$m(\text{раствора}) = \frac{m(\text{KMnO}_4)}{w(\text{KMnO}_4)} = \frac{2,5}{0,01} = 250 \text{ г.}$$

**Ответ.**  $m(\text{раствора}) = 250 \text{ г.}$

**Задача 7.** В медицине широко применяют так называемые физиологические растворы, в частности раствор поваренной соли с массовой долей растворенного вещества 0,9%. Рассчитайте массы соли и воды, необходимые для приготовления 1500 г физиологического раствора.

**Дано.**

$$w(\text{соли}) = 0,009$$

$$m(\text{раствора}) = 1500 \text{ г}$$

$$m(\text{соли}) = ?$$

$$m(\text{воды}) = ?$$

**Решение.**

1. Вычислим массу соли, необходимую для приготовления 1500 г физиологического раствора:

$$w(\text{соли}) = \frac{m(\text{соли})}{m(\text{раствора})};$$

$$m(\text{соли}) = m(\text{раствора}) \cdot w(\text{соли}) = 1500 \text{ г} \cdot 0,009 = 13,5 \text{ г.}$$

2. Определим массу воды, необходимой для приготовления раствора:

$$m(\text{раствора}) = m(\text{воды}) + m(\text{соли});$$

$$m(\text{воды}) = m(\text{раствора}) - m(\text{соли}) = 1500 \text{ г} - 13,5 \text{ г} = 1486,5 \text{ г.}$$

**Ответ.**  $m(\text{соли}) = 13,5 \text{ г}; m(\text{воды}) = 1486,5 \text{ г.}$

Отличаются ли свойства растворов от свойств компонентов, образующих эти гомогенные смеси?



**Рис. 78.** Морская вода – это тоже раствор с массовой долей растворенных солей около 3,5%

С помощью домашнего эксперимента (задание 9 к этому параграфу) вам будет нетрудно убедиться в том, что раствор замерзает при более низкой температуре, чем чистый растворитель. Например, морская вода (рис. 78) начинает замерзать при температуре  $-1,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ , в то время как чистая вода кристаллизуется при  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

- 1** Концентрация. **2** Массовая доля вещества в растворе. **3** Растворитель. **4** Растворенное вещество. **5** Примеры расчетных задач.

?

1. Что такое массовая доля растворенного вещества? Сравните понятия «объемная» и «массовая доля» компонентов смеси.
2. Массовая доля иода в аптечной йодной настойке составляет 5%. Какую массу иода и спирта нужно взять, чтобы приготовить 200 г настойки?
3. В 150 г воды растворили 25 г поваренной соли. Определите массовую долю соли в полученном растворе.
4. В 200 г столового уксуса содержится 6 г уксусной кислоты. Определите массовую долю кислоты в столовом уксусе.
5. Найдите массу воды и лимонной кислоты, необходимых для приготовления 50 г 5%-го раствора.
6. Из 240 г 3%-го раствора питьевой соды выпарили 80 г воды. Найдите массовую долю соды в полученном растворе.

7. К 150 г 20%-го раствора сахара добавили 30 г сахара. Найдите массовую долю вещества в полученном растворе.
8. Смешаем два раствора серной кислоты: 80 г 40%-го и 160 г 10%-го раствора. Найдите массовую долю кислоты в полученном растворе.
9. Пять чайных ложек поваренной соли (полных, с горкой) растворите в 450 г (450 мл) воды. Учítывая, что масса соли в каждой ложке примерно 10 г, рассчитайте массовую долю соли в растворе. Возьмите две одинаковые пластиковые бутылки объемом 0,5 л. В 1-ю налейте полученный раствор, а во 2-ю — водопроводную воду. Поместите бутылки в морозильную камеру холодильника. Загляните в холодильник примерно через час. Какая жидкость начнет замерзать раньше? В какой бутылке содержимое раньше превратится в лед? Сделайте вывод.

### Практическая работа № 3

## Приготовление раствора с заданной массовой долей растворенного вещества

Цель работы состоит в приготовлении раствора с заданной массовой долей путем растворения рассчитанной массы твердого вещества в определенном объеме воды.

Рассчитайте массу твердого вещества, необходимого для приготовления раствора, в соответствии с вашим вариантом задания (табл. 3). На весах отмерьте рассчитанную массу твердого вещества и перенесите его в химический стакан.

Рассчитайте массу воды, необходимой для приготовления раствора. Поскольку плотность воды равна 1 г/мл, рассчитанная ва-

### Варианты заданий для выполнения практической работы № 3

Таблица 3

| Вариант | Растворенное вещество | Масса раствора, г | Массовая доля растворенного вещества, % |
|---------|-----------------------|-------------------|-----------------------------------------|
| 1       | Поваренная соль       | 80                | 10                                      |
| 2       | Сахар                 | 150               | 5                                       |
| 3       | Сода питьевая         | 50                | 2                                       |
| 4       | Натриевая селитра     | 70                | 10                                      |

ми масса численно равна ее объему воды. С помощью мерного цилиндра отмерьте вычисленный объем воды и прилейте его к веществу в стакане. Перемешивая содержимое стакана стеклянной палочкой, добейтесь полного растворения вещества в воде.

## § 15. МАССОВАЯ ДОЛЯ ПРИМЕСЕЙ

На примере замерзания раствора соли вы убедились, что присутствие посторонних веществ изменяет свойства вещества. В некоторых областях техники использование недостаточно «чистых» материалов недопустимо. В микросхеме компьютера используют особо чистый кристалл кремния, в атомной энергетике предъявляются повышенные требования к очистке ядерного топлива, световой сигнал «погаснет» (не пройдет по стекловолоконному кабелю), наткнувшись на посторонние вкрапления.

Если главное (основное) вещество содержит посторонние загрязнения — это тоже смесь, только в этом случае все ненужные, а порой и вредные ее компоненты называют одним словом — **примеси**. Чем меньше примесей, тем чище вещество.

Иногда вещество, содержащее примеси, называют **техническим образцом** или просто **образцом**. Следовательно, любой такой образец включает основное вещество и примеси.

Степень чистоты вещества принято выражать **массовой долей** основного компонента или **массовой долей примесей**.

С массовыми долями разного типа вы уже знакомы. Попробуйте теперь сами сформулировать определение, что такое массовая доля примесей в веществе.

**Массовой долей примесей называется отношение массы примесей к массе образца.**

$$w(\text{примесей}) = \frac{m(\text{примесей})}{m(\text{образца})} (\cdot 100\%).$$

Предположим, вам нужно вычислить массовую долю основного вещества в образце. Тогда можно воспользоваться формулой

$$w(\text{осн. в-ва}) = \frac{m(\text{осн. в-ва})}{m(\text{образца})} (\cdot 100\%)$$

или вспомнить, что сумма массовых долей основного вещества и примесей всегда равна 1, или 100% :

$$w(\text{осн. в-ва}) + w(\text{примесей}) = 1, \text{ или } 100\% .$$

Также справедливо утверждение, что масса образца складывается из массы основного вещества и массы примесей:

$$m(\text{образца}) = m(\text{осн. в-ва}) + m(\text{примесей}).$$

Давайте разберем несколько задач с использованием понятия «массовая доля примесей».

**Задача 8.** Природная самородная сера содержит 8% примесей. Какая масса чистой серы содержится в 2 т природного образца?

**Дано.**

$$w(\text{примесей}) = 0,08$$

$$m(\text{образца}) = 2 \text{ т}$$

$$m(\text{серы}) = ?$$

**Решение.**

1. Вычислим массу примесей в 2 т самородной серы:

$$m(\text{примесей}) = m(\text{образца}) \cdot w(\text{примесей}) = 2 \text{ т} \cdot 0,08 = 0,16 \text{ т}.$$

2. Рассчитаем массу чистой серы, содержащейся в природном образце:

$$m(\text{серы}) = m(\text{образца}) - m(\text{примесей}) = 2 \text{ т} - 0,16 \text{ т} = 1,84 \text{ т}.$$

**Ответ.**  $m(\text{серы}) = 1,84 \text{ т}.$

**Задача 9.** В пищевой промышленности можно использовать лимонную кислоту, содержащую не более 1% посторонних примесей. В аналитической лаборатории установлено, что в 2,345 г продукта содержится 2,312 г кислоты. Можно ли использовать продукт в пищевых целях?

**Дано.**

$$m(\text{образца}) = 2,345 \text{ г}$$

$$m(\text{кислоты}) = 2,312 \text{ г}$$

$$w(\text{примесей}) = ?$$

**Решение.**

1. Вычислим массовую долю лимонной кислоты в образце:

$$w(\text{кислоты}) = \frac{m(\text{кислоты})}{m(\text{образца})} = \frac{2,312 \text{ г}}{2,345 \text{ г}} = 0,986, \text{ или } 98,6\% .$$



2. Рассчитаем массовую долю примесей в образце:

$$w(\text{примесей}) = 1 - w(\text{кислоты}) = 1 - 0,986 = 0,014, \text{ или } 1,4\%.$$

**Ответ.** Данный образец лимонной кислоты не может быть использован в пищевой промышленности.

**1** Примеси. **2** Технический образец, или образец. **3** Массовая доля основного компонента или массовая доля примеси.

**4** Примеры расчетных задач.

?

1. Что называется массовой долей примесей? Что показывает эта величина?
2. В промышленности используются вещества с маркировкой «ч», что означает «чистое вещество». Содержание примесей в них может составлять, например, 0,01%. Найдите массу примесей в 120 г образца сажи с маркировкой «ч».
3. Массовая доля примесей в известняке составляет 5%. Рассчитайте массу основного вещества (карбоната кальция), содержащегося в 300 кг природного известняка.
4. При очистке медного купороса получилось 150 мг примесей, что составило 2% от массы образца. Определите массу технического медного купороса, который подвергли очистке.
5. Для изготовления полупроводниковых батарей используется сверхчистый кремний. Массовая доля примесей в нем не должна превышать 0,000000001%. Годится ли для данных целей кремний, в 30 кг которого содержится 0,03 мг примесей?

# Явления, происходящие с веществами



- Разделение смесей.
- Дистилляция, или перегонка.
- Практическая работа № 4.  
Выращивание кристаллов соли.
- Практическая работа № 5.  
Очистка поваренной соли.
- Химические реакции. Условия протекания и прекращения химических реакций.
- Признаки химических реакций.
- Практическая работа № 6.  
Изучение процесса коррозии железа

## § 16. РАЗДЕЛЕНИЕ СМЕСЕЙ

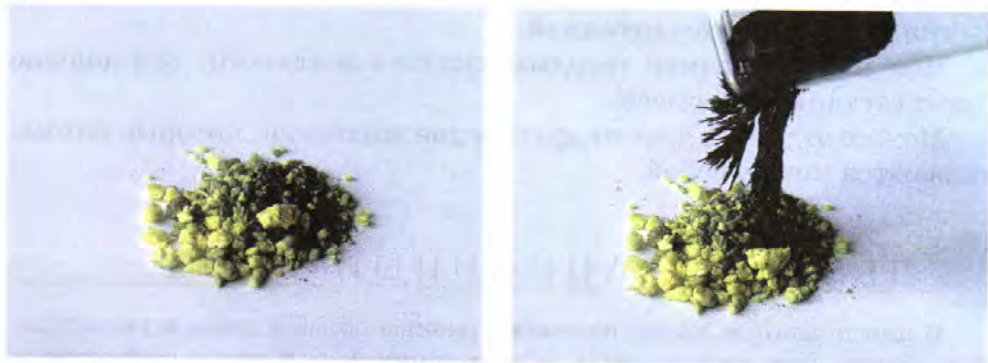
### 1. СПОСОБЫ РАЗДЕЛЕНИЯ СМЕСЕЙ

В лабораторной практике, в промышленности и в повседневной жизни очень часто приходится получать из смесей веществ отдельные компоненты. Если при этом вашей целью является получение в чистом виде каждого вещества, такую операцию называют **разделением** смеси. Если требуется отделить нужное вещество от примесей, процесс чаще называют **очисткой** вещества.

В любом случае неоднородные смеси разделить проще, чем однородные. Для этого еще во времена алхимии придумано много способов. Одни из них основаны на различии в размерах частиц смеси, другие — на некоторых свойствах составляющих их веществ.

Представьте, что в муку попал сахарный песок. Какой способ разделения этой смеси вы могли бы предложить? Пожалуй, самый простой — это **просеивание**. С помощью сита вы без труда отделите мелкие частицы муки от сравнительно крупных кристалликов сахара. В сельском хозяйстве просеивание используется для отделения семян растений от постороннего мусора. В строительстве так отделяют гравий от песка.

С помощью магнита можно легко отделить железные опилки от порошка серы (рис. 79). Такое разделение основано на особом давно известном свойстве железа — способности притягиваться к магниту.



**Рис. 79.** Разделение железных опилок от порошка серы с помощью магнита

## Явления, происходящие с веществами

А если сера смешана не с железными опилками, а, например, с песком, который к магниту совершенно равнодушен? И в этом случае можно найти способ разделения смеси.

### ДЕМОНСТРАЦИОННЫЙ ОПЫТ

Смесь тонко измельченной серы и песка высыпают в стакан с водой. Песок оседает на дно, а сера удерживается на поверхности. Порошок серы можно легко собрать с поверхности ложкой.

Такое разделение основано на особом свойстве вещества, на этот раз — серы. Порошок серы плохо смачивается водой и удерживается на ее поверхности, несмотря на то что сера тяжелее воды и должна в ней тонуть. Таким же свойством обладают и некоторые содержащие серу руды, благодаря чему их отделяют от пустой породы. Этот процесс называется *обогащением породы*. Для этого руду измельчают, загружают в огромный резервуар с водой и снизу подают воздух. Частички руды прилипают к воздушным пузырькам и в виде пены всплывают на поверхность. Тяжелые частички песка и других примесей остаются на дне.

Подобное явление можно наблюдать и дома (см. задания 8 и 9 к этому параграфу).

Для выделения из жидкостей нерастворимых веществ используется **отстаивание**. Если частички твердого вещества достаточно крупные, они быстро оседают на дно, а жидкость становится прозрачной. Ее можно осторожно слить с осадка, и эта нехитрая операция называется **декантацией**.

Чем меньше размер твердых частиц в жидкости, тем дольше будет отстаиваться смесь.

Можно отделить друг от друга и две жидкости, которые не смешиваются между собой.

### ДЕМОНСТРАЦИОННЫЙ ОПЫТ

В плоскодонную колбу наливают равные объемы воды и растительного масла. При интенсивном взбалтывании вода и масло разбиваются на мелкие капельки и перемешиваются, образуется мутная смесь. Очень



**Рис. 80.** Разделение двух несмешивающихся жидкостей с помощью делительной воронки



**Рис. 81.** Центрифуга с пробирками

быстро эта смесь снова расслаивается на более тяжелый водный слой и масло, всплывающее наверх. Отделить полностью верхний слой достаточно сложно. А вот с помощью делительной воронки разделение такой смеси не представляет особого труда (рис. 80).

Если частички неоднородной смеси очень малы, ее невозможно разделить ни отстаиванием, ни фильтрованием. Примерами таких смесей может служить молоко или взмученная в воде зубная паста. Такие смеси разделяют **центрифугированием**. Их помещают в специальные сосуды (например, пробирки), которые с огромной скоростью вращают в специальных аппаратах — центрифугах (рис. 81). В результате более тяжелые частички «придавливаются» ко дну сосуда, а легкие оказываются сверху.

Молоко представляет собой мельчайшие частички жира, а также других веществ — сахаров, белков, распределенные в водном растворе (рис. 82). Для разделения такой смеси применяют специальную центрифугу, называемую сепаратором. При сепарации молока жиры оказываются на поверхности, их легко отделить. Остается вода с растворенными в ней веществами — это обезжиренное молоко.



**Рис. 82.** Молоко — это мельчайшие капельки жира в водном растворе

## 2. ФИЛЬТРОВАНИЕ

Очистить мутную жидкость или отделить нерастворимый осадок можно с помощью **фильтрования**. В лаборатории для этого используется специальная пористая бумага. Ее так и называют — *фильтровальная*. Частицы твердого вещества не проходят через поры бумаги и оседают на ней (рис. 83). Вода же с растворенными в ней веществами свободно просачивается через фильтровальную бумагу. Полученный раствор совершенно прозрачен. Его называют **фильтратом**.

Фильтрование — распространенный процесс и в быту, и в технике, и в природе. Заварку многие процеживают через ситечко. Воздух от пыли, попавшей в пылесос, фильтруется через бумажный или тканевый фильтр. Воду для питья и приготовления пищи рекомендуют пропускать через специальные бытовые фильтры. Помимо того что они задерживают твердые частицы, угольный порошок бытового фильтра «поглощает» из воды некоторые растворенные в ней вредные вещества.

На очистных сооружениях загрязненную воду так же фильтруют через слой чистого песка, на котором задерживается ил, смеси нефтепродуктов, частицы почвы и глины.

Топливо и масло в двигателе автомобиля обязательно проходят через фильтрующие элементы.

Фильтровать можно не только жидкие смеси. Не раз вы видели людей в марлевых повязках, да и самим, наверное, приходилось ими пользоваться (рис. 84). Несколько слоев марли с проложен-



**Рис. 83.** Фильтрование жидкости с осадком через бумажный фильтр



**Рис. 84.** Ватно-марлевая повязка защищает человека от болезнетворных микробов

ной между ними ватой очищают вдыхаемый воздух от частиц пыли, смога, да и от болезнетворных микробов. В промышленности для защиты от пыли используют специальные фильтрующие приспособления, называемые **респираторами**. Воздух, попадающий в двигатель автомобиля, тоже очищают от пыли тканевыми или бумажными фильтрами.

### 3. АДСОРБЦИЯ

В технике часто возникает задача очистки газов, например воздуха, от нежелательных или вредных компонентов.

**Адсорбцией называется способность некоторых твердых веществ поглощать своей поверхностью газообразные или растворенные вещества.**

**Вещества, способные к адсорбции, называются адсорбентами.**

Адсорбенты представляют собой в основном вещества, которые имеют очень большую общую поглощающую поверхность. Такое строение адсорбента можно рассмотреть с помощью увеличительных приборов (рис. 85). Подобным веществом является активированный уголь (он наверняка есть в вашей домашней аптечке), силикагель (в коробке с новой обувью можно найти небольшой пакетик с белыми горошинами, это и есть силикагель), фильтровальная бумага. Различные вещества «прицепляются» к поверхности адсорбентов неодинаково: одни удерживаются на поверхности прочно, другие — слабее. На свойстве активированного угля поглощать вредные газы основано действие фильтрующего противогаса (рис. 86).

Активированный уголь способен поглощать не только газообразные, но и растворенные в жидкостях вещества. В медицинской практике его применяют при отравлениях, чтобы адсорбировать вредные вещества.



**Рис. 85.** Адсорбент — активированный уголь под микроскопом



**Рис. 86.** На свойстве активированного угля поглощать вредные газы основано действие фильтрующего противогаса



## Явления, происходящие с веществами

С помощью активированного угля на сахарных заводах обесцвечивают сиропы, чтобы кристаллики сахара получились красивого белого цвета.



## ЛАБОРАТОРНЫЙ ОПЫТ

В колбу с помощью пипетки накапайте 3—5 капель одеколона. Встряхните сосуд, понюхайте его содержимое. Затем добавьте в колбу несколько кукурузных палочек. Закройте ее пробкой, встряхните. Через 1—2 минуты откройте пробку и понюхайте содержимое колбы. Что можно сказать об интенсивности запаха одеколона в первом и во втором случаях? Объясните результат.

**1** Способы разделения смесей. **2** Разделение, очистка, просеивание, отстаивание, декантация, центрифугирование. **3** Фильтрование. **4** Адсорбция. **5** Активированный уголь.



1. На каких свойствах веществ основано разделение смесей?
2. Приведите примеры разделения смесей с помощью просеивания, известные вам из повседневной жизни.
3. Для отделения золота от пустой породы золото «моют». Какие свойства золота и частиц горной породы используют при этом?
4. Что такое отстаивание и декантация? Приведите примеры.
5. Что такое фильтрование и фильтрат? Какие вещества и материалы могут использоваться для изготовления фильтра?
6. Приведите примеры способов фильтрования воздуха, которые используются в быту и на производстве.
7. Что такое центрифугирование? На чем основан этот процесс? Где он применяется?
8. Смешайте столовую ложку сухого молока и речного песка. Пересыпьте смесь в стакан с водой, но не перемешивайте. Для того чтобы песок полностью осел на дно, осторожно постучите по внешней стенке стакана ложкой. Какой из компонентов смеси остался на поверхности воды? Почему?
9. В стеклянный стакан насыпьте немного порошка для чистки посуды и налейте полстакана воды. Образуется мутная смесь. Жидкость станет прозрачной только на следующий день. Почему смесь отстаивается так долго?
10. Растолките пять таблеток активированного угля и смешайте их с четвертью стакана окрашенной газированной воды, например пеп-

си-колы. Интенсивно перемешивайте смесь ложечкой. Что наблюдается? Сравните окраску отстоявшегося раствора с окраской исходного напитка.

## § 17. ДИСТИЛЛЯЦИЯ, ИЛИ ПЕРЕГОНКА

### 1. ПОЛУЧЕНИЕ ДИСТИЛЛИРОВАННОЙ ВОДЫ

Вода из-под крана чиста, прозрачна, не имеет запаха... Но чистое ли это вещество с точки зрения химика? Загляните в чайник: в нем легко обнаруживаются накипь и коричневатый налет, которые появляются на спирали и стенках чайника в результате многократного кипячения в нем воды (рис. 87). А известковый налет на кранах? И природная, и водопроводная вода — это однородная смесь, раствор твердых и газообразных веществ. Конечно, их содержание в воде очень мало, но эти примеси могут привести не только к образованию накипи, но и к более серьезным последствиям. Не случайно лекарства для инъекций готовят только с использованием специально очищенной воды, называемой **дистиллированной**.

Откуда взялось такое название? Воду и другие жидкости очищают от примесей с помощью процесса, называемого **дистилляцией** или **перегонкой**. Сущность дистилляции состоит в том, что смесь нагревают до кипения, образующиеся пары чистого вещества отводят, охлаждают и вновь превращают в жидкость, которая уже не содержит загрязняющих примесей.

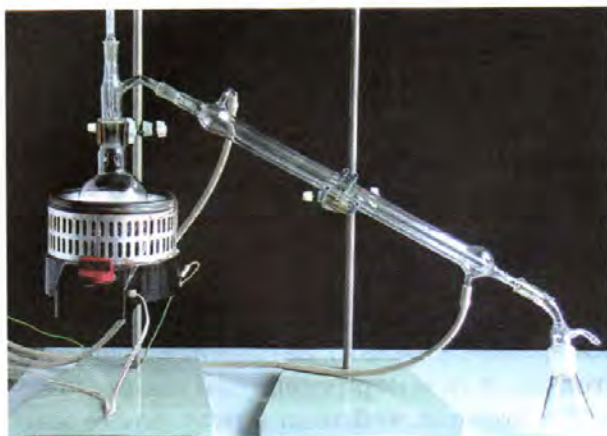


**Рис. 87.** Накипь на нагревательном элементе электрического чайника

## ДЕМОНСТРАЦИОННЫЙ ОПЫТ

На учительском столе собрана лабораторная установка для перегонки жидкостей (рис. 88).

В перегонную колбу учитель наливает воду, подкрашенную в оранжевый цвет растворимой неорганической солью (дихроматом калия).



**Рис. 88.** Лабораторная установка для дистилляции жидкостей

Так вы воочию убедитесь, что в очищенной воде этого вещества не будет. Для равномерного кипения в колбу бросают 3—4 кусочка пористого фарфора или пемзы (кипелки).

В холодильник подается вода, а содержимое перегонной колбы нагревается до кипения с помощью нагревательного прибора (спиртовки, газовой горелки, электронагревателя). Пары воды, попадая в холодильник, конденсируются, и дистиллированная вода стекает в приемник.

Какую температуру показывает термометр? Как вы думаете, через какой отвод в холодильник подается холодная вода, а через какой она сливается?

Дистиллированная вода используется не только для приготовления лекарств, но и для растворов, применяемых в химических лабораториях. Даже автомобилисты используют дистиллированную воду, доливая ее в аккумуляторы для поддержания уровня электролита.

А если требуется получить твердое вещество из гомогенного раствора, то используют **выпаривание**, или **кристаллизацию**.

## 2. КРИСТАЛЛИЗАЦИЯ

Кристаллизация — один из способов выделения и очистки твердых веществ. Известно, что при нагревании растворимость твердого вещества в воде увеличивается. Значит, при охлаждении

раствора некоторое количество вещества выпадает в виде кристаллов. Проверим это на опыте.

## ДЕМОНСТРАЦИОННЫЙ ОПЫТ

Помните красивые оранжевые кристаллы дихромата калия, которыми учитель «подкрашивал» воду для дистилляции? Возьмем примерно 30 г этой соли и «загрязним» ее несколькими кристалликами марганцовки. Как очистить основное вещество от внесенной примеси? Смесь растворяют в 50 мл кипящей воды. При охлаждении раствора растворимость дихромата калия резко понижается и вещество выделяется в виде кристаллов, которые можно отделить фильтрованием, а затем промыть на фильтре несколькими миллилитрами ледяной воды. Если растворить очищенное вещество в воде, по цвету раствора можно определить, что марганцовки оно не содержит, она осталась в исходном растворе.

Добиться кристаллизации твердого вещества из раствора можно упариванием растворителя. Для этого и предназначены чашки для выпаривания, с которыми вы встречались во время знакомства с химической посудой (см. рис. 26).

Если испарение жидкости из раствора происходит естественным путем, то для этой цели используют специальные стеклянные толстостенные сосуды, которые так и называются кристаллизаторы. С ними вы также знакомились в практической работе № 1.

В природе соляные озера — это своеобразные бассейны для кристаллизации. За счет испарения воды на берегах таких озер кристаллизуется гигантское количество соли, которая после очистки попадает на стол потребителю.

### 3. ПЕРЕГОНКА НЕФТИ

Дистилляцию используют не только для очистки веществ от примесей, но и для разделения смесей на отдельные порции — **фракции**, различающиеся температурой кипения. Например, нефть — это природная смесь очень сложного состава. При фракционной перегонке нефти получают жидкие нефтепродукты: *бензин, керосин, дизельное топливо, мазут* и др.



Рис. 89. Ректификационные колонны нефтеперерабатывающего завода

## ЛЕГКИЕ ПРОДУКТЫ ПЕРЕГОНКИ СЫРОЙ НЕФТИ

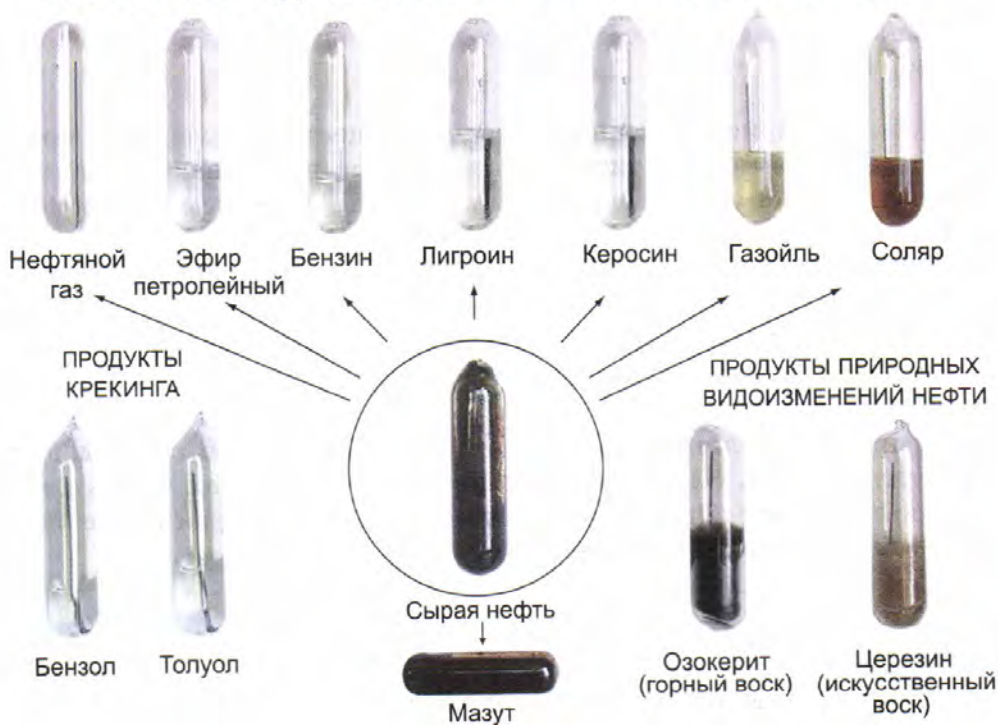


Рис. 90. Нефть и нефтепродукты

Процесс этот ведут в специальных аппаратах — *ректификационных колоннах* (рис. 89). Если в вашем городе есть нефтеперерабатывающий завод, вы могли видеть эти химические аппара-

ты, которые непрерывно разделяют нефть на важные и нужные в жизни современного общества вещества (рис. 90).

*Бензин* — это основное топливо для легковых автомобилей. Трактора и грузовики работают на *дизельном топливе (солярке)*, которое тоже получают из нефти. Топливом для современных самолетов является *керосин*. На этих небольших примерах вы можете понять, насколько важен в современной жизни такой процесс, как перегонка нефти.

#### 4. ФРАКЦИОННАЯ ПЕРЕГОНКА ЖИДКОГО ВОЗДУХА

Вы уже знаете, что любые газы смешиваются в любых соотношениях. А можно ли из смеси газов выделить отдельные компоненты? Задача непростая. Но химики предложили очень эффективное решение. Смесь газов можно превратить в жидкий раствор и подвергнуть его дистилляции. Например, воздух при сильном охлаждении и сжатии сжижают, а затем за счет разных температур кипения разделяют на отдельные компоненты (фракции). Первым из жидкого воздуха испаряется *азот* (рис. 91), у него самая низкая температура кипения ( $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). Затем из жидкой смеси кислорода и аргона можно удалить *аргон* ( $-186\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). Остается практически чистый *кислород*, который вполне годится для технических целей: газовой сварки, химического производства. А вот для медицинских целей его нужно очищать дополнительно.

Азот, полученный перегонкой жидкого воздуха, используют для производства аммиака, который, в свою очередь, идет на получение азотных удобрений, лекарственных и взрывчатых веществ, азотной кислоты и т. д.

Благородный газ аргон используют в особом виде сварки, которая так и называется — аргоновая.



**Рис. 91.** Сжиженный азот хранят в специальных термосах

**1** Дистиллированная вода, дистилляция (перегонка). **2** Выпаривание, или кристаллизация. **3** Перегонка нефти; нефтепродукты. **4** Разделение жидкого воздуха и применение его отдельных компонентов.



1. Что такое дистилляция, или перегонка? На чем она основана?
2. Какая вода называется дистиллированной? Как ее получают? Где она применяется?
3. Какие нефтепродукты получают при перегонке нефти? Где они применяются?
4. Как разделить воздух на отдельные газы?
5. Чем выпаривание (кристаллизация) отличается от перегонки (дистилляции)? На чем основаны оба способа разделения жидких смесей?
6. Чем отличаются процессы выпаривания и кристаллизации? На чем основаны оба способа выделения твердого вещества из раствора?
7. Приведите примеры из повседневной жизни, в которых применяется выпаривание и дистилляция.
8. Какую массу соли можно получить при выпаривании 250 г 5% -го ее раствора? Какой объем воды можно получить из этого раствора при помощи дистилляции?

## Практическая работа №4

### Выращивание кристаллов соли (домашний эксперимент)

Перед тем как приступить к выполнению работы, внимательно прочитайте ее описание до конца. Прежде всего, выберите подходящую для эксперимента соль. Для выращивания кристаллов подойдет любая хорошо растворимая в воде соль (медный или железный купорос, квасцы и т. д.). Подойдет и поваренная соль — хлорид натрия.

Из оборудования вам понадобятся:

литровая банка или небольшая кастрюлька, в ней вы будете готовить раствор соли;

деревянная ложка или палочка для перемешивания;

воронка с ватой для фильтрования раствора;

термос с широким горлышком вместимостью 1 л (он нужен для того, чтобы раствор остывал медленно, тогда будут расти крупные кристаллы).

Если нет воронки или нужного термоса, их можно изготовить самостоятельно.

Чтобы сделать воронку, возьмите пластиковую бутылку из-под напитка и ножницами аккуратно отрежьте верхнюю часть на  $\frac{1}{3}$ , как это показано на рисунке 92.

Вместо термоса подойдет обыкновенная стеклянная литровая банка. Поставьте ее в картонную коробку или коробку из пенопласта. Большую коробку брать не нужно, главное, чтобы в нее полностью входила банка. Щели между коробкой и банкой плотно заложите кусочками тряпки или ваты. Чтобы плотно закрыть банку, понадобится пластиковая крышка.

Приготовьте горячий насыщенный раствор соли. Для этого наполовину заполните банку горячей водой (кипяток брать не нужно, чтобы не обжечься). Порциями добавляйте соль и перемешивайте. Когда соль перестанет растворяться, оставьте раствор на одну-две минуты, чтобы нерастворившиеся кристаллы успели осесть. Отфильтруйте раствор через воронку с ватой в чистый термос. Закройте термос крышкой и оставьте раствор медленно остывать два-три часа.

Раствор немного остыл. Теперь внесите в него затравку — кристаллик соли, приклеенный на кончике нитки. После того как ввели затравку, прикройте сосуд крышкой и оставьте на продолжительное время. Чтобы вырос крупный кристалл, потребуется несколько дней.

Обычно на нитке вырастает несколько кристаллов. Надо периодически удалять лишние, чтобы рос один большой кристалл.

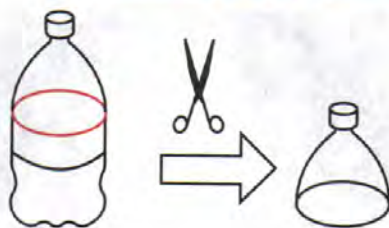
Важно записывать условия проведения эксперимента и его результат, в нашем случае это характеристики полученного кристалла. Если получилось несколько кристаллов, то приводят описание самого большого. Изучите свой кристалл и ответьте на вопросы.

Сколько дней вы выращивали кристалл?

Какова его форма?

Какого цвета кристалл?

Прозрачный он или нет?



**Рис. 92.** Изготовление воронки из пластиковой бутылки





Рис. 93. Кристалл поваренной соли



Рис. 94. Кристаллы медного купороса

Каковы размеры кристалла: высота, ширина, толщина?

Какова масса кристалла?

Зарисуйте или сфотографируйте полученный кристалл (рис. 93, 94).

## Практическая работа № 5

### Очистка поваренной соли

Целью данной работы является очистка поваренной соли, загрязненной речным песком.

Предложенная вам загрязненная поваренная соль представляет собой гетерогенную смесь кристаллов хлорида натрия и песка. Для ее разделения необходимо воспользоваться различием в свойствах компонентов смеси, например различной растворимостью в воде. Как известно, поваренная соль растворяется в воде хорошо, в то время как песок в ней практически нерастворим.

В химический стакан поместите выданную учителем загрязненную соль и налейте 50—70 мл дистиллированной воды. Перемешивая содержимое стеклянной палочкой, добейтесь полного растворения соли в воде.

Раствор соли от песка можно отделить фильтрованием. Для этого соберите установку, как показано на рисунке 95. С помощью стеклянной палочки осторожно перелейте содержимое ста-

кана на фильтр. Прозрачный фильтрат будет стекать в чистый стакан, нерастворимые компоненты исходной смеси остаются на фильтре.

Жидкость в стакане — это водный раствор поваренной соли. Выделить из него чистую соль можно выпариванием. Для этого 5—7 мл фильтрата налейте в фарфоровую чашку, поместите ее в кольцо штатива и осторожно нагревайте на пламени спиртовки, постоянно перемешивая содержимое стеклянной палочкой до полного выпаривания жидкости. Сравните кристаллы соли, полученные после выпаривания раствора, с исходной загрязненной солью. Перечислите, какие приемы и операции вы использовали для очистки загрязненной соли.



Рис. 95. Установка для фильтрования

## §18. ХИМИЧЕСКИЕ РЕАКЦИИ. УСЛОВИЯ ПРОТЕКАНИЯ И ПРЕКРАЩЕНИЯ ХИМИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ

Все рассмотренные ранее способы разделения смесей основаны на различиях в физических свойствах веществ, образующих смеси, и относятся к физическим явлениям. Однако есть явления, которые сопровождаются превращением веществ. Такие явления, как вы уже знаете, называются *химическими реакциями*.

Сравним физические явления, лежащие в основе разделения смесей, и химические реакции, приводящие к получению нового химического соединения, на примере смеси порошков железа и серы.

### ДЕМОНСТРАЦИОННЫЙ ОПЫТ

Тщательно смешивают железные опилки и порошок серы (в отношении 7 : 4 по массе). Получилась смесь двух простых веществ, в которой



**Рис. 96.** При нагревании смеси железных опилок и серы (а) происходит химическая реакция (б), в результате которой образуется сульфид железа (в)

каждое из них сохраняет свои свойства (*предложите способы разделения полученной смеси*).

Смесь переносят в пробирку и нагревают в пламени спиртовки. Начинается химическая реакция железа с серой, в результате которой образуется новое вещество — сульфид железа. Продукт реакции — сложное вещество, свойства которого отличаются от свойств как железа, так и серы. Например, оно не притягивается магнитом, тонет в воде, не ржавеет и не горит (рис. 96).

Опишем проведенную химическую реакцию словами:

*железо + сера = сульфид железа*

и химическими формулами:



Для того чтобы осуществить эту реакцию, необходимы два условия: соприкосновение реагирующих веществ и первоначальное нагревание.

Первое условие — контакт реагирующих веществ обязательно для всех химических процессов, где участвуют два или более веществ. Второе требуется не всегда.

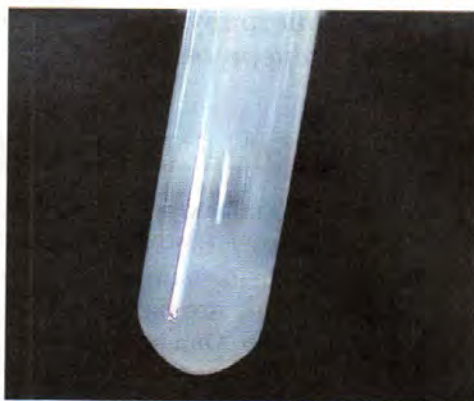
## ДЕМОНСТРАЦИОННЫЙ ОПЫТ

В сосуд или пробирку с небольшим кусочком мрамора приливают раствор соляной кислоты. Происходит бурное выделение газа (рис. 97).

Пробирку-реактор закрывают пробкой с газоотводной трубкой, кончик которой помещают в другую пробирку с известковой водой. О том, что химическая реакция идет, можно судить по появлению белого осадка — помутнению известковой воды (рис. 98). Какой газ выделился в первом опыте? Что является реактивом на этот газ во втором опыте?



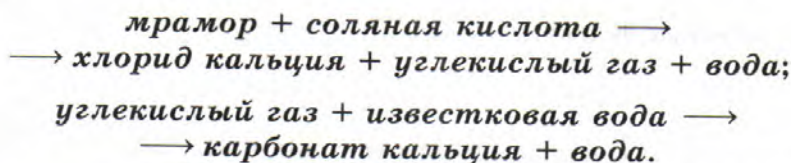
**Рис. 97.** Взаимодействие мрамора с соляной кислотой



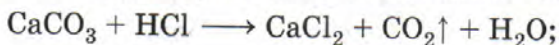
**Рис. 98.** Помутнение известковой воды при пропускании углекислого газа

Обе реакции протекают без нагревания.

Можно описать протекающие реакции с помощью названий веществ:



Однако химики используют вместо слов химические формулы:



Для протекания некоторых реакций мало соприкосновения веществ или их нагревания. Такие химические реакции идут очень медленно, и для ускорения таких процессов используют особые вещества, называемые катализаторами.

**Катализаторами называются вещества, которые ускоряют химические реакции, но по их окончании остаются неизменными и не входят в состав продуктов. Биологические катализаторы белковой природы называются ферментами или энзимами.**

Продемонстрируем действие катализаторов с помощью следующего эксперимента.

## ДЕМОНСТРАЦИОННЫЙ ОПЫТ

В стакан наливают небольшой объем раствора пероксида водорода  $H_2O_2$ . К раствору добавляют несколько крупинок порошка диоксида марганца в качестве катализатора. Начинается бурное выделение газа — кислорода, что можно подтвердить при внесении в верхнюю часть пробирки тлеющей лучинки. Она вспыхивает (рис. 99).

Повторим аналогичный опыт, только вместо диоксида марганца в пробирку с пероксидом водорода поместим немного мелкоизмельченного сырого картофеля в качестве фермента. Наблюдаем бурное выделение кислорода.

Происходящую химическую реакцию можно отобразить с помощью названий веществ:



или химических формул:



Таким образом, необходимым условием для протекания химических реакций является соприкосновение реагирующих веществ. В ряде случаев требуется нагревание или использование катализаторов.



**Рис. 99.** При разложении  $H_2O_2$  выделяется кислород, что можно доказать с помощью тлеющей лучинки

Знание условий протекания реакций позволяет управлять ими: ускорять, замедлять или прекращать их. Последнее обстоятельство очень важно, например, для прекращения реакций горения — для тушения пожаров.

Как вы знаете, горение — это взаимодействие веществ с кислородом воздуха. Следовательно, для того чтобы потушить пожар, нужно прекратить доступ кислорода к горящим предметам. Этого добиваются, заливая их во-



Рис. 100. Огнетушитель



Рис. 101. Тушение огня с помощью огнетушителя

дой, различными пенами, засыпая песком, набрасывая плотную ткань или используя специальные устройства — огнетушители (рис. 100, 101).

**1** Химические реакции и условия их протекания. **2** Соприкосновение (контакт) веществ, нагревание, катализаторы, ферменты (энзимы). **3** Управление реакциями горения.

?

1. Какие условия необходимы для протекания химических реакций?
2. Приведите примеры реакций из повседневной жизни, для протекания которых не требуется первоначальное нагревание.
3. Что такое катализаторы? Что такое ферменты?
4. Назовите известные вам способы тушения пожаров.
5. С помощью учителя или инструкции к применению рассмотрите устройство углекислотного огнетушителя. В чем принцип его действия?
6. Прочитайте инструкции к применению высококачественных стиральных порошков — синтетических моющих средств (СМС) с добавлением ферментов (или энзимов). В чем преимущества СМС, содержащих энзимы, перед обычными СМС?

### Явления, происходящие с веществами

7. Почему костер или горящие деревянные постройки тушат водой? Какую роль играет вода в этом процессе?
8. Почему нельзя потушить водой горящую нефть?
9. Почему нельзя тушить водой горящие электроприборы или электропроводку?

## § 19. ПРИЗНАКИ ХИМИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ

---

Вы уже знаете, что сущность химических реакций состоит в превращениях одних веществ в другие. Часто такие превращения сопровождаются внешними эффектами, которые воспринимаются органами чувств. Эти явления называют **признаками химических реакций**.

Внешними признаками химических реакций можно считать: образование осадка (рис. 102, а), выделение газа (рис. 102, б), появление запаха, изменение цвета (рис. 102, в), выделение или поглощение теплоты.

В предыдущем параграфе вы уже познакомились с некоторыми признаками реакций. Так, при нагревании смеси железных опилок и порошка серы происходила химическая реакция, в результате которой изменялся цвет смеси, выделялась теплота (см. рис. 96). При взаимодействии мрамора с соляной кислотой наблюдалось бурное выделение газа (см. рис. 97). При пропускании углекислого газа через раствор известковой воды появлялся осадок (см. рис. 98). Вспыхивание тлеющей лучинки в присутствии кислорода — тоже признак протекания реакции (см. рис. 99).

Давайте проиллюстрируем указанные признаки химических реакций с помощью демонстрационного и лабораторного экспериментов.



### ДЕМОНСТРАЦИОННЫЙ ОПЫТ

---

В химическом стакане находится бесцветный раствор щелочи. Обнаружить ее можно с помощью особых веществ — индикаторов (от лат.



**Рис. 102.** Признаки протекания химических реакций: а – выпадение осадка; б – выделение газа; в – изменение окраски

*indication* — указатель). Таким индикатором на щелочь является бесцветный спиртовой раствор фенолфталеина.

Если к содержимому стакана прилить несколько капель фенолфталеина, то появится малиновая окраска, «сигналя» о наличии в стакане раствора щелочи.

Затем к содержимому стакана приливают раствор кислоты до исчезновения малиновой окраски. Какой признак протекания химической реакции вы наблюдаете?

Посмотрите еще несколько реакций с изменением цвета растворов.

## ДЕМОНСТРАЦИОННЫЙ ОПЫТ

В двух химических стаканах находятся разноцветные растворы: фиолетово-розовый (перманганат калия в щелочной среде) и оранжевый (подкисленный раствор дихромата калия). В каждый стакан добавляют



## Явления, происходящие с веществами



**Рис. 103.** Взаимодействие раствора перманганата калия (а) и раствора дихромата калия (б) с раствором сульфита натрия

бесцветный раствор сульфита натрия. Что указывает на протекание в стаканах химических реакций (рис. 103)?

## ДЕМОНСТРАЦИОННЫЙ ОПЫТ

Несколько кристалликов перманганата калия (буквально два-три!) растворите в стакане воды (дождитесь полного растворения вещества). В полученный раствор опустите таблетку аскорбиновой кислоты. Какие изменения указывают на протекание химической реакции?

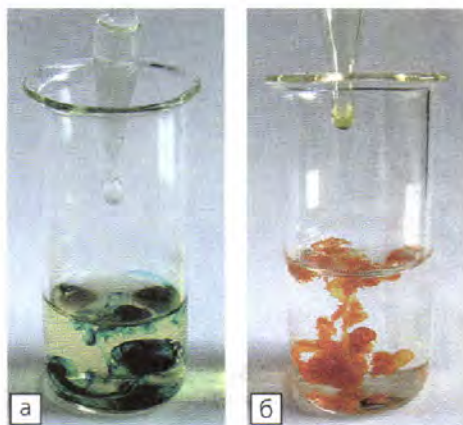
## ЛАБОРАТОРНЫЙ ОПЫТ



**Рис. 104.** Пламя газовой зажигалки — это реакция горения

В газовой зажигалке с прозрачным корпусом вы видите бесцветную жидкость. Это смесь двух газов, названия которых вы могли прочитать на автозаправочных газонаполнительных станциях или бытовых баллонах — пропан и бутан. Какие же это газы, если имеют жидкое агрегатное состояние? Дело в том, что внутри резервуара — повышенное давление. Нажмите на клапан, не поджигая газ. Слышите шипение? Пропан и бутан вырываются наружу, принимая привычное для нормального давления газообразное состояние.

Зажгите зажигалку. Протекает химическая реакция горения пропана и бутана (рис. 104).



**Рис. 105.** Взаимодействие хлорида железа  $\text{FeCl}_3$  с желтой кровяной солью (а) и гидроксидом натрия (б)

Сравните окраску пламени зажигалки с пламенем газовой плиты и свечи. Какое пламя коптит? Проследите связь между свечением пламени и его коптящими свойствами.

Переход пропана и бутана из жидкого состояния внутри зажигалки в газообразное вне ее — это явление физическое. А горение этих газов — химическая реакция.

Некоторые реакции сопровождаются образованием трудно-растворимых веществ, которые выпадают в осадок.

## ДЕМОНСТРАЦИОННЫЙ ОПЫТ

В два химических стакана, содержащих бесцветный раствор гидроксида натрия и желтоватый раствор желтой кровяной соли, добавляют раствор хлорида железа  $\text{FeCl}_3$  (рис. 105). Что указывает на то, что мы стали свидетелями химических явлений?

Не только образование осадка, но и его растворение служит признаком протекания химической реакции.

## ДЕМОНСТРАЦИОННЫЙ ОПЫТ

В стакан с полученным в предыдущем опыте бурым осадком добавляют соляную кислоту. Что указывает на то, что протекает химическая реакция?

Благодаря образованию нерастворимого вещества карбоната кальция (вспомните: это и мел, и мрамор) в результате протека-



**Рис. 106.** Сталактиты и сталагмиты в каменной пещере

ния природных химических реакций в пещерах растут сталактиты и сталагмиты (рис. 106). Процессы их образования длятся тысячелетия. Смоделировать фрагмент этого процесса можно и дома (см. задание 8 в конце этого параграфа). Понятно, что вместо сталактита вы получите просто осадок карбоната кальция.

**1** Признаки химических реакций. **2** Образование осадка, выделение газа, появление запаха, изменение цвета, выделение или поглощение теплоты.



1. Чем отличаются химические явления от физических?
2. К каким явлениям вы отнесете горение свечи и электрической лампочки? Почему?
3. Приведите примеры известных вам реакций из повседневной жизни, которые сопровождаются изменением цвета, выделением газа или выпадением осадка.
4. Какой процесс происходит при растворении в воде таких лекарственных средств, как шипучие таблетки аспирина УПСА или витамина С.
5. Какие качественные реакции используются для распознавания кислорода и углекислого газа?
6. Под действием так называемых кислотных дождей разрушаются мраморные скульптуры. Какое явление происходит при этом? Почему?
7. В литровую стеклянную банку налейте полстакана воды и опустите часть таблетки аспирина УПСА размером с горошину. Что наблюдается при этом?

Чтобы определить, какой газ выделяется в результате химической реакции, опустите в банку тлеющую лучинку (не касаясь жидкости).

8. Возьмите половину чайной ложки гашеной извести (она продается в хозяйственных магазинах) и тщательно размешайте в кипяченой воде. Весь порошок не растворится, но это не беда. Дайте смеси отстояться и перелейте прозрачный раствор в чистый стакан. С помощью трубочки от сока (осторожно, избегайте брызг!) продувайте выдыхаемый воздух через раствор. Вскоре он помутнеет: образуется осадок белого цвета. Сделайте вывод о протекании в стакане химической реакции.

## Практическая работа № 6

### Изучение процесса коррозии железа (домашний эксперимент)

Вам наверняка известен процесс коррозии (ржавления) железа. Под действием внешних условий на металле образуется ржавчина. В этой работе вы выясните, как влияют внешние условия на скорость коррозии железа.

Для проведения эксперимента вам понадобятся три пластиковые бутылки с крышками объемом 250—500 мл; три больших гвоздя длиной 5—10 см; мыло; наждачная бумага для зачистки гвоздей; кипяченая вода; водопроводная вода из-под крана; поваренная соль.

Гвозди нужно помыть с мылом, чтобы избавиться от слоя масла, который защищает их от ржавления. Когда гвозди высохнут, зачистите их поверхность наждачной бумагой и промойте кипяченой водой.

Первую бутылку полностью заполните холодной кипяченой водой, положите туда гвоздь и плотно закройте крышкой.

Вторую бутылку заполните наполовину холодной водой из-под крана. Положите туда гвоздь. Крышкой бутылку закрывать не надо.

В третью бутылку сначала насыпьте две столовые ложки поваренной соли. Заполните ее наполовину холодной водой из-под крана, закройте крышкой и хорошо перемешайте. Когда вся соль растворится, поместите в бутылку третий гвоздь. Крышкой бутылку закрывать не надо.

### Явления, происходящие с веществами

Чтобы ничего не перепутать, с помощью фломастера пронумеруйте каждую бутылку.

Поставьте бутылки в укромное место. Если вода из второй и третьей бутылок будет испаряться, то просто доливайте в них воду из-под крана.

Если все сделано правильно, то через неделю на гвоздях должна образоваться ржавчина. Посмотрите, где ее больше, а где меньше.

Запишите свои наблюдения, расставив номера бутылок напротив соответствующих описаний, например:

ржавчины образовалось мало или ее практически не заметно;

ржавчина хорошо заметна, она крепко держится на гвозде;

ржавчины много, она не держится на гвозде, осыпается с него и образует на дне бутылки бурый осадок.

Сделайте выводы, как влияют на процесс коррозии состав раствора и доступ воздуха.

# РАССКАЗЫ ПО ХИМИИ



- Рассказы об ученых.
- Рассказы об элементах и веществах.
- Рассказы о реакциях.

# РАССКАЗЫ ОБ УЧЕНЫХ

## МИХАИЛ ВАСИЛЬЕВИЧ ЛОМОНОСОВ

Ломоносов обнял все отрасли просвещения. Жажда науки была сильнейшей страстью сей души... Историк, ритор, механик, химик, минералог, художник и стихотворец, он все испытал и все проник.

*А. С. Пушкин*

Михаил Васильевич Ломоносов родился 8 (19) ноября 1711 г. в деревне Мишанинской (Денисовке) Архангельской губернии. Его отец Василий Дорофеевич занимался морским промыслом на рыболовном судне — гукоре\*. Мать — дочь дьякона из Матигор, Елена Ивановна (Сивкова) научила сына читать церковные книги. Она умерла в 1720 г.

Детей в поморских семьях воспитывали с большой суровостью, в труде, они росли здоровыми и крепкими, у них формировался сильный характер. С 10 лет Ломоносов вместе с отцом принимал участие в рыбных промыслах. Они побывали на Двине, в Северном море и Северном Ледовитом океане. Юный Михаил умел управлять кораблем, охотиться и ловить рыбу.



М. В. Ломоносов. Портрет работы неизвестного художника

\* Гукор — парусное двухмачтовое судно с широким носом и круглой кормой. Первоначально (в XIII—XV вв.) гукоры строились в Нидерландах как рыбацьи лодки. Позднее (в XVI—XVII вв.) их размеры увеличились, и они использовались во многих странах Северной Европы как военные транспортные суда. Иногда для самообороны на гукоре устанавливали 8—10 небольших пушек. Большие гукоры имели три мачты, грузоподъемность до 200 т и вмещали до 300 человек. Экипаж такого судна насчитывал до 70 человек.



Путешествуя с отцом, он видел северное сияние, разливы Северной Двины, разрушавшие берега, и ледяные горы Северного океана, познакомился с различными производствами. Особенно большое впечатление произвели на него верфи Северной Двины, где строились военные и торговые корабли. Побывал юный Ломоносов и на приморских солеварнях Северного моря и хорошо изучил производство соли.

Грамоте М. В. Ломоносов научился у своего односельчанина Ивана Шубного. Первыми учебниками Ломоносова были «Грамматика» М. Г. Смотрицкого и «Арифметика» Л. Ф. Магницкого. В «Грамматике» объяснялись правила письма и основы стихосложения. А в «Арифметике» содержались правила простейших математических действий, некоторые сведения по физике, геометрии, навигации, астрономии. Эти книги в дальнейшем Ломоносов назвал «вратами своей учености».

Чтение книг для Ломоносова было большой радостью и будило в нем стремление к знаниям. Узнав, что большая часть научных книг написана на латинском языке, которому можно обучиться только в Москве, Киеве или Петербурге, он загорелся желанием учиться в одном из этих городов. И в конце 1730 г. он ушел из дома с обозом, который отправлялся в Москву.

Через три недели Ломоносов приехал в Москву. Первые два дня он провел в торговом рыбном ряду. На третий день он познакомился с приказчиком из одного богатого дома, который пришел покупать рыбу. Приказчик был знаком с монахом Заиконоспасского монастыря, который согласился ходатайствовать за М. В. Ломоносова. Так как крестьянских детей в учение не принимали, Ломоносов выдал себя за сына дворянина и поступил зимой 1731 г. в Славяно-греко-латинскую академию при Заиконоспасском монастыре (Спасские школы). Ему было тогда 19,5 лет, и по возрасту он оказался самым старшим в младших классах. Благодаря большим способностям и огромному трудолюбию, он в первый год закончил три класса академии и уже мог писать стихи на латинском языке. Затем он выучил греческий язык, много занимался в библиотеках, читал русские рукописные и печатные книги, летописи, труды латинских и греческих авторов. В академии Ломоносов получил хорошую подготовку по древним языкам. Жить приходилось трудно — студенты академии получали 10 рублей в год. Позже Ломоносов писал: «Имея один алтын в день жалованья, нельзя было иметь на пропитание в день больше

как на денежку хлеба и на денежку кваса, прочее на бумагу, на обувь и другие нужды. Таким образом жил я пять лет, но наук не оставил».

В 1735 г. в числе отличившихся студентов Ломоносов был послан в Петербург для зачисления в Академический университет. При оформлении бумаг обнаружилось, что он не дворянин. За обман Ломоносова могли наказать — на родине он числился как беглый крестьянин, не плативший в казну налога, но его не только простили, а за заслуги и талант в сентябре 1736 г. отправили в Германию для обучения химии и металлургии. Он учился сначала в Марбургском университете под руководством известного физика и философа Христиана Вольфа. Три года учебы в Марбурге значительно расширили круг знаний Ломоносова. Здесь он познакомился с работами Р. Бойля, благодаря которым им «овладело страстное желание исследовать мельчайшие частички тел». Ломоносов начал разрабатывать корпускулярные представления уже в первых своих студенческих работах.

В 1739 г. студенты переехали во Фрейберг к профессору И. Ф. Генкелю, который считался хорошим специалистом в металлургии, химии и минералогии. Изучая металлургию и горное дело, Ломоносов не ограничивался лекциями Генкеля, но и посещал рудники, считая, что минералогию и рудное дело нельзя изучать в кабинете.

В мае 1740 г. М. Ломоносов покинул Фрейберг. Начался период странствий его по Европе. Летом 1741 г. М. Ломоносов возвратился в Петербург. Представив на суд академиков свои ученые сочинения, он с нетерпением ждал их отзыва. Только в начале 1742 г. ему было присвоено звание адъюнкта\* физического класса.

В 1745 г. М. В. Ломоносов был избран профессором химии (академиком) Петербургской академии наук. Он добился открытия при академии первой в России научной и учебной химической лаборатории. Здесь он изучал действие кислот на металлы, разрабатывал способы получения минеральных красок, цветных стекол, изучал состав минералов, создавал русский «химический язык».

В 50-е гг. XVIII в. М. В. Ломоносов особо заинтересовался созданием цветного стекла и провел в общей сложности свыше

\* Адъюнкт — в ряде стран Западной Европы до конца XIX в. лицо, проходящее научную стажировку, помощник профессора.

2000 опытов. В 1753 г. по инициативе Ломоносова была построена стекольная фабрика, на которой изготавливались замечательные изделия из разноцветной стекольной массы, а цветные стекла использовались для создания мозаичных картин, в частности знаменитой «Полтавской баталии» (рис. 107), размеры которой  $6,4 \times 4,8$  м. На ее изготовление при участии и под руководством Ломоносова пошло около 900 тыс. кусочков цветного стекла.

Поистине неисчерпаемы познания этого великого ученого. Он составил учебники русской грамматики и риторики, писал поэмы и оды; занимался русской историей, географией, геологией и астрономией.

Михаил Васильевич Ломоносов был не только выдающимся ученым, но и сторонником народного просвещения. По проекту Ломоносова и при его непосредственном участии в 1755 г. был открыт первый в стране Московский университет, который носит имя ученого (рис. 108). А. С. Пушкин писал о Ломоносове: «...Между Петром I и Екатериною II он один является самобытным сподвижником просвещения, он создал первый университет; он, лучше сказать, сам был первым нашим университетом».

При всей важности перечисленных научных трудов ученого его главной специальностью были физика и химия, где гений ученого проявился наиболее ярко.



**Рис. 107.** Фрагмент мозаичного полотна «Полтавская баталия»



**Рис. 108.** Памятник М. В. Ломоносову у Московского университета

В 1740-х гг. Ломоносов разработал корпускулярную теорию строения вещества, отдельные положения которой предвосхитили представления атомно-молекулярного учения. Атомы он называл «элементами», а молекулы — «корпускулами». «Корпускулы разнородны, — считал Ломоносов, — когда элементы их различны и соединены различным образом или в различном числе: от этого зависит бесконечное разнообразие тел».

Наиболее детально разработаны Ломоносовым два вопроса физики: о сущности теплоты и о газообразном состоянии веществ. В своем произведении «Размышления о причине теплоты и холода» (1744) ученый показал, что теплота — это результат движения частичек, из которых состоят тела, т. е. корпускул. При помощи своей теории Ломоносов сумел объяснить все явления, связанные с теплотой. Он полностью отвергал представления о теплоте как некой жидкости, тепловой материи или теплорода, перетекающего от одного тела к другому. А ведь такие воззрения признавались некоторыми учеными даже спустя сто лет после смерти Ломоносова!

М. В. Ломоносов был одним из основоположников нового направления в науке — физической химии, отражающей теснейшую взаимосвязь этих двух естественнонаучных дисциплин.

Помимо значительного вклада в разработку атомно-молекулярного учения, М. В. Ломоносов открыл закон сохранения массы веществ, участвующих в химической реакции (с этим законом вы будете знакомиться в курсе химии 8 класса). Ученый высказал предположения об органическом происхождении янтаря, каменного угля, нефти, торфа. Им описаны процессы получения многих веществ: меди из медного купороса, серы из руд, серной, азотной и соляной кислот, железного купороса.

В конце жизни М. В. Ломоносов был избран почетным членом нескольких иностранных академий наук. Ученый умер 4 апреля 1765 г., ему не исполнилось и 54 лет.

Именем Ломоносова помимо Московского университета назван Московский университет тонкой химической технологии, город в Ленинградской области (рис. 109). В 1956 г. Ака-



Рис. 109. Город Ломоносов

демия наук СССР учредила медаль имени М. В. Ломоносова за выдающиеся достижения в области химии и других естественных наук, которую продолжает вручать и Академия наук Российской Федерации.

## ДМИТРИЙ ИВАНОВИЧ МЕНДЕЛЕЕВ

Морозным зимним утром 27 января 1834 г. в семье директора тобольской гимназии И. П. Менделеева родился последний, семнадцатый ребенок. Вскоре Иван Павлович тяжело заболел (в 1847 г. умер), и все заботы о многочисленной семье легли на плечи матери, женщины необыкновенного ума и энергии Марии Дмитриевны Менделеевой. Младший сын отличался своими необыкновенными способностями, и она сделала все возможное для того, чтобы развить его природные таланты. Дмитрий Иванович до конца своих дней был признателен матери и всегда помнил ее завещание «избегать... самообольщения, настаивать в труде, а не в словах и терпеливо искать божескую или научную правду».

В тобольской гимназии юноша охотно занимался математикой и физикой, затем в Главном педагогическом институте в Петербурге всерьез увлекся химией и минералогией. Уже в 22 года Д. И. Менделеев защитил диссертацию на степень магистра химии. Вскоре молодого ученого отправили в двухгодичную командировку за границу.

В немецком городе Гейдельберге Менделеев работал в химической лаборатории, организованной на скромные командировочные средства, в своей квартире под руководством выдающихся ученых-химиков: Р. Бунзена, Г. Кирхгофа, Г. Коппа. Часы досуга он проводил в кругу молодых русских ученых: С. П. Боткина, И. М. Сеченова, И. А. Вышнеградского, А. П. Бородина.

В 1861 г. Д. И. Менделеев возвратился в Петербург, где возоб-



Д. И. Менделеев.  
Фото С. Левицкого, 1878 г.



**Рис. 110.** Кабинет Д. И. Менделеева в Петербургском университете



**Рис. 111.** Титульный лист книги Д. И. Менделеева «Основы химии»

новил педагогическую деятельность (рис. 110). Современники отмечали его поистине необыкновенную работоспособность. Всего за два месяца, буквально не отходя от стола, он написал замечательный учебник «Органическая химия». Лекции ученого были настолько увлекательны, что слушать их собирался весь университет. В этих лекциях Менделеев как бы вел за собой слушателя, заставляя проделывать трудный и утомительный путь, который и приводит к истинному познанию природы ценой упорного труда.

А уж упорства и гениальной научной проницательности ученому было не занимать. Работая над второй частью учебника «Основы химии» (еще при жизни Менделеева эта книга выдержала восемь изданий и была переведена на десятки иностранных языков) (рис. 111), он заинтересовался закономерностями изменения свойств химических элементов. Результатом напряженного научного труда стало открытие периодического закона, принесшего ученому всемирную известность и славу. Согласно этому закону, свойства химических элементов и их соединений постепенно изменяются с увеличением атомной массы элемента (точнее, с увеличением положительного заряда атомного ядра), так что через определенные интервалы появляются сходные или близкие по свойствам элементы.

Д. И. Менделеев не только первым сформулировал периодический закон и представил его в виде периодической таблицы хими-

ческих элементов, но и показал огромное научное значение и предсказательную силу открытого им закона и созданной системы. На основании закона он исправил неверно определенные относительные атомные массы некоторых элементов и предсказал существование и свойства неоткрытых к тому времени элементов: галлия, скандия, германия, для которых в периодической системе оставил пустые клеточки.

Открытие периодического закона — главное, но далеко не единственное научное достижение ученого. Он сделал ряд других важных открытий в химии, воздухоплавании и метеорологии, по поручению Морского и военного министерства России разработал процесс изготовления бездымного пороха.

Подобно М. В. Ломоносову, Д. И. Менделеев был чрезвычайно разносторонним ученым, сказавшим свое слово во многих естественных науках. Общее число книг, брошюр, статей, научных докладов, вышедших из-под пера Д. И. Менделеева, превышает 350. Это более 25 объемных томов настоящей научной энциклопедии. Из них более половины приходится на труды по химии и физике.

Кроме научных исследований и педагогической деятельности, Д. И. Менделеев внес огромный вклад в развитие промышленности России. Он глубоко верил в могучий потенциал науки для решения практических вопросов, считал единение науки и техники необходимым для нашего Отечества, а потому на собственном примере показывал, к каким блестящим практическим результатам может привести наука в союзе с промышленностью.

Во всем он умел быть оригинальным, или, как говорил о себе сам ученый, «своеобычным». Изучение вопроса о рациональной добыче и утилизации нефти он связывал с чисто научной проблемой происхождения нефтяных запасов. Решение практических задач метрологии (учение о точности измерений), например точности взвешивания, привело ученого к исследованию явления всемирного тяготения. «Посев научный взойдет для жатвы народной» — это крылатое выражение принадлежит Д. И. Менделееву.

Вопросами метрологии Д. И. Менделееву довелось заниматься в связи с назначением его управляющим Главной палаты мер и весов. Здесь Менделеев проводил ряд работ по метрологии, принимал самое непосредственное участие в организации всемирных промышленных выставок в Чикаго (1893) и Париже (1900). На

этом посту Дмитрий Иванович оставался до конца своей жизни, оборвавшейся в 1907 г.

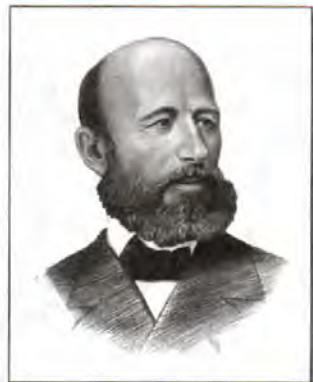
Д. И. Менделеев был одним из культурнейших людей своего времени. Он глубоко интересовался литературой и искусством, собрал огромную коллекцию репродукций картин великих художников. На его квартире часто проходили встречи выдающихся людей того времени.

Беспримерные заслуги Менделеева перед наукой признаны учеными всего мира. Он был избран членом более 90 академий, научных обществ и университетов различных стран, его именем назван лунный кратер, подводный горный хребет. В 1962 г. Академия наук СССР учредила медаль имени Д. И. Менделеева за лучшие работы по химии и химической технологии.

В 1955 г. в американском городе Беркли, в Калифорнийском университете группа ученых-ядерщиков под руководством Глена Сиборга искусственным путем получила новый, 101-й химический элемент. По единодушному решению первооткрывателей ему было дано название менделевий. Это ли не дань уважения памяти великого русского химика, построившего для химических элементов общий «дом» под названием «Периодическая система химических элементов».

## АЛЕКСАНДР МИХАЙЛОВИЧ БУТЛЕРОВ

Александр Михайлович Бутлеров родился 15 сентября 1828 г. в г. Чистополе Казанской губернии. Вскоре он лишился матери и был взят на воспитание родителями отца в деревню Подлесная-Шантали. Воспитание и образование он получил в одном из частных пансионов Казани. Однажды во время вечерних самостоятельных занятий на кухне пансиона раздался оглушительный взрыв. Воспитатели бросились в комнату и вывели оттуда перепуганного четырнадцатилетнего воспитанника — Сашу Бутлерова, который тайком проводил там свои химические опыты. В наказание мальчику повесили на грудь табличку с надписью «Великий химик». Кто бы мог подумать, что слова эти окажутся пророческими!



А. М. Бутлеров



В 1844 г. Бутлеров поступил в Казанский университет, где в первые годы учебы увлекался ботаникой и зоологией. Несмотря на то что он окончил физико-математический факультет, его дипломная работа называлась «Дневные бабочки волго-уральской фауны» (рис. 112).

Пожалуй, ученые-естествоиспытатели могут назвать А. М. Бутлерова выдающимся биологом. И на то есть веские основания, так как ученый через всю жизнь пронес свое увлечение биологией. Он внес свой существенный вклад в развитие ботаники, энтомологии (науки о насекомых), различных отраслей сельского хозяйства. Его можно считать основоположником чайного производства в Грузии, одним из инициаторов возрождения пчеловодства в России. Его очерки о флоре и фауне Каспийского моря печатались в иностранных и российских научных журналах.

И все же делом всей своей жизни А. М. Бутлеров избрал химию. Этому немало способствовали его университетские педагоги: знаменитые профессора К. К. Клаус (русский химик, открывший в 1844 г. новый элемент и назвавший его в честь России рутением) и Н. Н. Зинин (выдающийся химик-органик). Поначалу молодого студента привлекали эффектные опыты с горением, взрывами и фейерверками. Он даже оборудовал домашнюю химическую лабораторию, где проводил серьезные эксперименты. В 21 год Бутлеров защитил магистерскую (сейчас бы сказали «кандидатскую») диссертацию на тему «Об окислении органических соединений» и был зачислен преподавателем Казанского университета (рис. 113). Через два года (1854) защитил докторскую диссертацию, посвященную изучению эфирных масел.



Рис. 112. Бабочки из коллекции А. М. Бутлерова



**Рис. 113.** Бутлеровская аудитория в Казанском университете. Фото конца XIX в.

Как и его великие предшественники М. В. Ломоносов и Д. И. Менделеев, А. М. Бутлеров получил возможность совершенствовать свое исследовательское мастерство за границей, однако все главные научные открытия совершил в России.

Изучение состояния химической науки за рубежом, собственные экспериментальные работы привели А. М. Бутлерова к важной научной идее, вписавшей его имя золотыми буквами в историю мировой химии, — теории химического строения.

Впервые Бутлеров изложил идею теории химического строения в 1861 г. на Съезде естествоиспытателей и врачей в немецком городе Шпейере. Его доклад «О химическом строении веществ» вызвал большой интерес в научном мире. Но его трудно было бы назвать открытием, если бы на основании своей теории ученый не только предсказал существование, но и синтезировал целый ряд неизвестных органических веществ, подобно тому как Д. И. Менделеев на основании периодического закона предсказал существование неизвестных химических элементов.

Менделеев и Бутлеров были лично знакомы. Именно Д. И. Менделеев пригласил казанского ученого А. М. Бутлерова переехать в северную столицу и преподавать в Петербургском университете. В своем представлении Ученому совету университета Менделеев высоко оценил вклад Бутлерова в развитие химической науки: «Направление ученых трудов А. М. Бутлерова не составляет продолжения или развития идей его предшественников, но принадлежит ему самому. В химии существует бутлеровская школа, бутлеровское направление». Действительно, число учеников и последователей Александра Михайловича Бутлерова исчислялось десятками. Среди них были выдающиеся русские химики:

### Рассказы по химии

А. М. Зайцев, В. В. Марковников, А. Е. Фаворский, И. Л. Кондаков и др.

Работы А. М. Бутлерова уже при жизни получили полное признание в России и за рубежом. Безусловно, он внес выдающийся вклад в развитие химической науки.

Современники отмечали большое личное обаяние ученого, разносторонность его талантов, широту взглядов и интересов, общительность, добродушный характер, доброжелательное отношение к ученикам. В нем сочеталась замечательная простота в общении и отзывчивость. В 1874 г. Бутлеров стал действительным членом Петербургской академии наук. Не только студенты, но и немало профессоров слушали его лекции в переполненных аудиториях.

В 1885 г. Бутлеров прекратил свою преподавательскую деятельность. Умер Александр Михайлович 17 августа 1886 г. в своем имении Бутлеровке, расположенном недалеко от Казани.

## РАССКАЗЫ ОБ ЭЛЕМЕНТАХ И ВЕЩЕСТВАХ

## АЗОТ

Азот открыл шотландский ученый Даниэль Резерфорд в 1772 г. Он опубликовал диссертацию «О так называемом фиксируемом и мефитическом\* воздухе», в которой описал опыт по получению неизвестного газа и некоторые его свойства. Эксперимент состоял в сжигании фосфора под стеклянным колпаком, в результате чего наряду с оксидом фосфора оставался неопознанный газ, который не поддерживал процессы горения и дыхания (рис. 114).

Название «азот» (т. е. безжизненный: от греч. *a* — отрицательная приставка и *zoe* — жизнь) предложил французский химик А. Лавуазье и позаимствовал его из лексикона алхимиков. Знатоки утверждают, что ключом к расшифровке слова «азот» служит заключительная фраза из Апокалипсиса: «Я есть омега, начало и конец, первый и последний». В средние века особо почитались три языка: латинский, греческий и древнееврейский. И слово «азот» алхимики составили из первой буквы «а» (а, альфа, алеф) и последних букв этих трех алфавитов: «зет», «омега» и «тов». Таким образом, это таинственное синтетическое слово означало «начало и конец всех начал». Такое название, по мнению Лавуазье, должно было подчеркнуть свойства газообразного азота, который непригоден для дыхания и не поддерживает горение. Однако быстро выяснилось, что «безжизненный» азот — это один из главных элементов жизни. Без участия соединений азота невозможно существование ни растений, ни животных. В живых организмах азот входит в состав таких важнейших органических веществ, как белки и нуклеиновые кислоты. В свою очередь, белки — это те вещества, из которых построено все живое на Земле, а нуклеиновые



**Рис. 114.** Азот не поддерживает горение

\* Мефитический — от лат. *mephitis* — удушливый.

кислоты — это соединения, которые определяют наследственные признаки живых организмов.

Соотечественник Лавуазье химик Ж. Шапталь в 1790 г. предложил переименовать азот в «нитроген» (образующий селитру). Это название используется во многих европейских странах, в частности в Англии и Франции. От этого слова произошли названия многих соединений азота. В России ни один элемент не имел в XVIII—XIX вв. столько многочисленных названий, как азот: нечистый газ, удушливый газ, огорюченный воздух, селитро-род, гнилотвор, смертельный газ, нитроген и т. д. Однако именно название «азот» закрепилось в российской химической литературе.

Низкая химическая активность азота как простого вещества объясняется строением его молекулы. Она состоит из двух атомов и является очень прочной. Азот вступает в химические реакции только тогда, когда разрушается его молекула. Однако даже при 3300 °С только одна молекула азота из тысячи распадается на атомы. Поэтому свободный азот так инертен в обычных условиях.

Химическая инертность азота имеет свои плюсы и минусы. Представьте себе, как изменилась бы природа, не будь атмосферный азот столь инертен: Землю залили бы потоки азотной кислоты, в воздухе не осталось бы кислорода. Если бы кислород воздуха не был «разбавлен» азотом, все живое было бы обречено на гибель: длительное вдыхание чистого кислорода при атмосферном давлении не менее губительно, чем его отсутствие.

Тем не менее связанный азот, т. е. азот в виде соединений, очень необходим растениям.

В круговороте азота в природе решающую роль играют живые организмы. Особые бактерии, живущие на корнях бобовых растений, например люпина (рис. 115), клевера (рис. 116), гороха и др., связывают атмосферный азот, превращая его в минеральные соли. Эти соли усваиваются растительными организмами. Современное сельское хозяйство невозможно без азотных удобрений.

Огромные количества азота в промышленности получают разделением воздуха. Больше 75% азота используют для синтеза аммиака, который служит исходным веществом в производстве удобрений, азотной кислоты, красителей, лекарственных препаратов, взрывчатых веществ. Газообразный азот применяется для создания инертной атмосферы при получении синтетических во-



**Рис. 115.** Люпин



**Рис. 116.** Клевер

локон, чистых металлов и сплавов. Жидкий азот нужен для создания низких температур (см. рис. 91).

Выдающиеся произведения живописи хранят в герметичных футлярах, заполненных азотом, чтобы предохранить краски полотен от влаги и химически активных компонентов воздуха.

## АЛЮМИНИЙ

Впервые алюминий был получен в 1825 г. датским физиком Х. К. Эрстедом из природного глинозема с помощью электрического тока.

Название металла происходит от латинского слова *alumen*, что означает «квасцы». Квасцы — это очень важные соли серной кислоты и некоторых металлов, в том числе алюминия.

Алюминий сразу после его открытия привлек химиков своей красотой и легкостью. Внешне он походит на серебро, но примерно в три раза легче железа и меди. Алюминий обладает прекрасной пластичностью: его можно прокатать в тонкую фольгу, сделать тончайшие украшения, придать нужную форму. Вот только прочность чистого алюминия невелика, однако в сплавах она увеличивается весьма значительно. Поэтому он стал основой многих легких сплавов, и в первую очередь «крылатого» сплава — дюралюминия. Уже созданы сплавы алюминия с прочностью в 10 раз выше, чем стали.

Первоначально алюминий из-за несовершенного способа получения был необычайно дорог — почти в 10 раз дороже золота.



**Рис. 117.** Природный гранат и обработанный александрит – камни, содержащие алюминий

Первые алюминиевые украшения и изделия были доступны только очень богатым людям. Император Наполеон III заменил серебряную посуду в своем дворце на более дорогую и уникальную — алюминиевую. Так, не ведая того, французский император заглянул в XX в., когда алюминиевая посуда стала обычной в любом доме. На балах знатные дамы во времена Наполеона III нередко щеголяли ювелирными украшениями, изготовленными из алюминия. В знак признания выдающихся заслуг Д. И. Менделеева, который был назначен управляющим Главной палатой мер и весов, ему были преподнесены в подарок весы, одна чаша которых была сделана из золота, а вторая — из алюминия.

Алюминий — третий по распространению в земной коре элемент (после кислорода и кремния) и самый распространенный в ней металл. Многочисленные минералы и горные породы в своем составе содержат алюминий. Это глины, полевые шпаты, многие полудрагоценные и драгоценные камни: гранаты, рубины, сапфиры, александриты (рис. 117). Корону Российской империи украшает драгоценная шпинель, в состав которой также входит алюминий. Вот только в природных соединениях алюминий прочно связан с другими элементами. Поэтому получение алюминия требует больших затрат электроэнергии. Большая часть этой энергии расходуется на расплавление глинозема — основного природного сырья для получения алюминия.

Однажды американский студент-химик Ч. М. Холл услышал от своего учителя, с какими трудностями сопряжено получение алюминия и как, должно быть, разбогатеет и прославится тот, кто



**Рис. 118.** Люстры станции метро «Чертановская» состоят из пластинок алюминия

предложит более дешевый способ получения этого металла. Молодой человек оборудовал небольшую лабораторию и довольно скоро обнаружил, что глинозем можно не расплавлять, а растворять в расплавленном минерале криолите. Температура плавления криолита в два раза меньше, чем глинозема, что и привело к значительному удешевлению получения алюминия.

Удивительно, что в том же 1885 г. французский металлург П. Эрु разработал тот же самый способ получения алюминия.

С открытием метода Холла — Эрु производство алюминия стремительно возросло, цена металла стала падать. За последние 10 лет XIX в. выплавка этого металла составила 28 тыс. т, а в 1930 г. мировое производство металла составило 300 тыс. т. Сейчас ежегодно в мире получают более 10 млн т алюминия.

Алюминий используется для изготовления проводов электрических передач, алюминиевых труб для нефтяной промышленности. Если поверхность алюминия отполировать, он становится очень блестящим. Это свойство металла используется для производства зеркал, прожекторов, мощных отражателей. Станция «Чертановская» Московского метрополитена освещена люстрами, которые состоят из пластинок алюминия (рис. 118).

Пластичность и нетоксичность алюминия лежат в основе его использования в производстве различных упаковочных материалов для пищевых продуктов. вспомните хотя бы алюминиевую фольгу для обертки шоколада или приготовления пищи, алюми-





**Рис. 119.** Алюминиевые сплавы — основа авиационной техники



**Рис. 120.** Порошок алюминия используется в пиротехнике

ниевые банки для прохладительных напитков, крышки пластиковых баночек с йогуртом.

Большая часть производимого алюминия идет на получение сплавов. Благодаря легкости и прочности они широко используются в авиационной и космической промышленности (рис. 119). Недаром алюминий называют крылатым металлом.

Способность порошка алюминия гореть ослепительным пламенем используется в пиротехнике — производстве бенгальских огней, салютов, фейерверков (рис. 120).

## ЖЕЛЕЗО

Трудно найти другой такой металл, с которым была бы так неразрывно связана история человечества. Железо было одним из первых металлов, знакомых человеку еще в каменном веке. «Железным веком» называют период от IX до VII в. до н. э., когда многие народы и племена Европы и Азии научились выплавлять железо из руд. Если эпохи в жизни человечества называть по главному материалу, из которого изготавливают орудия труда, то железный век продолжается до сих пор.

В Древнем Египте железо называли «небесным металлом». Существует легенда, согласно которой царь Соломон после строительства Иерусалимского храма устроил пир в честь строителей, каждый из которых — каменщик, плотник, землекоп и др. — считал, что именно его труд в сооружении храма наиболее значимый. Мудрый Соломон разрешил этот спор так: поскольку все



**Рис. 121.** Железные руды: а – красный железняк; б – бурый железняк; в – магнитный железняк

орудия строительства были сделаны из железа кузнецом, то главным строителем храма является именно кузнец.

Было время, когда железо, как и алюминий, ценилось дороже золота. Богачи заказывали себе украшения из железа, причем нередко в золотой оправе. Как свидетельствует в «Илиаде» Гомер, победителя игр, устроенных Ахиллом, награждали куском золота и куском железа.

Название «железо», скорее всего, связано с санскритским корнем «жель», что означает «блестеть, пылать». Оно полностью соответствует внешнему облику железа: это блестящий серебристо-белый металл.

Самородное железо на Земле — редкость. Чаще всего это остатки железных метеоритов. Самородное железо найдено в образцах лунного грунта, доставленного на Землю. В основном это также остатки метеоритов, которые упали на поверхность Луны.

Железо входит в состав многочисленных руд и минералов. Наиболее известны бурый железняк (лимонит), красный железняк (гематит), магнитный железняк (магнетит) (рис. 121).

Железо — металл войны. Недаром алхимики обозначали его знаком бога войны Марса: изображали щит и копье. Большинство видов оружия изготавливалось и изготавливается из сплавов железа. Вероятно, некоторые из вас слышали или читали о дамасской стали, или булате, из которой ковались уникальные клинки. Не уступают по качеству клинки, изготовленные отечественными мастерами из Златоуста. Не только холодное, но и огнестрельное оружие сделано из сплавов на основе железа.



**Рис. 122.** На сотни тысяч километров протянулись по России железнодорожные пути



**Рис. 123.** Красные кровяные тельца (эритроциты) под микроскопом

Но железо — это и важнейший металл мирной техники. Это основа всех наземных и морских транспортных средств: автомобилей, железнодорожного транспорта и железных дорог (рис. 122), судов. Железо — это станки и оборудование, сельхозмашины и трубопроводы, строительные конструкции и техника, предметы быта и многое другое.

Примерно  $\frac{9}{10}$  всех используемых человеком металлов и сплавов — это сплавы на основе железа. Этого металла в мире выплавляется больше, чем всех остальных вместе взятых. К числу неоспоримых достоинств железа относятся его дешевизна, доступность, ковкость, способность намагничиваться, возможность придать сплаву требуемые свойства путем введения различных добавок (легирование стали).

Железо — жизненно важный элемент. Он входит в состав гемоглобина крови — красного пигмента эритроцитов (рис. 123). Гемоглобин переносит кислород к каждой клеточке нашего тела. Именно железу кровь обязана своим красным цветом. При недостатке железа в организме развивается заболевание — анемия (малокровие). В организм железо поступает с пищей. Человек должен получать в день 0,1 мг железа на 1 кг веса. Продукты, наиболее богатые железом, — хлеб, мясо, крупы, бобовые, свекла, яйца.

И все же железо не лишено недостатков, и главный из них — коррозия (ржавчина). О процессе коррозии железа мы уже рассказывали на страницах нашего учебника.

## ЗОЛОТО

Ни один металл на Земле не окутан таким ореолом таинственности и противоречивости, как золото. С незапамятных времен золото было символом власти, богатства, благополучия. Эпитетом «золотой» люди наделяли нечто очень красивое, желанное, дорогое, а сам металл нередко именовали «презренным». В то же время золото ассоциируется порой с алчностью и стяжательством, жадностью и коварством. Ради обладания этим металлом велись кровопролитные войны, совершались предательства и тяжкие преступления.

Алхимики всегда считали золото «царем металлов», и это не лишено оснований. Подчеркивая его совершенство, они обозначали золото знаком солнца. Действительно, у золота красивый цвет и блеск, оно устойчиво к действию подавляющего большинства химических веществ. Недаром золото называют благородным металлом.

Из-за своей химической инертности золото встречается в природе в чистом виде: в самородках (рис. 124) или в виде вкраплений в твердые породы. На россыпи золота, благодаря привлекательному внешнему виду, люди обратили внимание в древности, и уже в VI тысячелетии до н. э. научились обрабатывать металл кустарным способом. Благодаря мягкости (даже ноготь оставляет на золоте царапину) и удивительной красоте оно стало излюбленным материалом ювелиров и художников (рис. 125). Золото, лежащее на поверхности, в большинстве своем было собрано,



**Рис. 124.** Самородок золота



**Рис. 125.** Возраст этой золотой маски более 3500 лет

и в развитых странах древнего мира стали добывать крупинки металла, вкрапленные в кварцевые породы. Содержание металла в них не превышало нескольких граммов на тонну пустой породы. Кварц измельчали и на специальных наклонных лотках промывали водой. Благодаря очень большой плотности, золотые песчинки оставались на лотке, а пустая порода уносилась потоком воды. Так же «мыли» золото артели старателей. При разрушении горных пород золото вместе с песком и глиной уносится водой в русла рек, где и образуются золотые россыпи. Только один Амур выносит в Тихий океан ежегодно 8,5 т золота.

Золото — один из самых тяжелых металлов. Слиток размером с кулак весит более 3 кг! Известен рассказ древнегреческого писателя Плутарха о том, как сиракузский царь Гиерон II поручил Архимеду узнать, действительно ли чистое золото содержит корона, изготовленная по заказу царя. Пользуясь открытым им законом, ученый взвесил корону, а затем, погружая ее в воду, определил объем и вычислил плотность. Она оказалась меньше, чем у чистого золота. Так был разоблачен корыстный ювелир, заменивший часть золота для изготовления короны на серебро.

Первую в России золотую россыпь обнаружил в 1724 г. крестьянин Ерофей Марков в районе Екатеринбурга. В начале XIX в. были открыты новые месторождения золота в Сибири. С 1821 по 1850 г. в России было добыто 3293 т золота, почти в 4 раза больше, чем во всех остальных странах мира.

За 1500 лет до н. э. золото стали использовать в качестве денег. Сначала это были небольшие слитки величиной с горошину. Но

нечистые на руку торговцы часто спиливали с них небольшие крупинки, отчего «горошина» становилась все легче и легче. Тогда на всю поверхность металла стали наносить клеймо, чтобы любое спиливание стало сразу заметным. При нанесении клейма «горошина» расплющивалась и превращалась в более привычную для нас плоскую монету (рис. 126).

Первые монеты появились в VII в. до н. э. в Малой Азии, в государстве Лидия. На монетах был изображен лев —



**Рис. 126.** Золотая монета царской России



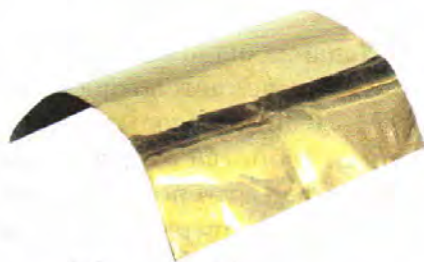
**Рис. 127.** Изготовление золотого слитка

геральдический символ этого государства. С тех пор каждое вновь возникающее государство придумывало свою монетную систему, и богатство страны определялось его золотым запасом (рис. 127).

Золото — необыкновенно пластичный металл. Кусочек золота величиной со спичечную головку можно расплющить в просвечивающую голубовато-зеленым цветом фольгу (рис. 128) площадью  $50 \text{ м}^2$  тоньше человеческого волоса. Из золотой горошины массой 1 г можно протянуть проволоку длиной 2 км. Необычайная ковкость и тягучесть дают возможность делать из золота самые различные вещи: чаши и кубки, броши и серьги, кольца и цепи.

Однако золото — дорогой металл. Поэтому в целях экономии крупинки золота прокатывали в тончайшие листочки, которыми покрывали поверхность других материалов: дерева, камня, менее ценного металла. Так золотили купола церквей (рис. 129), деревянную резьбу, украшавшую дворцы, художественные произведения (рис. 130). Позолоченные архитектурные детали и мебель органично вошли в пышное убранство дворцов далекого прошлого.

Чистое золото легко истирается. Например, золотая монета при обращении теряет каждое столетие пятую часть своего веса. Поэтому в ювелирных и технических изделиях применяют не чистое золото, а его сплавы, чаще всего с медью и серебром. Проба, стоящая на золо-



**Рис. 128.** Золотая фольга



**Рис. 129.** Золотые купола Благовещенского собора Московского Кремля



**Рис. 130.** Позолоченные скульптуры фонтанов Большого каскада в Петергофе

тых изделиях отечественного производства, означает содержание золота в сплаве из расчета на тысячу его весовых частей. В России установлены следующие пробы для золота: 375, 500, 585, 750, 958. Например, проба 585 означает, что в сплаве содержится 58,5% золота, или 585 г в 1000 г сплава. Остальная масса приходится на медь.

Золото очень хорошо проводит электрический ток, поэтому современная электронная техника невозможна без этого металла. В сплаве с платиной и другими металлами золото идет на изготовление химически стойкой аппаратуры. Применяют этот удивительный металл для нанесения покрытий на другие металлы при изготовлении зеркал и фотоэлементов. Из сплавов золота с серебром и медью делают детали точных приборов, электрические контакты, используемые в космической технике.

## ВОДОРОД

Издавна было известно, что при взаимодействии металлов с кислотами выделяется горючий газ. Эта реакция была подробно описана М. В. Ломоносовым. Английский химик Г. Кавендиш в 1766 г. изучил свойства выделяющегося газа, определил его плотность, но был уверен, что получил горючее начало всех веществ — так называемый флогистон. Спустя несколько лет уже знакомый вам французский химик А. Лавуазье определил, что этот горючий газ образован новым химическим элементом. Он установил, что при горе-

нии газа образуются пары воды, поэтому дал элементу название *гидрогениум* — «рождающий воду», а по-русски — *водород*.

Молекулы водорода настолько малы, что легко проникают через различные материалы. Обычный воздушный шарик, наполненный водородом, за сутки «похудеет» раза в три. Кстати, если отпустить такой шарик, он не упадет, а полетит вверх. Неудивительно, ведь водород в 14 раз легче воздуха. Используя это свойство, водородом наполняли аэростаты для метеорологических наблюдений и гигантские дирижабли. Но такие летательные аппараты опасны: водород — горючий газ, а в смеси с воздухом образует взрывоопасные смеси, поэтому стали использовать вместо водорода гелий. Этот газ легче воздуха только в 7 раз, но он инертен и к пламени совершенно равнодушен.

Взрыв гремучего газа (так называют смесь водорода с кислородом или воздухом) — страшная разрушительная сила, однако человек давно научился извлекать пользу из самых опасных явлений. Горение водорода можно «укротить», регулируя доступ кислорода, необходимого для горения. Температура водородного пламени достигает 3000 °С: с его помощью можно резать или сваривать металлы (рис. 131).

Понятно, что при горении водорода выделяется огромное количество энергии, гораздо больше, чем при сгорании бензина. Какой вывод напрашивается из этого факта? Конечно, ученые делают ставку на водород как топливо будущего. Его легко перекачивать по трубам, как природный газ. Водород можно сжигать для производства тепла, при этом в качестве продукта горения образуется обыкновенная вода. Конструкторы совместно с химиками работают над созданием водородного двигателя внутреннего сгорания для автомобилей, разрабатывают специальные источники тока, позволяющие вырабатывать электричество за счет реакции водорода с кислородом. С водородом связывают экономические перспективные планы, но воплощение их — это ре-



Рис. 131. Пламя водородной горелки





**Рис. 132.** Наше Солнце наполовину состоит из водорода



**Рис. 133.** Юпитер

шение сложных научных задач, что может стать делом вашей жизни, если вы решите связать ее с замечательной наукой химией.

Водород очень широко используется в химической промышленности. Это сырье для получения аммиака, некоторых кислот, с его помощью восстанавливают из руд ценные металлы. И даже в пищевой промышленности водород нашел свое применение: он превращает жидкие растительные масла в твердые жиры — основу маргариновой промышленности.

Несмотря на множество «земных профессий», водород без преувеличения можно назвать космическим элементом.

Трудно поверить в то, что наше Солнце наполовину состоит из водорода (рис. 132). При невероятно высоких температурах и давлении на Солнце протекают реакции, называемые ядерными. Протекание ядерных реакций сопровождается выделением гигантского количества энергии. Отсюда и фантастические температуры на Солнце, и яркое свечение, и поток невидимых глазом лучей, в том числе ультрафиолетовых.

Самая большая планета солнечной системы — Юпитер — также почти полностью состоит из водорода (рис. 133). Как же такое может быть, ведь водород — это газ? Конечно, газ, но только в привычных для нас условиях. Юпитер — это мир страшного холода и гигантских давлений, поэтому водород на планете находится в твердом состоянии.

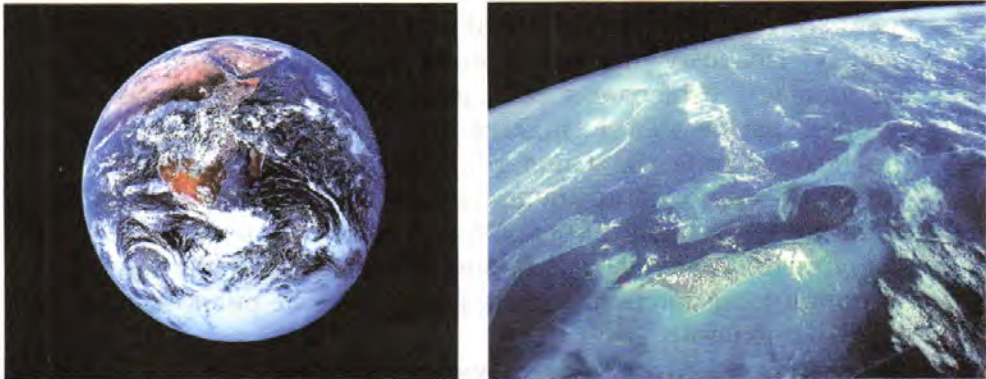
По-видимому, дальнейшее изучение водорода сможет дать много интересного и в теоретических исследованиях, и в области практического использования.

## ВОДА

Вода — одно из самых распространенных веществ на поверхности нашей планеты, ведь почти 71% ее поверхности занято морями и океанами (рис. 134). Она образует водную оболочку Земли — *гидросферу*. Водой в твердом состоянии — снегом и льдом — покрыто около 20% суши. В связанном виде вода находится и в земной коре — *литосфере*. Ученые считают, что в глубоких недрах Земли может находиться воды в десять раз больше, чем в гидросфере. Вода играет важную роль в геологической истории Земли, в ее тепловом режиме, климате, погоде, круговороте веществ.

Вода необходима каждому живому организму. Роль воды в клетке велика и многогранна. Она определяет не только объем и упругость клетки, это среда, в которой протекают многочисленные биохимические процессы. Вода сама участвует в сотнях химических реакций в живых клетках, например в знакомом вам процессе фотосинтеза.

Организм взрослого человека на  $\frac{3}{4}$  состоит из воды, причем ее содержание в различных органах неодинаково. Мозг человека со-



**Рис. 134.** Землю недаром называют голубой планетой: большая часть ее поверхности покрыта водой

держит 80% воды, печень — 70, мышцы — около 60%. И даже в костях есть вода — до 30%. Самая «безводная» часть нашего организма — эмаль зубов.

В сутки человек должен потреблять около 3 л воды. Но это не значит, что нужно обязательно выпить 15 стаканов жидкости. Вода содержится во всех продуктах питания. В хлебе ее 40%, в мясе — 75, в рыбе — 80, а в овощах — более 90, например в обыкновенном огурце — 98% воды.

Вода необходима не только человеку и животным, но и растениям, например подсолнуху для роста необходим один литр воды в сутки, а взрослая береза получает из земли 60 л воды за сутки!

Почему же такое привычное на первый взгляд вещество играет такую исключительную роль в природе?

Во многом это связано с необычными свойствами воды. Почти все они — исключение из общих правил. Это обстоятельство и делает воду самым удивительным веществом на планете.

В жидкой воде молекулы сцеплены между собой особыми связями, которые называют водородными. Для того чтобы «оторвать» одну молекулу воды от другой, требуется затратить довольно много энергии. Если бы водородных связей не было, вода закипала бы при температуре  $-80^{\circ}\text{C}$ , а замерзала при  $-100^{\circ}\text{C}$ . Будь вода «попкорным» веществом, наша Земля превратилась бы в безжизненную пустыню: все реки, моря и океаны выкипели, на небе не было бы ни облачка, ни тучки.

Плотность воды тоже аномальна. Молекулы воды во льду «упакованы» так, что между ними остается довольно много «пустого места». Поэтому плотность льда меньше, чем плотность воды: лед плавает. Благодаря такому аномальному свойству водоемы не промерзают до дна, и даже при самых сильных морозах в глубине температура воды под толщей льда не опускается ниже  $+4^{\circ}\text{C}$ , именно при этой температуре плотность воды самая большая. В то же время вода, превращаясь в лед, приобретает огромную разрушительную силу: она способна разрушать крепчайшие горные породы, приводить в движение грозные снежные лавины и вызывать оползни.

Если стальную иголку осторожно положить на поверхность воды, налитой в блюдце, то иголка не тонет, хотя плотность металла значительно больше плотности воды. Это явление можно



**Рис. 135.** Капли росы стремятся принять форму шара



**Рис. 136.** Клоп водомерка

объяснить большими силами поверхностного натяжения воды. Поэтому вода в свободном состоянии принимает шарообразную форму, например капля дождя, росы, мыльный пузырь и т. д. (рис. 135). Благодаря этому свойству по поверхности воды легко передвигаются некоторые насекомые, например клопы водомерки (рис. 136).

Вода и водные растворы находят широкое применение в промышленности и сельском хозяйстве. На получение 1 т стали расходуется 150 т воды, бумаги — 250 т, пшеницы — 1500 т, синтетических волокон — 4000 т, хлопчатника — 10 000 т. Вода используется как сырье в химической промышленности для получения самых различных неорганических и органических веществ.

Казалось бы, что воды на нашей планете много, но следует помнить, что ресурсы чистой пресной воды, пригодной для использования, ограничены. Поэтому каждый из нас должен рационально использовать и беречь от загрязнения запасы пресной воды.

## ХЛОРИД НАТРИЯ

С уверенностью можно сказать, что по крайней мере одно химическое вещество в довольно чистом виде имеется в каждом доме, в каждой семье. Это поваренная соль, или, как ее называют химики, — хлорид натрия.

Организм первобытного человека получал необходимую соль с пищей животного происхождения. Однако потребности организма заставляли искать ее в более концентрированном виде. Давно было обнаружено, что некоторые растения имеют приятный соленый вкус. Такие растения сушили, а затем сжигали в костре. Получающуюся золу использовали в качестве приправы к пище.

Позднее люди стали поливать горящие в костре куски дерева соленой водой из моря или озера и оставшуюся золу также использовать в пищу.

В некоторых районах Африки обыкновенная поваренная соль ценилась так высоко, что за килограмм «драгоценных» кристаллов давали килограмм золота. В Эфиопии в обращении были «соляные деньги». Римским воинам, а затем и крестоносцам нередко жалование выплачивали солью. Ученые считают, что, возможно, с этим связано происхождение французского слова «салер» (жалование) и итальянского «сольди» (мелкая монета).

Уже за 2000 лет до н. э. китайцы научились получать поваренную соль выпариванием морской воды. Знаменитый итальянский путешественник Марко Поло, посетивший Китай в 1286 г., рассказывал, как в этой стране изготавливали соляные монеты. Сначала рассол кипятили в небольших котлах. Через час соль принимала вид теста, из которого делали небольшие пирожки. Затем на них накладывали клеймо императора, чтобы они были похожи на настоящие металлические монеты, и высушивали на горячей чрепиче.

Нам трудно представить, что в прошлом во многих странах соль служила существенным источником пополнения казны, а также важным предметом торговли. Из-за нее велись кровопролитные войны между соседними народами.

На Руси издавна добывали много поваренной соли. Со времени владычества татарского хана Батыея и его потомков соль добывалась из озер Нижнего Поволжья с сухим и жарким климатом. Наиболее знамениты из них озера Эльтон и Баскунчак. Более 150 лет там ведется добыча соли. Суммарная толщина солевого слоя на дне озера Эльтон превышает 30 м, а площадь — 150 км<sup>2</sup> (рис. 137). Еще более богато солью озеро Баскунчак.

За многие тысячелетия хлорид натрия преобразовался в осадочную породу — монолит каменной соли, или галит (рис. 138), который и добывают в соляных шахтах (рис. 139).



**Рис. 137.** На берегах озера Эльтон



**Рис. 138.** Каменная соль

В удаленных от моря и соляных озерах иногда встречаются подземные соляные источники. Люди издавна использовали их для вываривания соли. Для добычи хлорида натрия в земле бурили скважины, строили деревянные трубы и выкачивали соляные растворы из земли. Поселения, где добывали соль, увековечивались соответствующими названиями. На одном из притоков Камы возникло село Соль Камская, которое позже выросло в город Соликамск. Многие названия других городов и поселков связаны с солью: Сольцы, Сольвычегодск, Усолье Сибирское, Соликамск и др.

По причине непомерно высоких налогов, устанавливаемых на соль в России, происходили народные восстания (соляные бунты). Например, такой бунт произошел в Москве весной 1648 г. Этому послужил повышенный налог на соль, введенный царем Алексеем



**Рис. 139.** Соляная шахта

Михайловичем. Тогда же и возникли известные поговорки: «уйти несолоно хлебавши», «съесть пуд соли».

Почему же поваренная соль, к которой мы привыкли относиться как к обычной пищевой приправе, сыграла такую выдающуюся роль в истории человечества? Оказывается, это вещество совершенно необходимо для жизни человека и животных. В теле человека содержится около 300 г соли, запас которой постоянно расходуется и нуждается в ежедневном пополнении. Поэтому длительное солевое голодание может привести даже к гибели организма.

Дело в том, что поваренная соль служит источником образования в желудке соляной кислоты — основы желудочного сока, благодаря которому пища лучше переваривается, а микробы погибают. Кроме того, эта соль входит в тканевые жидкости и в состав крови, где ее концентрация составляет около 0,5%. В медицине широко используется так называемый физиологический раствор — 0,9% -й раствор хлорида натрия. Его применяют в качестве заменителя плазмы крови при травмах, при внутривенных вливаниях лекарств.

Суточная потребность в поваренной соли взрослого человека составляет 10—15 г. В условиях жаркого климата потребность в соли возрастает до 25—30 г. Это связано с тем, что хлорид натрия выводится из организма с потом и необходимо это количество восполнять. При работе в горячих цехах и в условиях сухого и жаркого климата врачи рекомендуют пить подсоленную воду (0,3—0,5% -й раствор), так как соль способствует удержанию воды в тканях.

Организм человека быстро реагирует на нарушение солевого баланса появлением мышечной слабости, быстрой утомляемостью, потерей аппетита, возникновением неутолимой жажды.

Однако все в нашей жизни имеет две стороны, и любое вещество может принести не только пользу, но и непоправимый вред. Хлорид натрия способствует задерживанию воды в организме, что, в свою очередь, приводит к повышению артериального давления. Поэтому при гипертонической болезни, ожирении, отеках врачи рекомендуют снижать суточное потребление поваренной соли.

Поваренная соль — одно из лучших консервирующих средств. Она убивает многие микроорганизмы и подавляет действие ферментов, вызывающих распад и разложение белковых веществ.

Поэтому соление издавна применяется как один из важнейших способов сохранения пищи.

В пищевой промышленности хлорид натрия используется для консервирования мяса, рыбы, для квашения и соления овощей (рис. 140).

В химической промышленности из хлорида натрия получают соду, гидроксид натрия, хлор и многие другие вещества.



**Рис. 140.** Поваренная соль незаменима в пищевой промышленности

## КАРБОНАТ КАЛЬЦИЯ

Карбонат кальция чаще всего встречается в виде минерала *кальцита*, образующего *мел*, *известняк*, *мрамор*. Кальцит принадлежит к числу самых распространенных в земной коре минералов (рис. 141). Он составляет 90% общей массы всех породообразующих карбонатов. Из кальцита слагаются иногда целые известняковые горы и хребты.

В природе постоянно происходит круговорот веществ, и известняковые горные массивы, образовавшиеся на протяжении длительных геологических периодов, подвергаются выветриванию — разрушению под действием воды и воздуха. Нерастворимый карбонат кальция под действием воды и углекислого газа постепенно переходит в растворимую форму. Потоками воды он уносится в моря и океаны, на своем пути теряет углекислый газ и снова переходит в кальцит. А на месте размытой толщи карбоната кальция образуются карстовые котловины (от названия известнякового плато Карст на северо-востоке от горы Триест на побережье Адриатического моря, где они были обнаружены и изучены), воронки, пещеры.

Самая мягкая форма кальцита — хорошо знакомый вам мел. Он используется в строительстве, как полировочный материал, для получения красок. Мел применяют в про-



**Рис. 141.** Кальцит





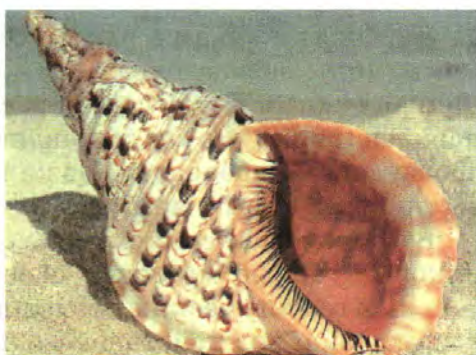
**Рис. 142.** Известняковые горы



**Рис. 143.** Морская звезда



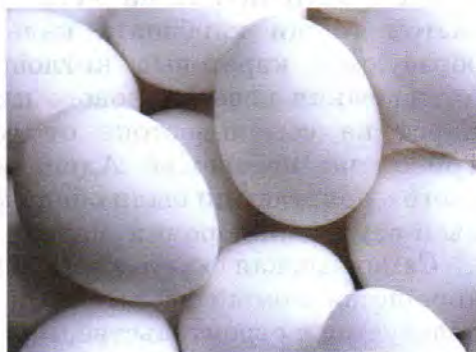
**Рис. 144.** Карбонат кальция входит в состав наружного скелета кораллов



**Рис. 145.** В основе раковин моллюсков лежит карбонат кальция



**Рис. 146.** Ювелирное украшение с одной из самых крупных в мире жемчужин



**Рис. 147.** Скорлупа яиц — это тот же карбонат кальция

изводстве цемента, карбида кальция, в парфюмерной, резиновой и других отраслях промышленности.

Известняк — всем известный строительный камень, сырье для производства извести (рис. 142). В виде щебня известняк используется при строительстве дорог.

Еще одна форма кальцита — белоснежный или красиво окрашенный в различные цвета мрамор. Как вы уже знаете, этот материал использовался для создания чудесных произведений искусства Древней Греции и Италии. Мрамор и в наше время часто применяют для отделочных работ в строительстве.

Для понижения кислотности почву подвергают известкованию. О пользе известкования кислых почв было известно за 3000 лет до н. э. Древнеегипетские земледельцы заметили, что кислые почвы, расположенные вблизи известковых каменоломен, отличаются большей урожайностью.

Карбонат кальция входит в состав наружного скелета морских звезд (рис. 143), коралловых полипов (рис. 144), раковин (рис. 145) двустворчатых и брюхоногих моллюсков, панцирей морских ежей и скелетов микроорганизмов, которые, отмирая, опускаются на дно и скапливаются там, постепенно превращаясь в залежи известняка и мрамора. Карбонат кальция — это главная составная часть жемчуга (рис. 146) и яичной скорлупы (рис. 147). Вот как многолико и красочно такое простое химическое вещество — карбонат кальция.

## РАССКАЗЫ О РЕАКЦИЯХ

### ФОТОСИНТЕЗ

Существуют сотни и тысячи химических превращений, без которых невозможно было бы ни получение современных материалов, ни развитие электроники и вычислительной техники, ни само существование жизни на Земле. Ведь любой живой организм — это самый сложный природный «химический комбинат», работа которого по превращению одних веществ в другие не прекращается ни на секунду.

И все-таки химики и биологи из несметного числа химических реакций выделяют одну, без которой наша прекрасная планета была бы серой безжизненной пустыней. Это **реакция фотосинтеза**.

Фотосинтез — это уникальный процесс, протекающий на Земле в листьях зеленых растений и в клетках некоторых бактерий. Уравнение соответствующей химической реакции, изображенное не формулами, а словами, вам уже известно и не кажется слишком сложным (рис. 148):



**Рис. 148.** Схема фотосинтеза

Глюкоза — это углевод. В растениях она превращается в более сложные углеводы — крахмал, целлюлозу, а также в некоторые другие органические вещества.

И все-таки фотосинтез — это уникальный и чрезвычайно сложный процесс. Во-первых, он протекает только при освещении, причем наилучшим образом для него подходит солнечный свет. Во-вторых, фотосинтез протекает при участии сложного органического вещества — **хлорофилла**. Это как раз то вещество, которое придает растениям зеленый цвет. В-третьих, процесс фотосинтеза — своеобразный преобразователь и аккумулятор энергии. Лучистая энергия солнца преобразуется в энергию химических связей, которая затем используется всеми живыми организмами для обеспечения жизненных процессов.

Недаром леса называют легкими планеты: они восполняют убыль кислорода в атмосфере. Но оказывается, наравне с деревьями, кустарниками и травами над поглощением углекислого газа и выделением кислорода трудятся и растения Мирового океана — водоросли. Несмотря на то что они используют только 0,1% падающей на поверхность Земли солнечной энергии, кислорода водоросли производят почти в 10 раз больше наземных растений!

Тем не менее кислорода в воздухе становится все меньше и меньше. Сокращение площадей, занятых лесами, и рост промышленного производства приводят к тому, что ежегодно кислорода вырабатывается растениями на 10 млрд т меньше, чем расходуется. Один реактивный самолет за 2 часа полета потребляет столько кислорода, сколько его производят деревья на площади 2 га за целый год! Остановить технический прогресс невозможно, на лошадей современного пассажира не пересадишь, а вот сохранять природу и преумножать ее богатства человек не только может, но и обязан.

Роль фотосинтеза на Земле трудно переоценить. Выдающийся русский ученый К. А. Тимирязев, внесший большой вклад в изучение фотосинтеза, писал: «Это процесс, от которого в конечной инстанции зависят все проявления жизни на нашей планете».

Во-первых, фотосинтез превращает неорганические вещества (углекислый газ и воду) в органические: глюкозу, другие углеводы и далее аминокислоты, жиры, белки. В результате этого процесса ежегодно на Земле образуется 150 млрд органических веществ.



**Рис. 149.** Каждый день зеленые насаждения отдают в атмосферу полмиллиарда тонн кислорода, необходимого для дыхания

Во-вторых, зеленые растения каждый год поглощают из воздуха 300 млрд т углекислого газа, попадающего в атмосферу в результате процессов дыхания, горения и производственной деятельности человека. Не будь этого, содержание углекислого газа  $\text{CO}_2$  постепенно увеличилось бы до критического значения, и воздух стал бы непригоден для дыхания человека и животных. Кроме того, увеличение концентрации углекислого газа привело бы к потеплению климата на планете.

В-третьих, фотосинтез — единственный источник кислорода в атмосфере Земли (рис. 149). Благодаря первым зеленым растениям миллиарды лет назад в атмосфере планеты появился кислород. Под действием солнечного излучения часть кислорода в верхних воздушных слоях превращается в озон, а озоновый щит, как вы знаете, предохраняет Землю от вредных ультрафиолетовых лучей солнца.

До сих пор ученым не удалось осуществить в полном объеме процесс фотосинтеза вне живой клетки, в пробирке. Несмотря на то что солнечная энергия кажется неисчерпаемой и бесплатной, запастись и накопить ее оказывается очень дорого. Лорд Дж. Портер, лауреат Нобелевской премии за изучение сверхбыстрых реакций (в том числе и фотосинтеза), писал: «Фотосинтез — это великий и, пожалуй, самый великий вызов природы, обращенный к современной фотохимии, а возможно, и ко всей химии».

Таким образом, фотосинтез играет ведущую роль в биосферных процессах. Растения, используя солнечную энергию, в гигантских масштабах производят органические вещества и определяют в конечном счете всю сложность и многообразие жизни на Земле.

Человечество все более осознает истину, впервые обоснованную русскими учеными К. А. Тимирязевым и В. И. Вернадским: экологическое благополучие планеты и существование самого человечества зависят от состояния растительного покрова Земли.

## РЕАКЦИИ ГОРЕНИЯ

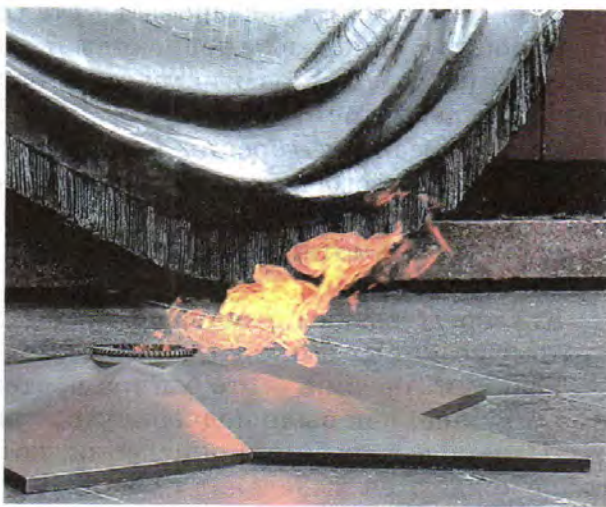
Это, очевидно, самые поэтичные, воспетые в красивых легендах и мифах, самые загадочные и значимые для истории человечества реакции. Вспомните хотя бы миф древних греков о Прометее (рис. 150), который подарил небесный огонь людям и был за это жестоко наказан богами: его приковали к скале, и каждый день к нему прилетал орел и клевал печень, отраставшую снова за ночь, доставляя ему страшные мучения. Освободил Прометея и убил орла Геракл.

У первобытных людей огонь охранялся как самое дорогое достояние племени, ему поклонялись, за него боролись. Возможно, кто-то из вас читал книгу Жозефа Рони-старшего, которая так и называется «Борьба за огонь».

Вот мы и определили **важнейший признак реакций горения** — **появление огня**, который является результатом взаимодействия веществ, материалов с кислородом воздуха (рис. 151).



**Рис. 150.** Прометей, похитивший небесный огонь у богов и подаривший его людям



**Рис. 151.** Вечный огонь — символ памяти о павших героях, их подвигах



**Рис. 152.** «Мирные профессии» реакции горения

Реакции горения — это реакции, которые преданно служат человеку: обогревают его, помогают готовить пищу, варить стекло, чугун и сталь, резать и сваривать металлы, заставляют двигаться автомобили, тепловозы и теплоходы, космическую и военную технику, в дни праздников огнями салютов и фейерверков вспыхивает ночное небо (рис. 152).

Однако реакция горения приносит величайшие беды, когда в огне пожаров сгорают дома, гибнут леса и поля, полыхают емкости с нефтью и газом и т. д. Чаще всего эти беды связаны с неумелым, безграмотным и безответственным отношением людей с огнем (рис. 153).

Кислород, как вы знаете, по-латински называется *oxigenium*, поэтому реакции с его участием относятся к **реакциям окисления**.

Реакции горения — это быстро протекающие реакции окисления, идущие, как было подчеркнуто, с выделением света и теплоты. Однако есть реакции окисления, которые идут медленно и не сопровождаются выделением света. Они так и называются — **реакции медленного окисления**. Теплота при этом выделяется постепенно, но может накапливаться и играть немаловажную роль в жизни природы и человека.



**Рис. 153.** В огне пожаров сгорают дома, гибнут леса

Так, некоторые дикие куры (их так и называют — сорными) в кучу медленно окисляющихся, гниющих остатков растений и сора помещают яйца, в которых происходит развитие зародышей без насиживания — для этого достаточно того тепла, которое образуется при медленном окислении (гниении) мусора. Аналогично поступают и некоторые пресмыкающиеся.

А вот теплота, которая накапливается при медленном окислении влажной пшеницы, хранящейся в элеваторе, наоборот, убивает зародыши растения, и зерно может потерять всхожесть.

На дачных участках с помощью реакции медленного окисления различный мусор и органические остатки превращаются в специальных кучах в удобрение — компост.

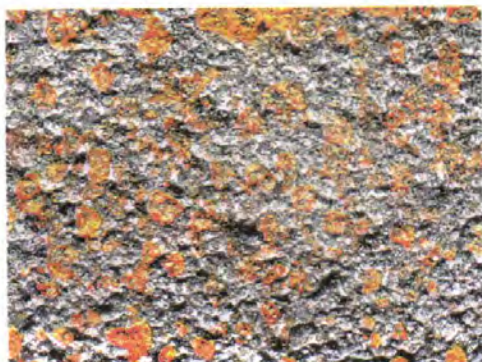
Мы рассмотрели реакции медленного окисления, которые происходят вокруг нас. Но, оказывается, и внутри нас непрерывно идут аналогичные реакции, которые являются результатом дыхания. При этом в клетки живых организмов поступает кислород и питательные вещества, которые взаимодействуют друг с другом с образованием столь необходимой для жизнедеятельности энергии. Однако эта энергия выделяется не сразу, а постепенно, дозированно, по строго запрограммированному процессу окисления.

## КОРРОЗИЯ

Немало неприятностей приносит химический процесс, который называется **коррозией** (от лат. *corrodere* — разъедать).

**Самопроизвольное разрушение металлов и сплавов в результате их взаимодействия с веществами окружающей среды называется коррозией.**





**Рис. 154.** Пятна ржавчины на металлической поверхности



**Рис. 155.** Свалка корродирующих металлических конструкций

Чаще всего коррозии подвергаются изделия из железа и его сплавов (рис. 154). Коррозию железа называют даже особым термином — **ржавление**. «Ржа ест железо» — гласит русская поговорка. У поэта В. Шефнера есть очень образные строки:

*Коррозия — рыжая крыса  
Грызет металлический лом.*

Ежегодно из-за коррозии превращается в труху четвертая часть всего производимого в мире металла (рис. 155). Однако помимо прямого ущерба от коррозии гораздо дороже обходятся косвенные убытки. Затраты на ремонт или замену деталей машин, агрегатов, аппаратуры химических производств, трубопроводов во много раз превышают стоимость металла, из которого они изготовлены.

Коррозия вызывает серьезные экологические катастрофы. Утечка газа, нефти и других опасных химических продуктов из разрушенных коррозией трубопроводов приводит к загрязнению окружающей среды, что отрицательно воздействует на здоровье и жизнь людей. Понятно, почему на защиту металлов от коррозии тратятся огромные средства.

Коррозию металлов и сплавов вызывают такие компоненты окружающей среды, как вода, кислород, оксиды углерода и серы, присутствующие в воздухе, а также соли, растворенные в грунтовых водах, воде морей и океанов.

Существует много способов борьбы с коррозией, например следующие.

**Защитные покрытия металлов.** Нанесение защитных покрытий на поверхность металлического изделия. Процесс нанесения может быть физическим: окраска металла лаками, красками, эмалями. Однако такие защитные пленки недолговечны. Знаменитую Эйфелеву башню в Париже красили уже 18 раз, в результате чего ее масса увеличилась на 70 т (рис. 156).

Более стойки химические покрытия. Так, предохраняемый металл можно покрыть слоем другого металла, менее подверженно-го коррозии: золота, серебра, хрома, никеля, олова, цинка и др. Один из самых старых способов — лужение — покрытие железного листа слоем олова. Такое железо называют белой жстью, его используют, например, для изготовления металлических банок для консервирования продуктов.

**Сплавы, устойчивые к коррозии.** Можно уменьшить коррозию железа, вводя в сплав специальные добавки — металлы: никель, хром, молибден. Так получают *нержавеющую сталь*. Например, «нержавейка», из которой изготавливают столовые приборы, содержит до 18% хрома и до 10% никеля. Легкие нержавеющие сплавы содержат в качестве добавок алюминий или титан. Из листов нержавеющей стали создана знаменитая скульптура В. И. Мухиной «Рабочий и колхозница» (рис. 157).

**Изменение состава среды.** Другой подход к предупреждению коррозии заключается в изменении свойств не самого металла,



**Рис. 156.** Эйфелева башня



**Рис. 157.** Скульптурная композиция «Рабочий и колхозница» В. И. Мухиной изготовлена из нержавеющей стали

## Рассказы по химии

а окружающей его среды. Химики предложили десятки веществ, введение которых в соприкасающуюся с металлом агрессивную среду в сотни и тысячи раз «тормозят» разрушение металла. Такие вещества называют **ингибиторами коррозии**. Ингибиторы коррозии добавляют в охлаждающие жидкости (например, автомобильный тосол), смазочные масла, нефтепродукты и даже впрыскивают в газопроводы для снижения коррозии труб изнутри.

Существуют другие методы защиты металлов от коррозии, например электрохимический, но об этом вы узнаете, изучая химию в старших классах.

# Приложение

Дата и приоритет открытия химических элементов

| Символ и название элемента |          | Год открытия | Авторы открытия                       |
|----------------------------|----------|--------------|---------------------------------------|
| Ac                         | Актиний  | 1899         | А. Дебьерн (Франция)                  |
| Ag                         | Серебро  | *            | —                                     |
| Al                         | Алюминий | 1825         | Х. Эрстед (Дания)                     |
| Ar                         | Аргон    | 1894         | Д. Рэлей, У. Рамзай (Англия)          |
| As                         | Мышьяк   | *            | —                                     |
| At                         | Астат    | 1940         | Э. Сегре, Д. Корсон, К. Макензи (США) |
| Au                         | Золото   | *            | —                                     |
| B                          | Бор      | 1808         | Л. Гей-Люссак, Л. Тенар (Франция)     |
| Ba                         | Барий    | 1774         | К. Шееле (Швеция)                     |
| Be                         | Бериллий | 1798         | Л. Воклен (Франция)                   |
| Bi                         | Висмут   | *            | —                                     |
| Br                         | Бром     | 1826         | А. Балар (Франция)                    |
| C                          | Углерод  | *            | —                                     |
| Ca                         | Кальций  | 1808         | Г. Дэви (Англия)                      |
| Cd                         | Кадмий   | 1817         | Ф. Штромейер (Германия)               |
| Cl                         | Хлор     | 1774         | К. Шееле (Швеция)                     |
| Co                         | Кобальт  | 1735         | Г. Брандт (Швеция)                    |
| Cr                         | Хром     | 1797         | Л. Воклен (Франция)                   |
| Cs                         | Цезий    | 1860         | Р. Бунзен, Г. Кирхгоф (Германия)      |

| Символ и название элемента |             | Год открытия | Авторы открытия                                               |
|----------------------------|-------------|--------------|---------------------------------------------------------------|
| Cu                         | Медь        | *            | —                                                             |
| Db                         | Дубний      | 1970         | Г. Н. Флёрв, И. Звара и др. (СССР); А. Гиорсо и др. (США)     |
| Ds                         | Дармштадтий | 1988         | Ю. Ц. Оганесян и др. (СССР); П. Армбрустер и др. (ФРГ)        |
| Es                         | Эйнштейний  | 1952         | Г. Сиборг, А. Гиорсо и др. (США)                              |
| Eu                         | Европий     | 1901         | Э. Демарсе (Франция)                                          |
| F                          | Фтор        | 1886         | А. Муассан (Франция)                                          |
| Fe                         | Железо      | *            | —                                                             |
| Fr                         | Франций     | 1939         | М. Пере (Франция)                                             |
| Ge                         | Германий    | 1886         | К. Винклер (Германия)                                         |
| H                          | Водород     | 1766         | Г. Кавендиш (Англия)                                          |
| He                         | Гелий       | 1868         | Ж. Жансен (Франция); Н. Локьер, Э. Франкланд (Англия)         |
| Hg                         | Ртуть       | *            | —                                                             |
| Hs                         | Хассий      | 1984         | Г. Н. Флёрв, И. Звара и др. (СССР); П. Армбрустер и др. (ФРГ) |
| I                          | Иод         | 1811         | Б. Куртуа (Франция)                                           |
| K                          | Калий       | 1807         | Г. Дэви (Англия)                                              |
| Li                         | Литий       | 1817         | А. Арфведсон (Швеция)                                         |
| Md                         | Менделевий  | 1955         | Г. Сиборг, А. Гиорсо и др. (США)                              |
| Mg                         | Магний      | 1808         | Г. Дэви (Англия)                                              |
| Mn                         | Марганец    | 1774         | Ю. Ган (Швеция)                                               |
| Mo                         | Молибден    | 1778         | К. Шееле (Швеция)                                             |
| N                          | Азот        | 1772         | Д. Резерфорд (Англия)                                         |
| Na                         | Натрий      | 1807         | Г. Дэви (Англия)                                              |

| Символ и название элемента |           | Год открытия  | Авторы открытия                         |
|----------------------------|-----------|---------------|-----------------------------------------|
| Ne                         | Неон      | 1898          | У. Рамзай, М. Траверс (Англия)          |
| Ni                         | Никель    | 1751          | А. Кронстедт (Швеция)                   |
| O                          | Кислород  | 1771—<br>1774 | К. Шееле (Швеция); Дж. Пристли (Англия) |
| P                          | Фосфор    | 1669          | Х. Брандт (Германия)                    |
| Pb                         | Свинец    | *             | —                                       |
| Po                         | Полоний   | 1898          | М. Склодовская-Кюри, П. Кюри (Франция)  |
| Pt                         | Платина   | *             | —                                       |
| Ra                         | Радий     | 1898          | М. Склодовская-Кюри, П. Кюри (Франция)  |
| Rb                         | Рубидий   | 1861          | Р. Бунзен, Г. Кирхгоф (Германия)        |
| Rg                         | Рентгений | 1994—<br>1996 | П. Армбрустер и др. (ФРГ)               |
| Rn                         | Радон     | 1900          | Ф. Дорн (Германия)                      |
| Ru                         | Рутений   | 1844          | К. К. Клаус (Россия)                    |
| S                          | Сера      | *             | —                                       |
| Sb                         | Сурьма    | *             | —                                       |
| Sc                         | Скандий   | 1879          | Л. Нильсон (Швеция)                     |
| Se                         | Селен     | 1817          | Й. Берцелиус (Швеция)                   |
| Si                         | Кремний   | 1824          | Й. Берцелиус (Швеция)                   |
| Sm                         | Самарий   | 1879          | П. Лекок де Буабодран (Франция)         |
| Sn                         | Олово     | *             | —                                       |
| Sr                         | Стронций  | 1787          | А. Крофорд и У. Крукшенк (Англия)       |
| Tc                         | Технеций  | 1937          | Э. Сегре, К. Перриер (Италия)           |

| Символ и название элемента |          | Год открытия  | Авторы открытия                     |
|----------------------------|----------|---------------|-------------------------------------|
| Te                         | Теллур   | 1782          | Ф. Мюллер фон Рейхенштейн (Венгрия) |
| Ti                         | Титан    | 1795—<br>1797 | М. Клапрот (Германия)               |
| Tl                         | Таллий   | 1861          | У. Крукс (Англия)                   |
| U                          | Уран     | 1789          | М. Клапрот (Германия)               |
| V                          | Ванадий  | 1830          | Н. Г. Сефстрём (Швеция)             |
| W                          | Вольфрам | 1781          | К. Шееле (Швеция)                   |
| Xe                         | Ксенон   | 1898          | У. Рамзай, М. Траверс (Англия)      |
| Yb                         | Иттербий | 1878          | Ш. Мариньяк (Швейцария)             |
| Zn                         | Цинк     | *             | —                                   |
| Zr                         | Цирконий | 1789          | М. Клапрот (Германия)               |
| 112                        | **       | 1994—<br>1996 | П. Армбрустер и др. (ФРГ)           |
| 114                        | **       | 1998          | Ю. Ц. Оганесян и др. (Россия)       |

\* Элемент в свободном виде, его сплавы или соединения известны с древних времен или с эпохи средневековья.

\*\* Принято решение не присваивать элементу никакого названия, ограничившись только его номером.

# Оглавление

## ГЛАВА I Химия в центре естествознания

|                                                                                                          |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| § 1. Химия как часть естествознания. Предмет химии . . . . .                                             | 5  |
| § 2. Наблюдение и эксперимент как методы изучения естествознания и химии . . . . .                       | 10 |
| Практическая работа № 1. Знакомство с лабораторным оборудованием. Правила техники безопасности . . . . . | 14 |
| Практическая работа № 2. Наблюдение за горящей свечой. Устройство и работа спиртовки . . . . .           | 22 |
| § 3. Моделирование . . . . .                                                                             | 24 |
| § 4. Химические знаки и формулы . . . . .                                                                | 28 |
| § 5. Химия и физика . . . . .                                                                            | 32 |
| § 6. Агрегатные состояния веществ . . . . .                                                              | 37 |
| § 7. Химия и география . . . . .                                                                         | 41 |
| § 8. Химия и биология . . . . .                                                                          | 45 |
| § 9. Качественные реакции в химии . . . . .                                                              | 51 |

## ГЛАВА II Математика в химии

|                                                                                                            |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| § 10. Относительные атомная и молекулярная массы . . . . .                                                 | 57 |
| § 11. Массовая доля элемента в сложном веществе . . . . .                                                  | 59 |
| § 12. Чистые вещества и смеси . . . . .                                                                    | 65 |
| § 13. Объемная доля газа в смеси . . . . .                                                                 | 70 |
| § 14. Массовая доля вещества в растворе . . . . .                                                          | 73 |
| Практическая работа № 3. Приготовление раствора с заданной массовой долей растворенного вещества . . . . . | 77 |
| § 15. Массовая доля примесей . . . . .                                                                     | 78 |

## ГЛАВА III Явления, происходящие с веществами

|                                                                                             |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| § 16. Разделение смесей . . . . .                                                           | 83  |
| § 17. Дистилляция, или перегонка . . . . .                                                  | 89  |
| Практическая работа № 4. Выращивание кристаллов соли (домашний эксперимент) . . . . .       | 94  |
| Практическая работа № 5. Очистка поваренной соли . . . . .                                  | 96  |
| § 18. Химические реакции. Условия протекания и прекращения химических реакций . . . . .     | 97  |
| § 19. Признаки химических реакций . . . . .                                                 | 102 |
| Практическая работа № 6. Изучение процесса коррозии железа (домашний эксперимент) . . . . . | 107 |

## ГЛАВА IV Рассказы по химии

|                                             |     |
|---------------------------------------------|-----|
| Рассказы об ученых . . . . .                | 111 |
| Рассказы об элементах и веществах . . . . . | 123 |
| Рассказы о реакциях . . . . .               | 146 |

|                                                                      |     |
|----------------------------------------------------------------------|-----|
| Приложение. Дата и приоритет открытия химических элементов . . . . . | 155 |
|----------------------------------------------------------------------|-----|



*Учебное издание*

**Габриелян Олег Сергеевич  
Остроумов Игорь Геннадьевич  
Ахлебинин Александр Константинович**

**ХИМИЯ  
ВВОДНЫЙ КУРС**

**7 класс**

Учебное пособие

Ответственный редактор *Н. В. Губина*  
Младший редактор *Л. Н. Коробкова*  
Оформление *Л. П. Копачева*  
Художники *О. А. Новотоцких, Э. К. Реоли*  
Художественный редактор *Э. К. Реоли*  
Технический редактор *М. В. Биденко*  
Компьютерная верстка *Е. В. Агуреева, Т. В. Рыбина*  
Корректор *Е. Е. Никулина*

Сертификат соответствия  
№ РОСС RU. АЕ51. Н 16238.



Подписано к печати 11.10.12. Формат 70 × 90 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>.  
Бумага офсетная. Гарнитура «Школьная». Печать офсетная.  
Усл. печ. л. 11,70. Тираж 2000 экз. Заказ № 1029.  
ООО «Дрофа». 127018, Москва, Сущевский вал, 49.

**Предложения и замечания по содержанию и оформлению книги  
просим направлять в редакцию общего образования издательства «Дрофа»:  
127018, Москва, а/я 79. Тел.: (495) 795-05-41. E-mail: chief@drofa.ru**

**По вопросам приобретения продукции издательства «Дрофа»  
обращаться по адресу: 127018, Москва, Сущевский вал, 49.  
Тел.: (495) 795-05-50, 795-05-51. Факс: (495) 795-05-52.**

**Сайт ООО «Дрофа»: [www.drofa.ru](http://www.drofa.ru)**

**Электронная почта: [sales@drofa.ru](mailto:sales@drofa.ru)**

**Тел.: 8-800-200-05-50 (звонок по России бесплатный)**



Отпечатано в ОАО «Можайский полиграфический комбинат»  
143200, г. Можайск, ул. Мира, 93  
[www.oaompk.ru](http://www.oaompk.ru), [www.oaompk.rf](http://www.oaompk.rf) тел.: (495) 745-84-28, (49638) 20-685

# Периодическая система химических элементов Д. И. Менделеева

| периоды                             | группы элементов                                                                        |                                                                                             |                                                                                         |                                                                                               |                                                                                           |                                                                                            |                                                                                            |                                                                                          |                                                                                             |                                                                                             |                                                                                          |                                                                                              |                                                                                            |                                                                                             |      |                                                                                                |
|-------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                     | I                                                                                       |                                                                                             | II                                                                                      |                                                                                               | III                                                                                       |                                                                                            | IV                                                                                         |                                                                                          | V                                                                                           |                                                                                             | VI                                                                                       |                                                                                              | VII                                                                                        |                                                                                             | VIII |                                                                                                |
| 1                                   | <b>H</b><br>1s <sup>1</sup><br>1,00797<br>Водород                                       |                                                                                             |                                                                                         |                                                                                               |                                                                                           |                                                                                            |                                                                                            |                                                                                          |                                                                                             |                                                                                             |                                                                                          | <b>(H)</b>                                                                                   |                                                                                            |                                                                                             |      | Символ элемента — <b>He</b> 2<br>1s <sup>2</sup> 4,0026<br>Гелий                               |
| 2                                   | <b>Li</b> 3<br>2s <sup>2</sup> 6,939<br>Литий                                           | <b>Be</b> 4<br>2s <sup>2</sup> 9,0122<br>Бериллий                                           | <b>B</b> 5<br>2s <sup>2</sup> 2p <sup>1</sup> 10,811<br>Бор                             | <b>C</b> 6<br>2s <sup>2</sup> 2p <sup>2</sup> 12,01115<br>Углерод                             | <b>N</b> 7<br>2s <sup>2</sup> 2p <sup>3</sup> 14,0067<br>Азот                             | <b>O</b> 8<br>2s <sup>2</sup> 2p <sup>4</sup> 15,9994<br>Кислород                          | <b>F</b> 9<br>2s <sup>2</sup> 2p <sup>5</sup> 18,9984<br>Фтор                              |                                                                                          |                                                                                             |                                                                                             |                                                                                          |                                                                                              |                                                                                            |                                                                                             |      | Электронная конфигурация внешнего слоя — <b>Na</b> 11<br>3s <sup>1</sup> 22,9898<br>Натрий     |
| 3                                   | <b>Na</b> 11<br>3s <sup>1</sup> 22,9898<br>Натрий                                       | <b>Mg</b> 12<br>3s <sup>2</sup> 24,312<br>Магний                                            | <b>Al</b> 13<br>3s <sup>2</sup> 3p <sup>1</sup> 26,9815<br>Алюминий                     | <b>Si</b> 14<br>3s <sup>2</sup> 3p <sup>2</sup> 28,086<br>Кремний                             | <b>P</b> 15<br>3s <sup>2</sup> 3p <sup>3</sup> 30,9738<br>Фосфор                          | <b>S</b> 16<br>3s <sup>2</sup> 3p <sup>4</sup> 32,064<br>Сера                              | <b>Cl</b> 17<br>3s <sup>2</sup> 3p <sup>5</sup> 35,453<br>Хлор                             |                                                                                          |                                                                                             |                                                                                             |                                                                                          |                                                                                              |                                                                                            |                                                                                             |      | Название элемента — <b>Ar</b> 18<br>3s <sup>2</sup> 3p <sup>6</sup> 39,948<br>Аргон            |
| 4                                   | <b>K</b> 19<br>4s <sup>1</sup> 39,102<br>Калий                                          | <b>Ca</b> 20<br>4s <sup>2</sup> 40,08<br>Кальций                                            | <b>Sc</b> 21<br>3d <sup>1</sup> 4s <sup>2</sup> 44,956<br>Скандий                       | <b>Ti</b> 22<br>3d <sup>2</sup> 4s <sup>2</sup> 47,90<br>Титан                                | <b>V</b> 23<br>3d <sup>3</sup> 4s <sup>2</sup> 50,942<br>Ванадий                          | <b>Cr</b> 24<br>3d <sup>5</sup> 4s <sup>1</sup> 51,996<br>Хром                             | <b>Mn</b> 25<br>3d <sup>5</sup> 4s <sup>2</sup> 54,938<br>Марганец                         | <b>Fe</b> 26<br>3d <sup>6</sup> 4s <sup>2</sup> 55,847<br>Железо                         | <b>Co</b> 27<br>3d <sup>7</sup> 4s <sup>2</sup> 58,9332<br>Кобальт                          | <b>Ni</b> 28<br>3d <sup>8</sup> 4s <sup>2</sup> 58,71<br>Никель                             |                                                                                          |                                                                                              |                                                                                            |                                                                                             |      | Относительная атомная масса — <b>Kr</b> 36<br>4s <sup>2</sup> 4p <sup>6</sup> 83,80<br>Криптон |
|                                     | <b>29</b> <b>Cu</b><br>3d <sup>10</sup> 4s <sup>1</sup> 63,546<br>Медь                  | <b>30</b> <b>Zn</b><br>3d <sup>10</sup> 4s <sup>2</sup> 65,37<br>Цинк                       | <b>31</b> <b>Ga</b><br>4s <sup>2</sup> 4p <sup>1</sup> 69,72<br>Галлий                  | <b>32</b> <b>Ge</b><br>4s <sup>2</sup> 4p <sup>2</sup> 72,59<br>Германий                      | <b>33</b> <b>As</b><br>4s <sup>2</sup> 4p <sup>3</sup> 74,9216<br>Мышьяк                  | <b>34</b> <b>Se</b><br>4s <sup>2</sup> 4p <sup>4</sup> 78,96<br>Селен                      | <b>35</b> <b>Br</b><br>4s <sup>2</sup> 4p <sup>5</sup> 79,904<br>Бром                      |                                                                                          |                                                                                             |                                                                                             |                                                                                          |                                                                                              |                                                                                            |                                                                                             |      |                                                                                                |
| 5                                   | <b>Rb</b> 37<br>5s <sup>1</sup> 85,47<br>Рубидий                                        | <b>Sr</b> 38<br>5s <sup>2</sup> 87,62<br>Стронций                                           | <b>39</b> <b>Y</b><br>4d <sup>1</sup> 5s <sup>2</sup> 88,905<br>Иттрий                  | <b>40</b> <b>Zr</b><br>4d <sup>2</sup> 5s <sup>2</sup> 91,22<br>Цирконий                      | <b>41</b> <b>Nb</b><br>4d <sup>4</sup> 5s <sup>1</sup> 92,906<br>Ниобий                   | <b>42</b> <b>Mo</b><br>4d <sup>5</sup> 5s <sup>1</sup> 95,94<br>Молибден                   | <b>43</b> <b>Tc</b><br>4d <sup>5</sup> 5s <sup>2</sup> [99]<br>Технеций                    | <b>44</b> <b>Ru</b><br>4d <sup>7</sup> 5s <sup>1</sup> 101,07<br>Рутений                 | <b>45</b> <b>Rh</b><br>4d <sup>8</sup> 5s <sup>1</sup> 102,905<br>Родий                     | <b>46</b> <b>Pd</b><br>4d <sup>10</sup> 5s <sup>0</sup> 106,4<br>Палладий                   |                                                                                          |                                                                                              |                                                                                            |                                                                                             |      |                                                                                                |
|                                     | <b>47</b> <b>Ag</b><br>4d <sup>10</sup> 5s <sup>1</sup> 107,868<br>Серебро              | <b>48</b> <b>Cd</b><br>4d <sup>10</sup> 5s <sup>2</sup> 112,40<br>Кадмий                    | <b>49</b> <b>In</b><br>5s <sup>2</sup> 5p <sup>1</sup> 114,82<br>Индий                  | <b>50</b> <b>Sn</b><br>5s <sup>2</sup> 5p <sup>2</sup> 118,69<br>Олово                        | <b>51</b> <b>Sb</b><br>5s <sup>2</sup> 5p <sup>3</sup> 121,75<br>Сурьма                   | <b>52</b> <b>Te</b><br>5s <sup>2</sup> 5p <sup>4</sup> 127,60<br>Теллур                    | <b>53</b> <b>I</b><br>5s <sup>2</sup> 5p <sup>5</sup> 126,9044<br>Иод                      |                                                                                          |                                                                                             |                                                                                             |                                                                                          |                                                                                              |                                                                                            |                                                                                             |      |                                                                                                |
| 6                                   | <b>Cs</b> 55<br>6s <sup>1</sup> 132,905<br>Цезий                                        | <b>Ba</b> 56<br>6s <sup>2</sup> 137,34<br>Барий                                             | <b>57</b> <b>La*</b><br>5d <sup>1</sup> 6s <sup>2</sup> 138,81<br>Лантан                | <b>72</b> <b>Hf</b><br>4f <sup>14</sup> 5d <sup>2</sup> 6s <sup>2</sup> 178,49<br>Гафний      | <b>73</b> <b>Ta</b><br>4f <sup>14</sup> 5d <sup>3</sup> 6s <sup>2</sup> 180,948<br>Тантал | <b>74</b> <b>W</b><br>4f <sup>14</sup> 5d <sup>4</sup> 6s <sup>2</sup> 183,85<br>Вольфрам  | <b>75</b> <b>Re</b><br>4f <sup>14</sup> 5d <sup>5</sup> 6s <sup>2</sup> 186,2<br>Рений     | <b>76</b> <b>Os</b><br>4f <sup>14</sup> 5d <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 190,2<br>Осмий   | <b>77</b> <b>Ir</b><br>4f <sup>14</sup> 5d <sup>7</sup> 6s <sup>2</sup> 192,2<br>Иридий     | <b>78</b> <b>Pt</b><br>5d <sup>9</sup> 6s <sup>1</sup> 195,09<br>Платина                    |                                                                                          |                                                                                              |                                                                                            |                                                                                             |      |                                                                                                |
|                                     | <b>79</b> <b>Au</b><br>5d <sup>10</sup> 6s <sup>1</sup> 196,967<br>Золото               | <b>80</b> <b>Hg</b><br>5d <sup>10</sup> 6s <sup>2</sup> 200,59<br>Ртуть                     | <b>81</b> <b>Tl</b><br>6s <sup>2</sup> 6p <sup>1</sup> 204,37<br>Таллий                 | <b>82</b> <b>Pb</b><br>6s <sup>2</sup> 6p <sup>2</sup> 207,19<br>Свинец                       | <b>83</b> <b>Bi</b><br>6s <sup>2</sup> 6p <sup>3</sup> 208,980<br>Висмут                  | <b>84</b> <b>Po</b><br>6s <sup>2</sup> 6p <sup>4</sup> [210]<br>Полоний                    | <b>85</b> <b>At</b><br>6s <sup>2</sup> 6p <sup>5</sup> 210<br>Астат                        |                                                                                          |                                                                                             |                                                                                             |                                                                                          |                                                                                              |                                                                                            |                                                                                             |      |                                                                                                |
| 7                                   | <b>Fr</b> 87<br>7s <sup>1</sup> [223]<br>Франций                                        | <b>Ra</b> 88<br>7s <sup>2</sup> [226]<br>Радий                                              | <b>89</b> <b>Ac**</b><br>6d <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup> [227]<br>Актиний               | <b>104</b> <b>Rf</b><br>5f <sup>14</sup> 6d <sup>2</sup> 7s <sup>2</sup> [261]<br>Резерфордий | <b>105</b> <b>Rf</b><br>5f <sup>14</sup> 6d <sup>3</sup> 7s <sup>2</sup> [262]<br>Дубний  | <b>106</b> <b>Sg</b><br>5f <sup>14</sup> 6d <sup>4</sup> 7s <sup>2</sup> [263]<br>Сиббгрий | <b>107</b> <b>Bh</b><br>5f <sup>14</sup> 6d <sup>5</sup> 7s <sup>2</sup> [266]<br>Борий    | <b>108</b> <b>Hs</b><br>5f <sup>14</sup> 6d <sup>6</sup> 7s <sup>2</sup> [265]<br>Хассий | <b>109</b> <b>Mt</b><br>5f <sup>14</sup> 6d <sup>7</sup> 7s <sup>2</sup> [266]<br>Мейтнерий |                                                                                             |                                                                                          |                                                                                              |                                                                                            |                                                                                             |      |                                                                                                |
| ВЫСШНИЕ<br>ОКСИДЫ                   | R <sub>2</sub> O                                                                        | RO                                                                                          | R <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                                                           | RO <sub>2</sub>                                                                               | R <sub>2</sub> O <sub>5</sub>                                                             | RO <sub>3</sub>                                                                            | R <sub>2</sub> O <sub>7</sub>                                                              | RO <sub>4</sub>                                                                          |                                                                                             |                                                                                             |                                                                                          |                                                                                              |                                                                                            |                                                                                             |      |                                                                                                |
| ЛЕТУЧИЕ<br>ВОДОРОДНЫЕ<br>СОЕДИНЕНИЯ |                                                                                         |                                                                                             |                                                                                         | RH <sub>4</sub>                                                                               | RH <sub>3</sub>                                                                           | H <sub>2</sub> R                                                                           | HR                                                                                         |                                                                                          |                                                                                             |                                                                                             |                                                                                          |                                                                                              |                                                                                            |                                                                                             |      |                                                                                                |
| * ЛАНТАНОИДЫ                        | <b>58</b> <b>Ce</b><br>140,12 4f <sup>1</sup> 5d <sup>1</sup> 6s <sup>2</sup><br>Церий  | <b>59</b> <b>Pr</b><br>140,907 4f <sup>2</sup> 5d <sup>0</sup> 6s <sup>2</sup><br>Прозеодим | <b>60</b> <b>Nd</b><br>144,24 4f <sup>3</sup> 5d <sup>0</sup> 6s <sup>2</sup><br>Неодим | <b>61</b> <b>Pm</b><br>[145] 4f <sup>4</sup> 5d <sup>0</sup> 6s <sup>2</sup><br>Прометий      | <b>62</b> <b>Sm</b><br>150,35 4f <sup>5</sup> 5d <sup>0</sup> 6s <sup>2</sup><br>Самарий  | <b>63</b> <b>Eu</b><br>151,96 4f <sup>6</sup> 5d <sup>0</sup> 6s <sup>2</sup><br>Европий   | <b>64</b> <b>Gd</b><br>157,25 4f <sup>7</sup> 5d <sup>0</sup> 6s <sup>2</sup><br>Гадолиний | <b>65</b> <b>Tb</b><br>158,924 4f <sup>8</sup> 5d <sup>0</sup> 6s <sup>2</sup><br>Тербий | <b>66</b> <b>Dy</b><br>162,50 4f <sup>9</sup> 5d <sup>0</sup> 6s <sup>2</sup><br>Диспрозий  | <b>67</b> <b>Ho</b><br>164,930 4f <sup>10</sup> 5d <sup>0</sup> 6s <sup>2</sup><br>Гольмий  | <b>68</b> <b>Er</b><br>167,26 4f <sup>11</sup> 5d <sup>0</sup> 6s <sup>2</sup><br>Эрбий  | <b>69</b> <b>Tm</b><br>168,934 4f <sup>12</sup> 5d <sup>0</sup> 6s <sup>2</sup><br>Тулий     | <b>70</b> <b>Yb</b><br>173,04 4f <sup>14</sup> 5d <sup>0</sup> 6s <sup>2</sup><br>Иттербий | <b>71</b> <b>Lu</b><br>174,97 4f <sup>14</sup> 5d <sup>1</sup> 6s <sup>2</sup><br>Лютеций   |      |                                                                                                |
| ** АКТИНОИДЫ                        | <b>90</b> <b>Th</b><br>232,038 5f <sup>0</sup> 6d <sup>2</sup> 7s <sup>2</sup><br>Торий | <b>91</b> <b>Pa</b><br>[231] 5f <sup>2</sup> 6d <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup><br>Протактиний | <b>92</b> <b>U</b><br>238,03 5f <sup>3</sup> 6d <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup><br>Уран    | <b>93</b> <b>Np</b><br>[237] 5f <sup>4</sup> 6d <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup><br>Нептуний      | <b>94</b> <b>Pu</b><br>[242] 5f <sup>6</sup> 6d <sup>0</sup> 7s <sup>2</sup><br>Плутоний  | <b>95</b> <b>Am</b><br>[243] 5f <sup>7</sup> 6d <sup>0</sup> 7s <sup>2</sup><br>Америций   | <b>96</b> <b>Cm</b><br>[247] 5f <sup>7</sup> 6d <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup><br>Кюрий      | <b>97</b> <b>Bk</b><br>[247] 5f <sup>9</sup> 6d <sup>0</sup> 7s <sup>2</sup><br>Берклий  | <b>98</b> <b>Cf</b><br>[249] 5f <sup>10</sup> 6d <sup>0</sup> 7s <sup>2</sup><br>Калифорний | <b>99</b> <b>Es</b><br>[254] 5f <sup>11</sup> 6d <sup>0</sup> 7s <sup>2</sup><br>Эйнштейний | <b>100</b> <b>Fm</b><br>[253] 5f <sup>12</sup> 6d <sup>0</sup> 7s <sup>2</sup><br>Фермий | <b>101</b> <b>Md</b><br>[255] 5f <sup>13</sup> 6d <sup>0</sup> 7s <sup>2</sup><br>Менделевий | <b>102</b> <b>No</b><br>[255] 5f <sup>14</sup> 6d <sup>0</sup> 7s <sup>2</sup><br>Нобелий  | <b>103</b> <b>Lr</b><br>[257] 5f <sup>14</sup> 6d <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup><br>Лоуренсий |      |                                                                                                |

Красным цветом обозначены знаки неметаллов; зеленым — металлов, образующих амфотерные оксиды и гидроксиды;  
черным — металлов, образующих основные оксиды и основания.

# Растворимость гидроксидов и солей в воде

(при комнатной температуре)

| АНИОНЫ                           | КАТИОНЫ        |                 |                |                 |                              |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                 |                  |                  |                  |                  |   |
|----------------------------------|----------------|-----------------|----------------|-----------------|------------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|---|
|                                  | H <sup>+</sup> | Li <sup>+</sup> | K <sup>+</sup> | Na <sup>+</sup> | NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> | Ba <sup>2+</sup> | Ca <sup>2+</sup> | Mg <sup>2+</sup> | Sr <sup>2+</sup> | Al <sup>3+</sup> | Cr <sup>3+</sup> | Fe <sup>2+</sup> | Fe <sup>3+</sup> | Ni <sup>2+</sup> | Co <sup>2+</sup> | Mn <sup>2+</sup> | Zn <sup>2+</sup> | Ag <sup>+</sup> | Hg <sup>2+</sup> | Pb <sup>2+</sup> | Sn <sup>2+</sup> | Cu <sup>2+</sup> |   |
| OH <sup>-</sup>                  |                | P               | P              | P               | P                            | P                | M                | H                | M                | H                | H                | H                | H                | H                | H                | H                | H                | -               | -                | H                | H                | H                |   |
| F <sup>-</sup>                   | P              | P               | P              | P               | P                            | M                | H                | H                | M                | P                | H                | H                | H                | P                | P                | M                | P                | P               | M                | H                | P                | P                |   |
| Cl <sup>-</sup>                  | P              | P               | P              | P               | P                            | P                | P                | P                | P                | P                | P                | P                | P                | P                | P                | P                | P                | P               | H                | P                | M                | P                | P |
| Br <sup>-</sup>                  | P              | P               | P              | P               | P                            | P                | P                | P                | P                | P                | P                | P                | P                | P                | P                | P                | P                | P               | H                | M                | M                | P                | P |
| I <sup>-</sup>                   | P              | P               | P              | P               | P                            | P                | P                | P                | P                | P                | ?                | P                | ?                | P                | P                | P                | P                | P               | H                | H                | H                | M                | P |
| S <sup>2-</sup>                  | P              | P               | P              | P               | P                            | P                | M                | H                | P                | -                | -                | H                | -                | H                | H                | H                | H                | H               | H                | H                | H                | H                | H |
| SO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>    | P              | P               | P              | P               | P                            | M                | M                | M                | H                | ?                | -                | M                | ?                | H                | H                | ?                | M                | H               | H                | H                | ?                | ?                |   |
| SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>    | P              | P               | P              | P               | P                            | H                | M                | P                | H                | P                | P                | P                | P                | P                | P                | P                | P                | M               | -                | H                | P                | P                |   |
| NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>     | P              | P               | P              | P               | P                            | P                | P                | P                | P                | P                | P                | P                | P                | P                | P                | P                | P                | P               | P                | P                | P                | -                | P |
| NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>     | P              | P               | P              | P               | P                            | P                | P                | P                | P                | ?                | ?                | ?                | ?                | P                | M                | ?                | ?                | M               | ?                | ?                | ?                | ?                | ? |
| PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>    | P              | H               | P              | P               | -                            | H                | H                | H                | H                | H                | H                | H                | H                | H                | H                | H                | H                | H               | H                | H                | H                | H                | H |
| CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>    | P              | P               | P              | P               | P                            | H                | H                | H                | H                | ?                | ?                | H                | ?                | H                | H                | H                | H                | H               | ?                | H                | ?                | H                |   |
| CH <sub>3</sub> COO <sup>-</sup> | P              | P               | P              | P               | P                            | P                | P                | P                | P                | -                | P                | P                | -                | P                | P                | P                | P                | P               | P                | P                | P                | -                | P |
| SiO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>   | H              | P               | P              | P               | ?                            | H                | H                | H                | H                | ?                | ?                | H                | ?                | ?                | ?                | H                | H                | ?               | ?                | H                | ?                | ?                |   |

P — растворяется (>1 г на 100 г H<sub>2</sub>O)

M — мало растворяется (от 0,1 до 1 г на 100 г H<sub>2</sub>O)

H — не растворяется (<0,1 г на 100 г H<sub>2</sub>O)

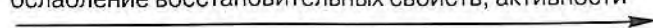
- — в водной среде разлагается

? — нет достоверных сведений о существовании соединения

## ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЙ РЯД НАПРЯЖЕНИЙ МЕТАЛЛОВ

Li, K, Ba, Ca, Na, Mg, Al, Mn, Zn, Cr, Fe, Co, Sn, Pb, H<sub>2</sub>, Cu, Hg, Ag, Au

ослабление восстановительных свойств, активности



## РЯД ЭЛЕКТРООТРИЦАТЕЛЬНОСТИ НЕМЕТАЛЛОВ

H, As, I, Si, P, Se, C, S, Br, Cl, N, O, F

усиление электроотрицательности

