



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

# ХИМИЯ

ВВОДНЫЙ  
КУРС

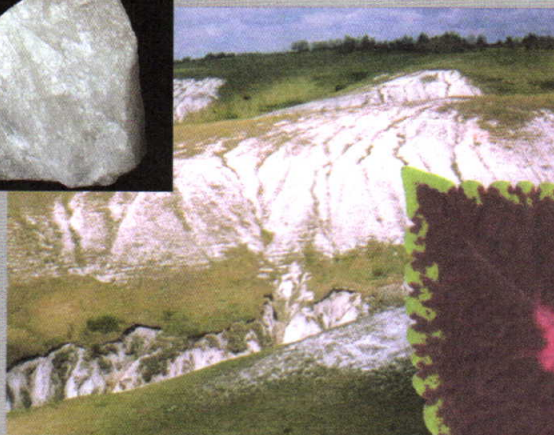
7  
КЛАСС



ДРОФА



# 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).

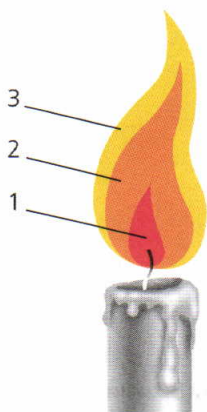
**Эксперимент — научное воспроизведение какого-либо явления с целью его исследования, испытания в определенных условиях.**

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.

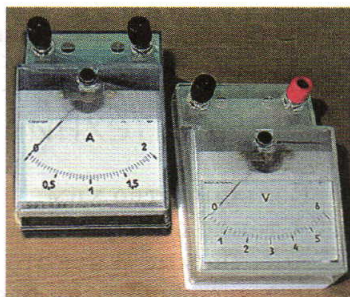
Все естественные науки — экспериментальные. А для постановки эксперимента часто требуется специальное оборудование. Например, в биологии широко используются оптические приборы, которые позволяют во много раз увеличить изображение наблюдаемого объекта: лупа, микроскоп (рис. 8). Физики при изучении электрических 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-

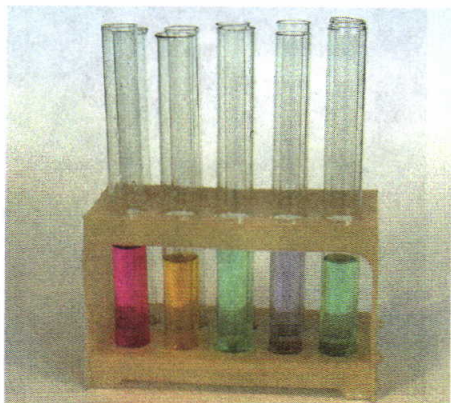


Рис. 12. Штатив с пробирками

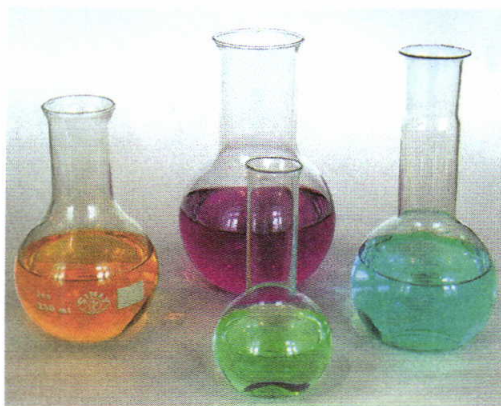


Рис. 13. Плоскодонные колбы

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) —

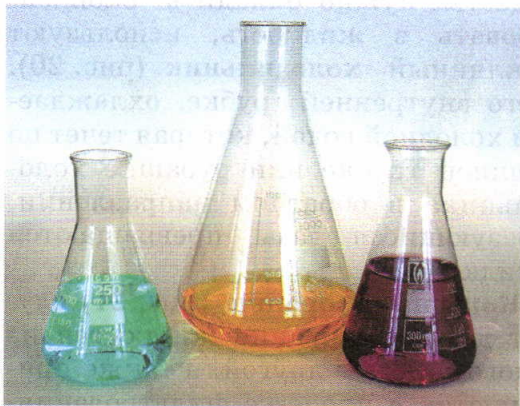


Рис. 14. Конические колбы

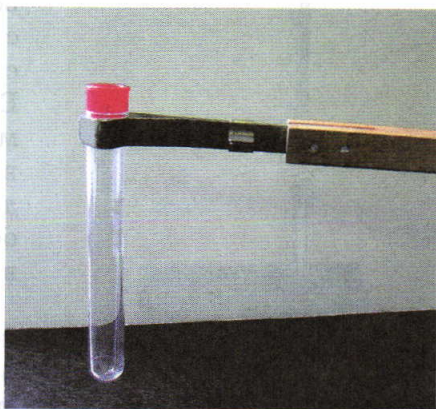


Рис. 15. Держатель для пробирок



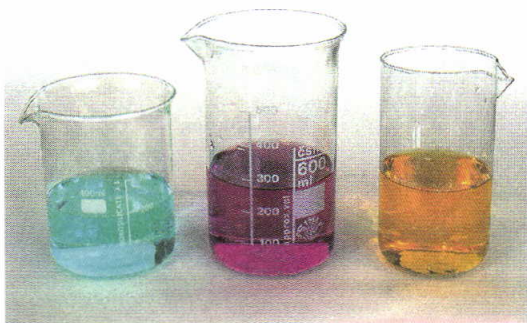


Рис. 16. Химические стаканы

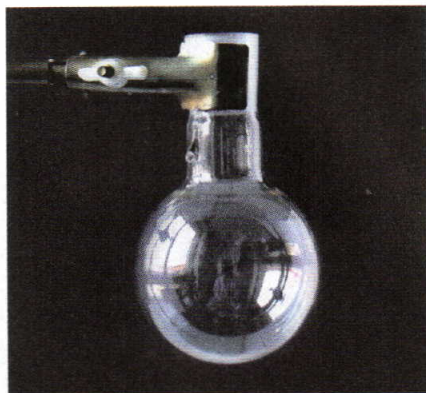


Рис. 17. Круглодонная колба

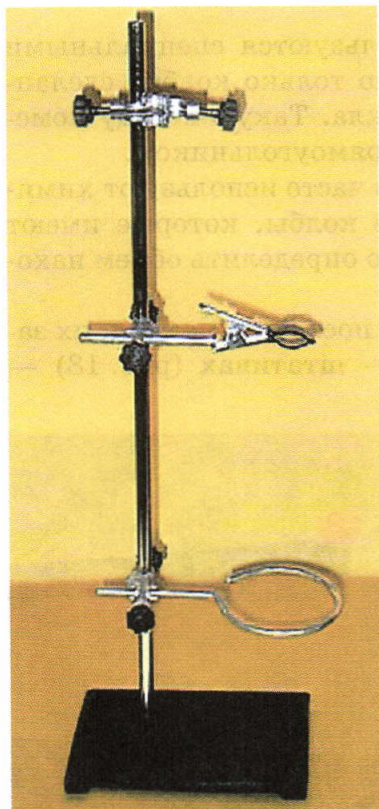
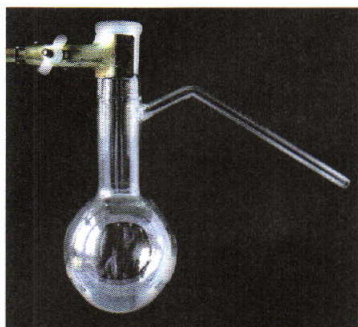


Рис. 18. Штатив с кольцом, лапкой и зажимами

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

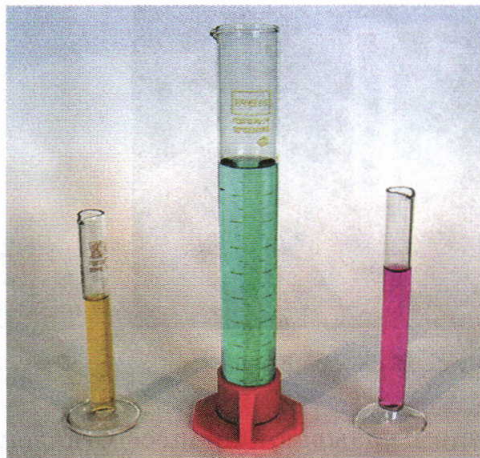


Рис. 24. Мерные цилиндры

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.

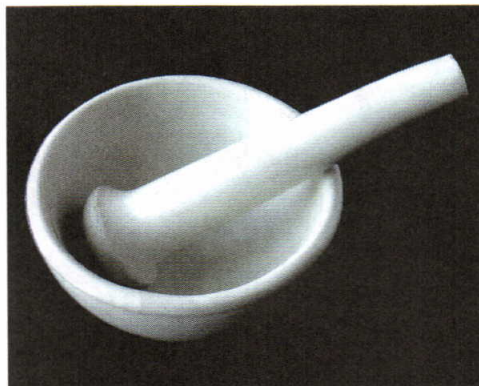


Рис. 25. Ступка с пестиком

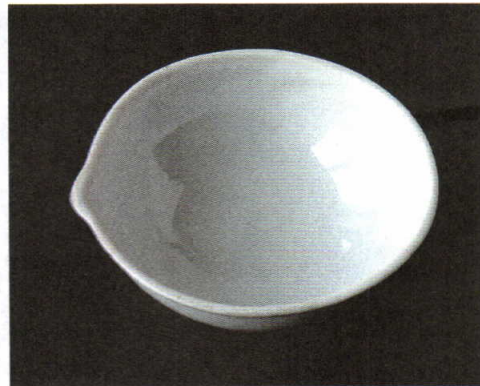


Рис. 26. Фарфоровая чашка



**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.

Закончив 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.

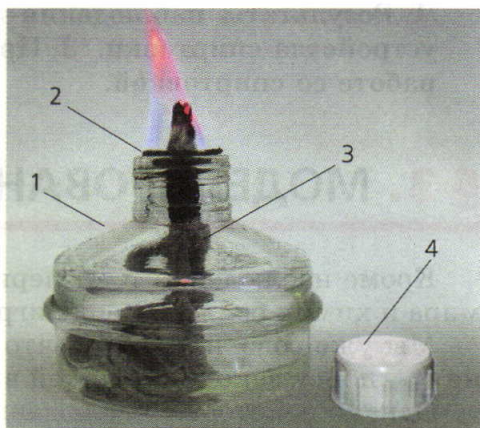
I. Опишите внешний вид свечи, вещество, из которого она изготовлена (цвет, запах, твердость), фитиль.

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.

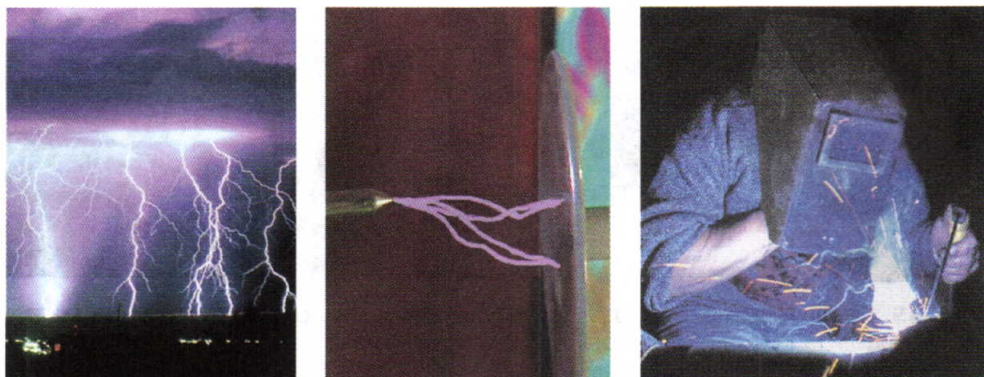
Однако некоторые наблюдения неудобно или невозможно проводить непосредственно в природе. Естественную среду воссоздают в лабораторных условиях с помощью особых приборов, установок, предметов, т. е. **моделей** (от лат. *modulus* — мера, образец). В моделях копируются только самые важные признаки и свойства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

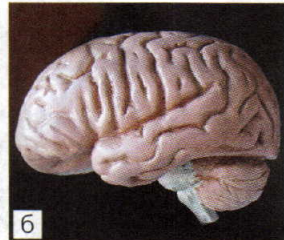


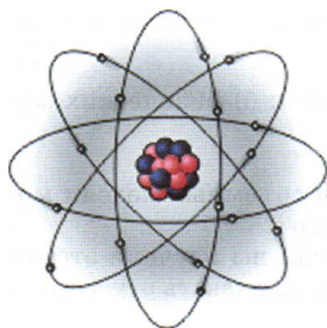
Рис. 36. Биологические модели: а – глаз; б – головной мозг

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

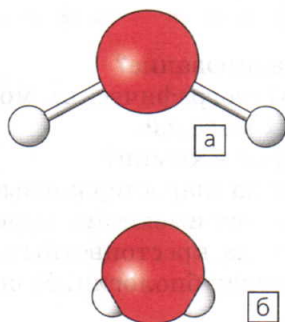
Не менее важно моделирование и в химии. Условно химические модели можно разделить на две группы: предметные и знаковые, или символные (схема 1).

Схема 1

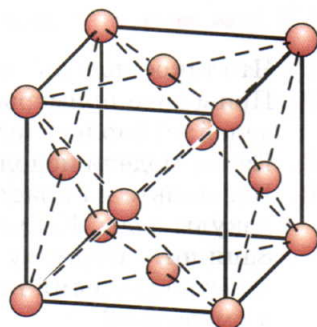




**Рис. 37.** Модель строения атома



**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»).

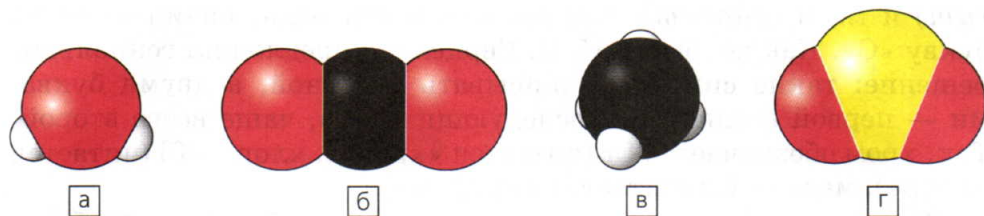
Русские и латинские названия, знаки наиболее употребляемых в школе двадцати химических элементов и их произношение приведены в таблице 2.

**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:

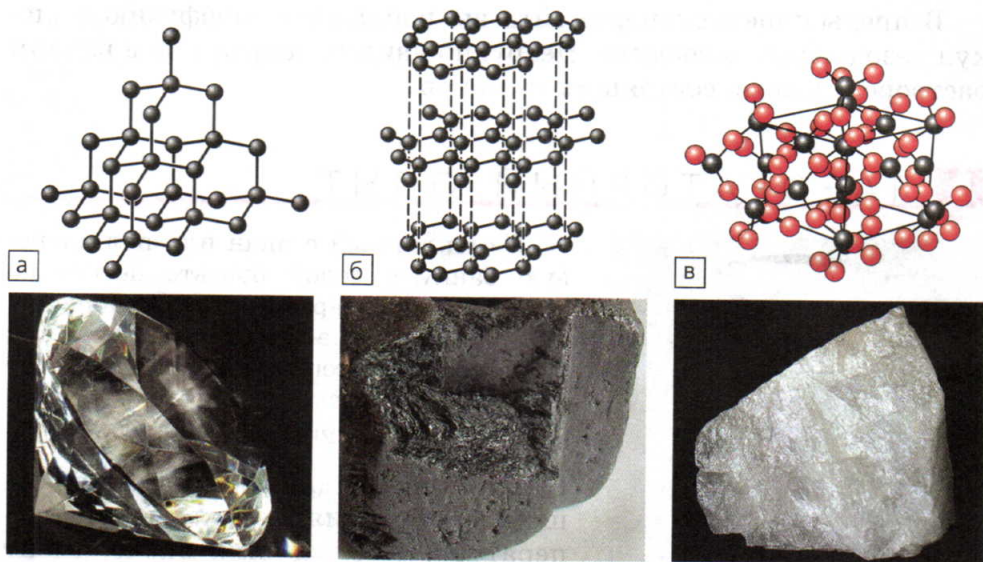
**качественный состав** вещества, т. е. атомы каких элементов входят в состав данного вещества;

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

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

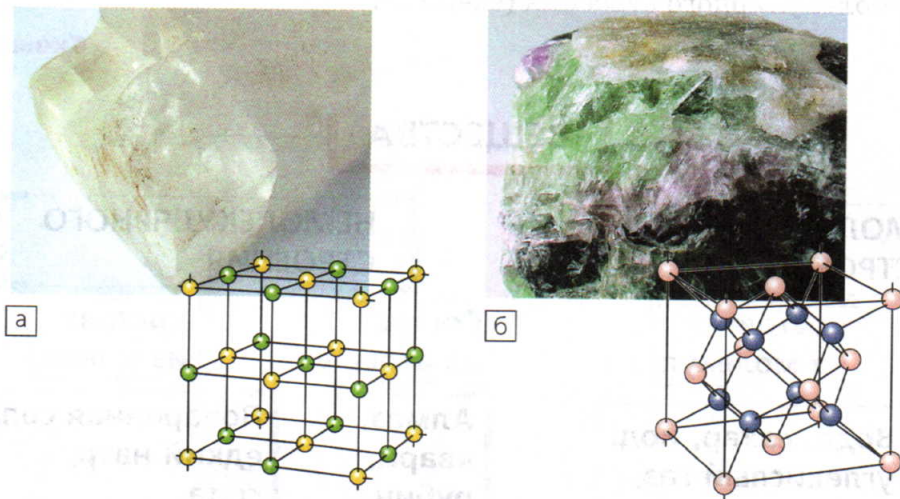
**Простыми** называют вещества, состоящие из атомов одного химического элемента.

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



**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)



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

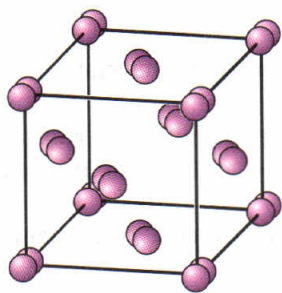
Одним из общих вопросов химии и физики является рассмотрение строения веществ и движения тех частиц, из которых вещества состоят. Показателен тот факт, что самые первые шаги в изучении физики вы делаете, получая первоначальные сведения о строении вещества, имеющие непосредственное отношение как к физике, 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 иода 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  $I_2$ .

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



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



**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**.

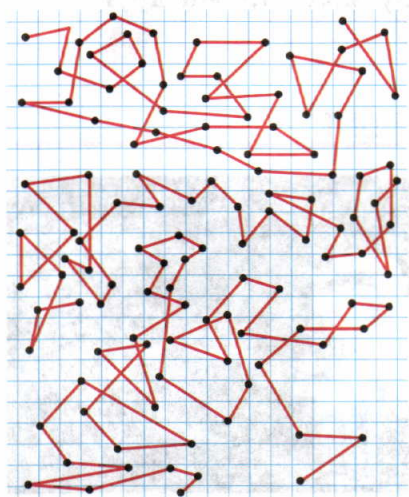
Английский ботаник Роберт Броун в 1827 г. изучал строение пыльцы растений. Наблюдая в микроскоп за крупинками пыльцы в капле воды, ученый с удивлением заметил, что пылинки хаотически перемещаются, словно живые.

**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.



## ЛАБОРАТОРНЫЙ ОПЫТ



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

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 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.**



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).

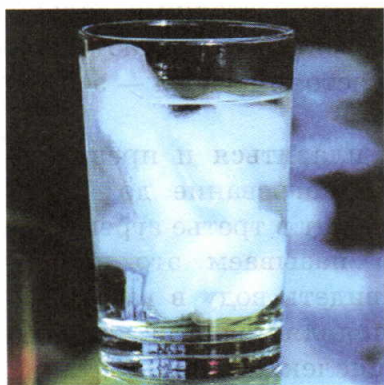




**Рис. 47.** Ледяной узор на стекле, снег и гигантский айсберг – это твердое агрегатное состояние воды

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

**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



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

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

## ДЕМОНСТРАЦИОННЫЙ ОПЫТ

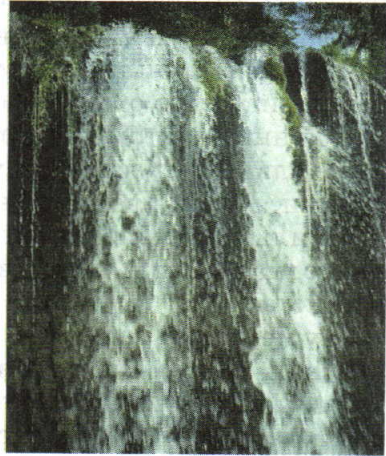
На двух чашках уравновешенных весов стоят одинаковые химические стаканы. Из наполненного углекислым газом стакана учитель «переливает» газ в один из стаканов на весах. Что происходит? Какой из газов тяжелее: воздух или углекислый газ? Придут ли весы вновь в равновесие? Объясните почему.

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

Как же отличить кристаллическое вещество от аморфного? Если стекло нагревать, то оно постепенно размягчается, становится все более текучим, пока не превратится в типичную жидкость. Это как раз и показывает, что резкой границы между аморфным и жидким телами нет. У каждого кристаллического вещества есть определенная температура плавления, при которой оно переходит из твердого состояния в жидкое.

**1 Три агрегатных состояния веществ на примере воды. 2 Физические явления. 3 Газообразные вещества. 4 Жидкие вещества. 5 Твердые вещества. 6 Аморфные вещества.**

**?** — — — — —

1. Назовите три агрегатных состояния веществ.
2. Как агрегатное состояние воды связано с ее круговоротом?
3. Чем отличается строение газообразного вещества от жидкого? Что общего между ними?
4. Что характеризует твердое состояние вещества?
5. Какие явления называются физическими?
6. Приведите примеры физических явлений, известных вам из повседневной жизни или из наблюдений за природными явлениями.
7. Чем отличаются твердые кристаллические вещества от твердых аморфных? Приведите примеры тех и других, известных вам из повседневной жизни.
8. Пустую пластиковую бутылку плотно закройте пробкой и поставьте в холодильник. Буквально через минуту вы увидите, что стенки бутылки втянулись во внутрь, будто кто-то откачал из нее часть воздуха. Почему так произошло? Примет ли бутылка прежнюю форму, если ее вынуть из холодильника?

## § 7. ХИМИЯ И ГЕОГРАФИЯ

Из курса географии 6 класса вам известно, что наш общий дом — планета Земля имеет сложное строение (рис. 52).

**Твердое внутреннее ядро**, которое имеет радиус около 1200 км, состоит из железа и никеля, находящихся под большим давлением, и потому, несмотря на высокую температуру, эта часть ядра твердая.

Его окружает **расплавленное внешнее ядро**, имеющее радиус около 2300 км, которое состоит также из расплавленных железа





**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.

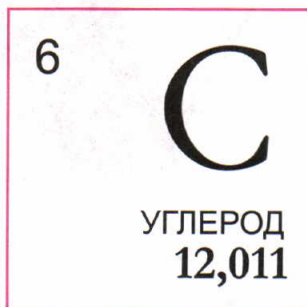
Так, вы узнали, что любая клетка, растительная или животная, состоит из одних и тех же групп веществ (рис. 58).

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.



## § 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.

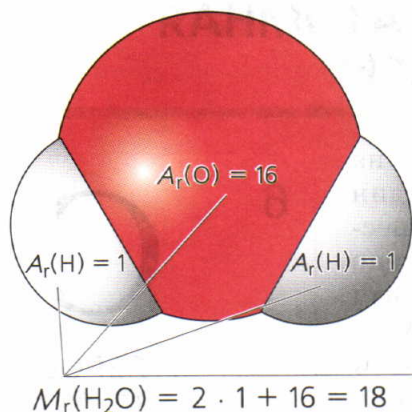
Как вы помните, одно из важнейших свойств атомов химических элементов — их масса.

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

Обычно относительные атомные массы всех элементов округляют до целых чисел, кроме хлора ( $A_r(\text{Cl}) = 35,5$ ), хотя в таблице Д. И. Менделеева они приведены с большей точностью.

Обратите внимание, что относительная атомная масса размерности не имеет, что следует из определения.

Обладают ли массой молекулы веществ? Конечно! Можете ли вы ответить на вопрос, во сколько раз молекула воды тяжелее атома водорода? Это очень просто: надо 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:

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

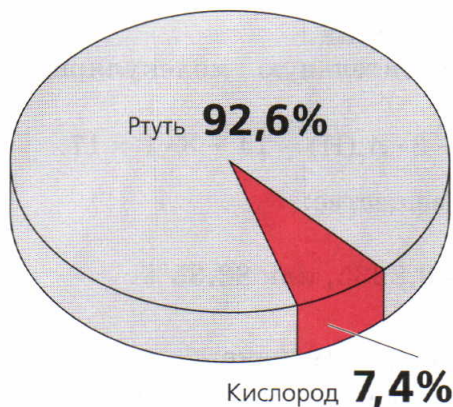
Массовую долю кислорода в этом веществе можно рассчитать двумя способами. По определению массовая доля кислорода в оксиде ртути равна отношению массы кислорода к массе оксида ртути:

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

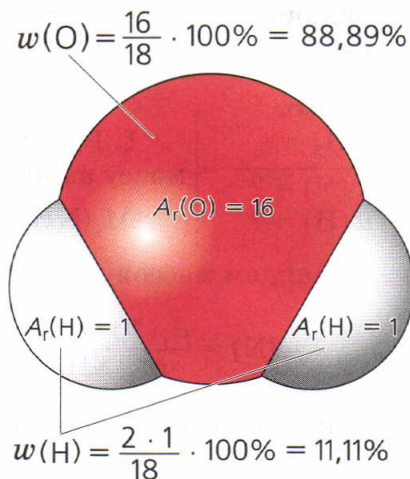
Зная, что сумма массовых долей элементов в веществе равна единице (100%), массовую долю кислорода можно вычислить по разности:

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





**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  $\text{NH}_3$ .

**Дано.**



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

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

**Решение.**

1. Рассчитаем относительную молекулярную массу аммиака:

$$M_r(\text{NH}_3) = A_r(\text{N}) + 3 \cdot A_r(\text{H}) = 14 + 3 \cdot 1 = 17.$$

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  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .

**Дано.**



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

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

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

**Решение.**

1. Рассчитаем относительную молекулярную массу серной кислоты:

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

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.



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  $y$ :

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

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-



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:

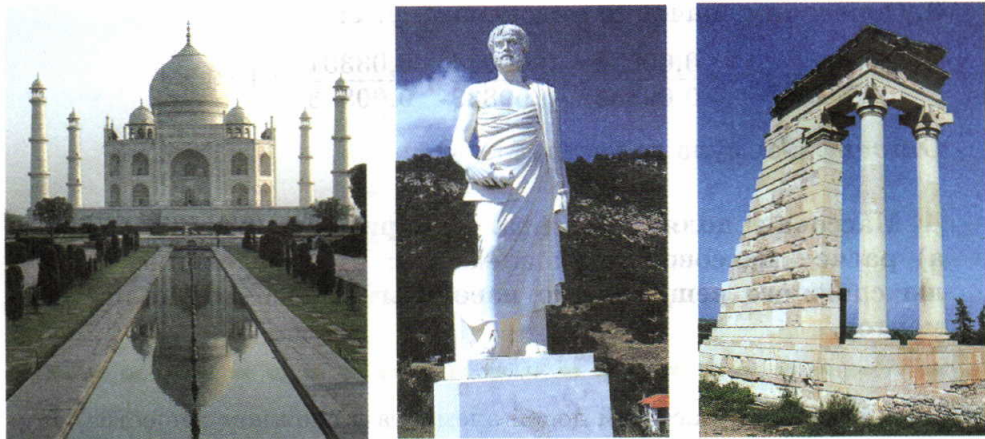
$$x : y = \frac{w(\text{Cu})}{A_r(\text{Cu})} : \frac{w(\text{O})}{A_r(\text{O})} = \frac{0,8}{64} : \frac{0,2}{16} = 0,0125 : 0,0125.$$



**Рис. 71.** Минерал куприт



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



**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;

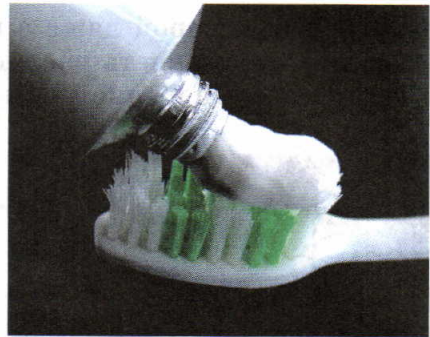


нефть — природная смесь органических веществ (углеводородов); любые минералы, горные породы — это тоже твердые смеси различных веществ.

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  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ , а при  $-1,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

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).

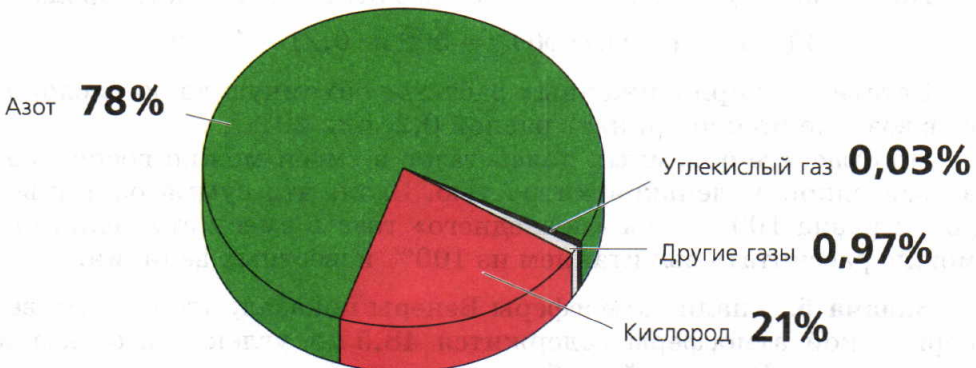
Что же показывает объемная доля газа в смеси, или, как говорят, каков физический смысл этой величины? Она показывает, какую часть общего объема смеси занимает данный газ.

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?

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





**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.

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

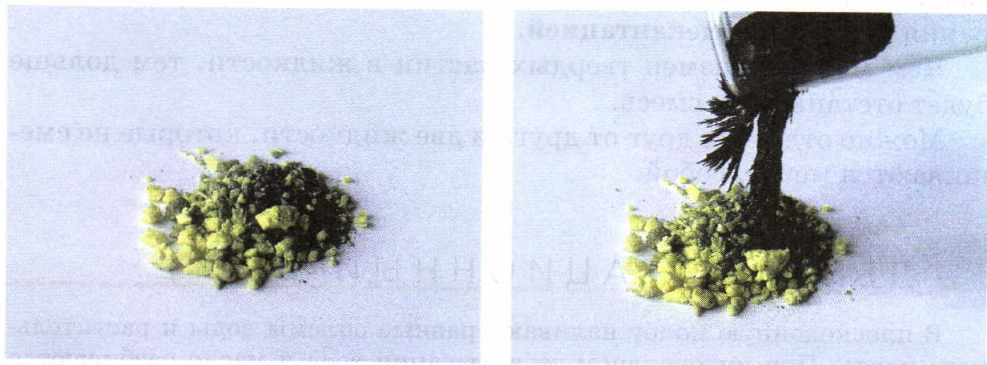
### 1. СПОСОБЫ РАЗДЕЛЕНИЯ СМЕСЕЙ

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**.

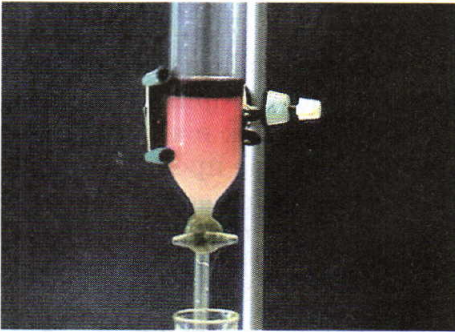
Чем меньше размер твердых частиц в жидкости, тем дольше будет отстаиваться смесь.

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

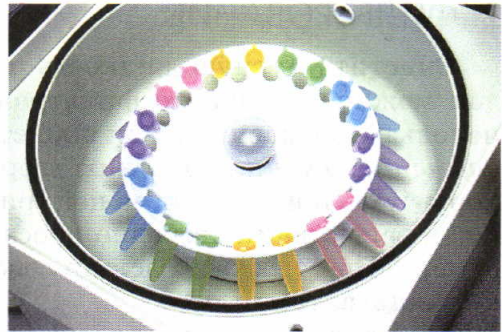
### ДЕМОНСТРАЦИОННЫЙ ОПЫТ

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

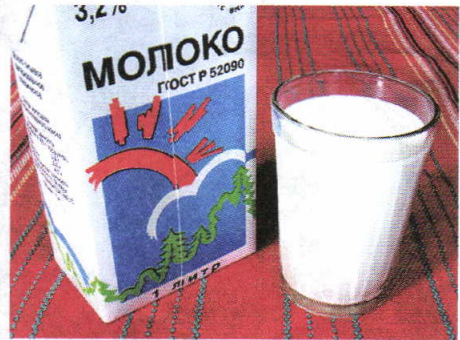


**Рис. 81.** Центрифуга с пробирками

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.

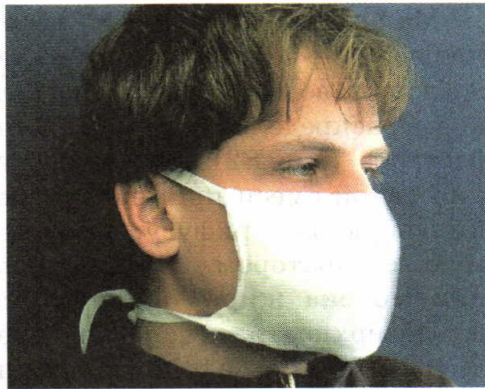
На очистных сооружениях загрязненную воду так же фильтруют через слой чистого песка, на котором задерживается ил, смеси нефтепродуктов, частицы почвы и глины.

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** Фильтрация. **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 фильтрация и фильтрат? Какие вещества и материалы могут использоваться для изготовления фильтра?
6. Приведите примеры способов фильтрации 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-



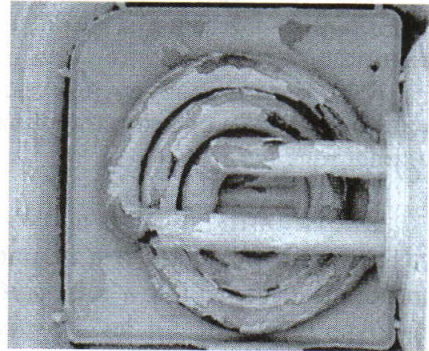
си-колы. Интенсивно перемешивайте смесь ложечкой. Что наблюдается? Сравните окраску отстоявшегося раствора с окраской исходного напитка.

## § 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.

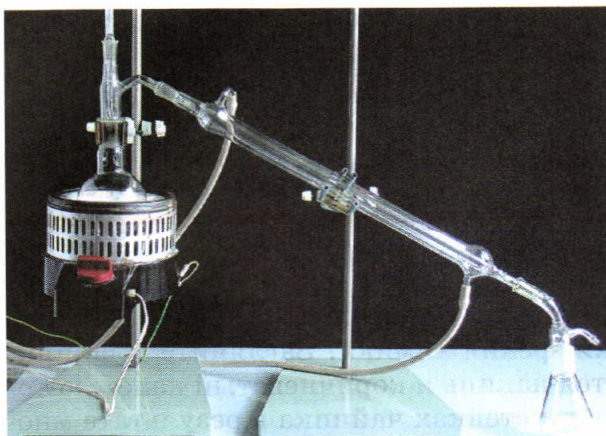


**Рис. 87.** Накипь на нагревательном элементе электрического чайника

## 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.

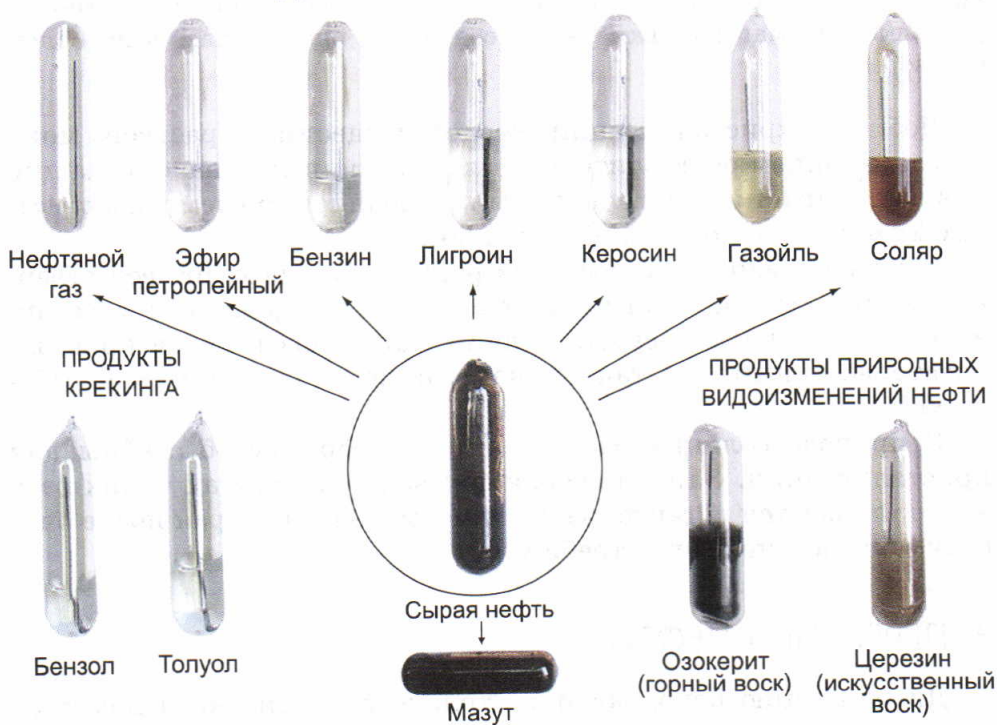
### 3. ПЕРЕГОНКА НЕФТИ

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 ватой. 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.

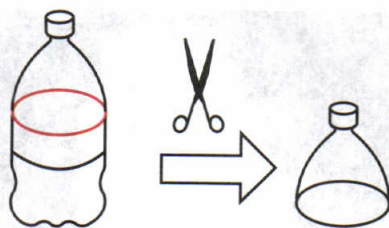
Важно записывать условия проведения эксперимента и его результат, в нашем случае это характеристики полученного кристалла. Если получилось несколько кристаллов, то приводят описание самого большого. Изучите свой кристалл и ответьте на вопросы.

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

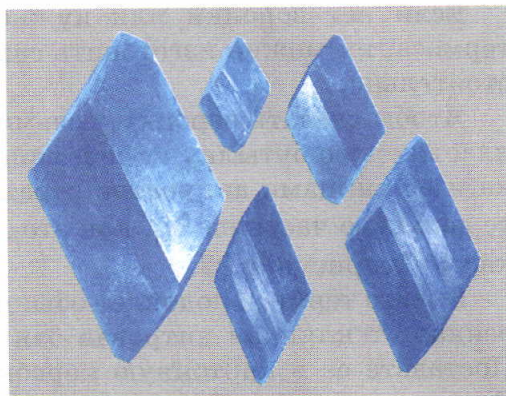


Рис. 94. Кристаллы медного купороса

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.

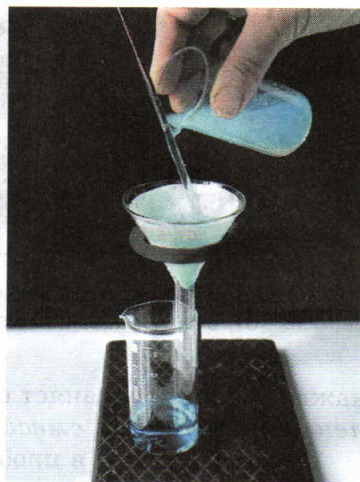


Рис. 95. Установка для фильтрования

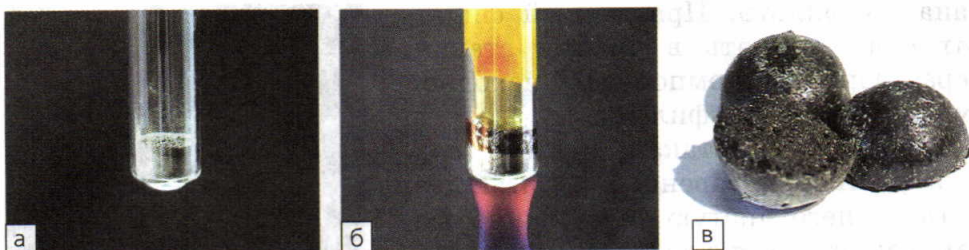
## §18. ХИМИЧЕСКИЕ РЕАКЦИИ. УСЛОВИЯ ПРОТЕКАНИЯ И ПРЕКРАЩЕНИЯ ХИМИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ

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.

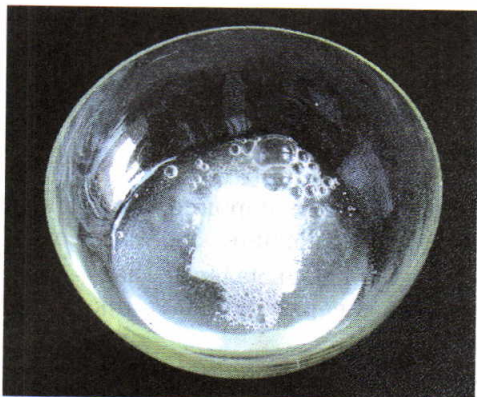


## ДЕМОНСТРАЦИОННЫЙ ОПЫТ

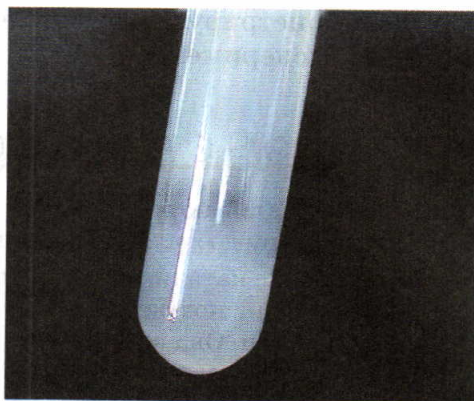
В сосуд или пробирку с небольшим кусочком мрамора приливают раствор соляной кислоты. Происходит бурное выделение газа (рис. 97).

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?





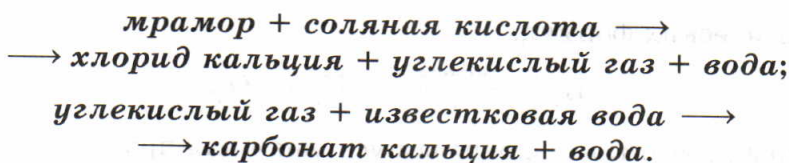
**Рис. 97.** Взаимодействие мрамора с соляной кислотой



**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.



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.

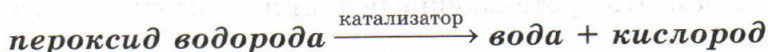
Продemonстрируем действие катализаторов с помощью следующего эксперимента.

## 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.

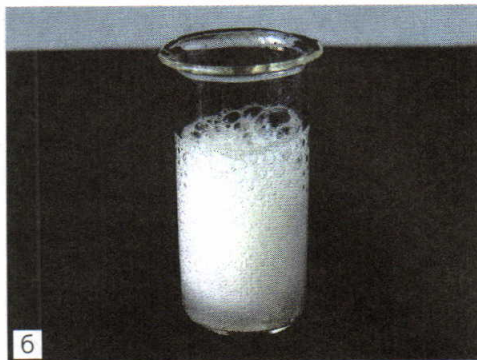
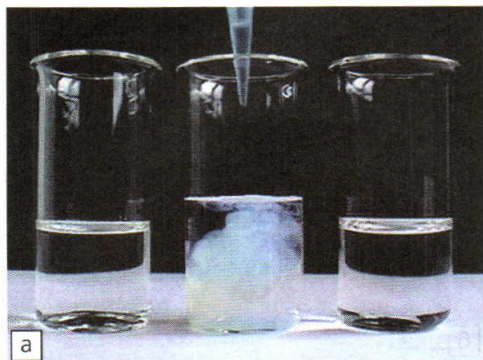


**Рис. 99.** При разложении  $H_2O_2$  выделяется кислород, что можно доказать с помощью тлеющей лучинки

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. 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, «сигнали» о наличии в стакане раствора щелочи.

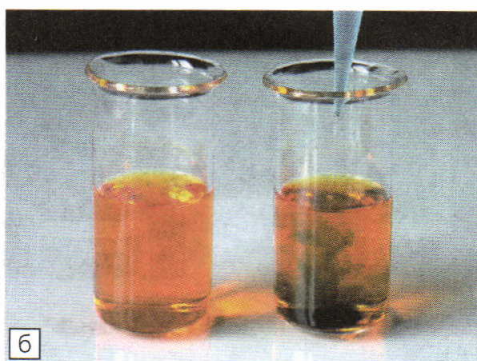
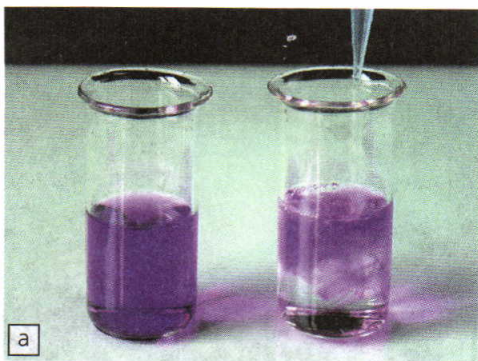
Затем к содержимому стакана приливают раствор кислоты до исчезновения малиновой окраски. Какой признак протекания химической реакции вы наблюдаете?

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

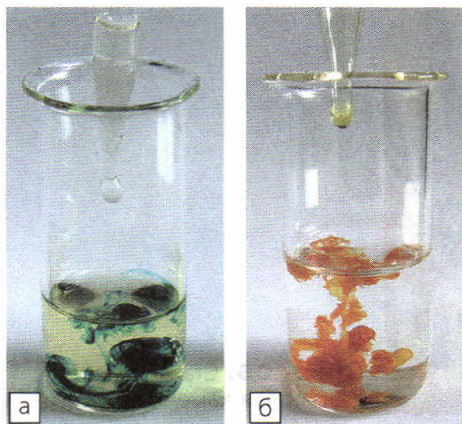


**Рис. 104.** Пламя газовой зажигалки — это реакция горения

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

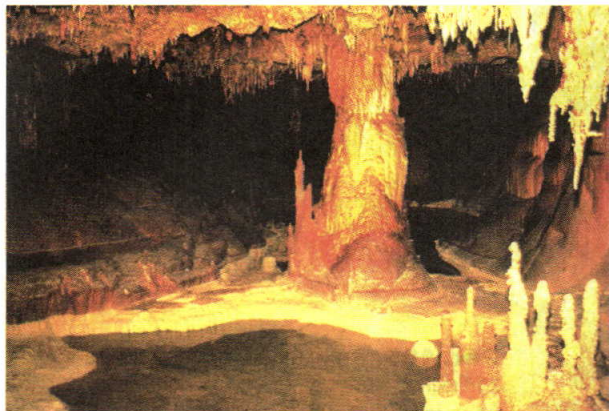
В два химических стакана, содержащих бесцветный раствор гидроксида натрия и желтоватый раствор желтой кровяной соли, добавляют раствор хлорида железа  $\text{FeCl}_3$  (рис. 105). Что указывает на то, что мы стали свидетелями химических явлений?

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.

Символ и название элемента		Год открытия	Авторы открытия
Cu	Медь	*	—
Db	Дубний	1970	Г. Н. Флёрер, 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. Флёрер, 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— 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— 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— 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— 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
--	-----

## 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.



# Периодическая система химических элементов Д. И. Менделеева

ПЕРИОДЫ	ГРУППЫ ЭЛЕМЕНТОВ																				
	I		II		III		IV		V		VI		VII		VIII						
1	<b>H</b> 1s <sup>1</sup> Водород	1 1,00797									(H)					Символ элемента	Порядковый номер	<b>He</b> 1s <sup>2</sup> Гелий	2 4,0026		
2	<b>Li</b> 2s <sup>1</sup> Литий	3 6,939	<b>Be</b> 2s <sup>2</sup> Бериллий	4 9,0122	<b>B</b> 2s <sup>2</sup> 2p <sup>1</sup> Бор	5 10,811	<b>C</b> 2s <sup>2</sup> 2p <sup>2</sup> Углерод	6 12,01115	<b>N</b> 2s <sup>2</sup> 2p <sup>3</sup> Азот	7 14,0067	<b>O</b> 2s <sup>2</sup> 2p <sup>4</sup> Кислород	8 15,9994	<b>F</b> 2s <sup>2</sup> 2p <sup>5</sup> Фтор	9 18,9984		Электронная конфигурация внешнего слоя	<b>Na</b> 3s <sup>1</sup> Натрий	11 22,9898	<b>Ne</b> 2s <sup>2</sup> 2p <sup>6</sup> Неон	10 20,183	
3	<b>Na</b> 3s <sup>1</sup> Натрий	11 22,9898	<b>Mg</b> 3s <sup>2</sup> Магний	12 24,312	<b>Al</b> 3s <sup>2</sup> 3p <sup>1</sup> Алюминий	13 26,9815	<b>Si</b> 3s <sup>2</sup> 3p <sup>2</sup> Кремний	14 28,086	<b>P</b> 3s <sup>2</sup> 3p <sup>3</sup> Фосфор	15 30,9738	<b>S</b> 3s <sup>2</sup> 3p <sup>4</sup> Сера	16 32,064	<b>Cl</b> 3s <sup>2</sup> 3p <sup>5</sup> Хлор	17 35,453		Название элемента		Относительная атомная масса	<b>Ar</b> 3s <sup>2</sup> 3p <sup>6</sup> Аргон	18 39,948	
4	<b>K</b> 4s <sup>1</sup> Калий	19 39,102	<b>Ca</b> 4s <sup>2</sup> Кальций	20 40,08	<b>Sc</b> 3d <sup>1</sup> 4s <sup>2</sup> Скандий	21 44,956	<b>Ti</b> 3d <sup>2</sup> 4s <sup>2</sup> Титан	22 47,90	<b>V</b> 3d <sup>3</sup> 4s <sup>2</sup> Ванадий	23 50,942	<b>Cr</b> 3d <sup>5</sup> 4s <sup>1</sup> Хром	24 51,996	<b>Mn</b> 3d <sup>5</sup> 4s <sup>2</sup> Марганец	25 54,938	<b>Fe</b> 3d <sup>6</sup> 4s <sup>2</sup> Железо	26 55,847	<b>Co</b> 3d <sup>7</sup> 4s <sup>2</sup> Кобальт	27 58,9332	<b>Ni</b> 3d <sup>8</sup> 4s <sup>2</sup> Никель	28 58,71	
		29 63,546	<b>Cu</b> 3d <sup>10</sup> 4s <sup>1</sup> Медь	30 65,37	<b>Zn</b> 3d <sup>10</sup> 4s <sup>2</sup> Цинк	31 69,72	<b>Ga</b> 4s <sup>2</sup> 4p <sup>1</sup> Галлий	32 72,59	<b>Ge</b> 4s <sup>2</sup> 4p <sup>2</sup> Германий	33 74,9216	<b>As</b> 4s <sup>2</sup> 4p <sup>3</sup> Мышьяк	34 78,96	<b>Se</b> 4s <sup>2</sup> 4p <sup>4</sup> Селен	35 79,904	<b>Br</b> 4s <sup>2</sup> 4p <sup>5</sup> Бром					<b>Kr</b> 4s <sup>2</sup> 4p <sup>6</sup> Криптон	36 83,80
5	<b>Rb</b> 5s <sup>1</sup> Рубидий	37 85,47	<b>Sr</b> 5s <sup>2</sup> Стронций	38 87,62	<b>Y</b> 4d <sup>1</sup> 5s <sup>2</sup> Иттрий	39 88,905	<b>Zr</b> 4d <sup>2</sup> 5s <sup>2</sup> Цирконий	40 91,22	<b>Nb</b> 4d <sup>4</sup> 5s <sup>1</sup> Ниобий	41 92,906	<b>Mo</b> 4d <sup>5</sup> 5s <sup>1</sup> Молибден	42 95,94	<b>Tc</b> 4d <sup>5</sup> 5s <sup>2</sup> Технеций	43 [99]	<b>Ru</b> 4d <sup>7</sup> 5s <sup>1</sup> Рутений	44 101,07	<b>Rh</b> 4d <sup>8</sup> 5s <sup>1</sup> Родий	45 102,905	<b>Pd</b> 4d <sup>10</sup> 5s <sup>0</sup> Палладий	46 106,4	
		47 107,868	<b>Ag</b> 4d <sup>10</sup> 5s <sup>1</sup> Серебро	48 112,40	<b>Cd</b> 4d <sup>10</sup> 5s <sup>2</sup> Кадмий	49 114,82	<b>In</b> 5s <sup>2</sup> 5p <sup>1</sup> Индий	50 118,69	<b>Sn</b> 5s <sup>2</sup> 5p <sup>2</sup> Олово	51 121,75	<b>Sb</b> 5s <sup>2</sup> 5p <sup>3</sup> Сурьма	52 127,60	<b>Te</b> 5s <sup>2</sup> 5p <sup>4</sup> Теллур	53 126,9044	<b>I</b> 5s <sup>2</sup> 5p <sup>5</sup> Иод					<b>Xe</b> 5s <sup>2</sup> 5p <sup>6</sup> Ксенон	54 131,30
6	<b>Cs</b> 6s <sup>1</sup> Цезий	55 132,905	<b>Ba</b> 6s <sup>2</sup> Барий	56 137,34	<b>La *</b> 5d <sup>1</sup> 6s <sup>2</sup> Лантан	57 138,81	<b>Hf</b> 4f <sup>14</sup> 5d <sup>2</sup> 6s <sup>2</sup> Гафний	72 178,49	<b>Ta</b> 4f <sup>14</sup> 5d <sup>3</sup> 6s <sup>2</sup> Тантал	73 180,948	<b>W</b> 4f <sup>14</sup> 5d <sup>4</sup> 6s <sup>2</sup> Вольфрам	74 183,85	<b>Re</b> 4f <sup>14</sup> 5d <sup>5</sup> 6s <sup>2</sup> Рений	75 186,2	<b>Os</b> 4f <sup>14</sup> 5d <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> Осмий	76 190,2	<b>Ir</b> 4f <sup>14</sup> 5d <sup>7</sup> 6s <sup>2</sup> Иридий	77 192,2	<b>Pt</b> 5d <sup>9</sup> 6s <sup>1</sup> Платина	78 195,09	
		79 196,967	<b>Au</b> 5d <sup>10</sup> 6s <sup>1</sup> Золото	80 200,59	<b>Hg</b> 5d <sup>10</sup> 6s <sup>2</sup> Ртуть	81 204,37	<b>Tl</b> 6s <sup>2</sup> 6p <sup>1</sup> Таллий	82 207,19	<b>Pb</b> 6s <sup>2</sup> 6p <sup>2</sup> Свинец	83 208,980	<b>Bi</b> 6s <sup>2</sup> 6p <sup>3</sup> Висмут	84 [210]	<b>Po</b> 6s <sup>2</sup> 6p <sup>4</sup> Полоний	85 [210]	<b>At</b> 6s <sup>2</sup> 6p <sup>5</sup> Астат					<b>Rn</b> 6s <sup>2</sup> 6p <sup>6</sup> Радон	86 [222]
7	<b>Fr</b> 7s <sup>1</sup> Франций	87 [223]	<b>Ra</b> 7s <sup>2</sup> Радий	88 [226]	<b>Ac **</b> 6d <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup> Актиний	89 [227]	<b>Rf</b> 5f <sup>14</sup> 6d <sup>2</sup> 7s <sup>2</sup> Резерфордий	104 [261]	<b>Rg</b> 5f <sup>14</sup> 6d <sup>3</sup> 7s <sup>2</sup> Дубний	105 [262]	<b>106</b> [263]	<b>Sg</b> 5f <sup>14</sup> 6d <sup>4</sup> 7s <sup>2</sup> Сиббгрий	107 [263]	<b>Bh</b> 5f <sup>14</sup> 6d <sup>5</sup> 7s <sup>2</sup> Борий	108 [265]	<b>Hs</b> 5f <sup>14</sup> 6d <sup>6</sup> 7s <sup>2</sup> Хассий	109 [266]	<b>Mt</b> 5f <sup>14</sup> 6d <sup>7</sup> 7s <sup>2</sup> Мейтнерий			
ВЫСШНИЕ 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 ВОДОРОДНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ							RH <sub>4</sub>		RH <sub>3</sub>		H <sub>2</sub> R		HR								
* ЛАНТАНОИДЫ	58 <b>Ce</b> 140,12 4f <sup>1</sup> 5d <sup>1</sup> 6s <sup>2</sup> Церий	59 <b>Pr</b> 140,907 4f <sup>2</sup> 5d <sup>0</sup> 6s <sup>2</sup> Прозеодим	60 <b>Nd</b> 144,24 4f <sup>4</sup> 5d <sup>0</sup> 6s <sup>2</sup> Неодим	61 <b>Pm</b> [145] 4f <sup>5</sup> 5d <sup>0</sup> 6s <sup>2</sup> Прометий	62 <b>Sm</b> 150,35 4f <sup>6</sup> 5d <sup>0</sup> 6s <sup>2</sup> Самарий	63 <b>Eu</b> 151,96 4f <sup>7</sup> 5d <sup>0</sup> 6s <sup>2</sup> Европий	64 <b>Gd</b> 157,25 4f <sup>7</sup> 5d <sup>1</sup> 6s <sup>2</sup> Гадолиний	65 <b>Tb</b> 158,924 4f <sup>9</sup> 5d <sup>0</sup> 6s <sup>2</sup> Тербий	66 <b>Dy</b> 162,50 4f <sup>10</sup> 5d <sup>0</sup> 6s <sup>2</sup> Диспрозий	67 <b>Ho</b> 164,930 4f <sup>11</sup> 5d <sup>0</sup> 6s <sup>2</sup> Гольмий	68 <b>Er</b> 167,26 4f <sup>12</sup> 5d <sup>0</sup> 6s <sup>2</sup> Эрбий	69 <b>Tm</b> 168,934 4f <sup>13</sup> 5d <sup>0</sup> 6s <sup>2</sup> Тулий	70 <b>Yb</b> 173,04 4f <sup>14</sup> 5d <sup>0</sup> 6s <sup>2</sup> Иттербий	71 <b>Lu</b> 174,97 4f <sup>14</sup> 5d <sup>1</sup> 6s <sup>2</sup> Лютеций							
** АКТИНОИДЫ	90 <b>Th</b> 232,038 5f <sup>0</sup> 6d <sup>2</sup> 7s <sup>2</sup> Торий	91 <b>Pa</b> [231] 5f <sup>2</sup> 6d <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup> Протактиний	92 <b>U</b> 238,03 5f <sup>3</sup> 6d <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup> Уран	93 <b>Np</b> [237] 5f <sup>4</sup> 6d <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup> Нептуний	94 <b>Pu</b> [242] 5f <sup>6</sup> 6d <sup>0</sup> 7s <sup>2</sup> Плутоний	95 <b>Am</b> [243] 5f <sup>7</sup> 6d <sup>0</sup> 7s <sup>2</sup> Америций	96 <b>Cm</b> [247] 5f <sup>7</sup> 6d <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup> Кюрий	97 <b>Bk</b> [247] 5f <sup>9</sup> 6d <sup>0</sup> 7s <sup>2</sup> Берклий	98 <b>Cf</b> [249] 5f <sup>10</sup> 6d <sup>0</sup> 7s <sup>2</sup> Калифорний	99 <b>Es</b> [254] 5f <sup>11</sup> 6d <sup>0</sup> 7s <sup>2</sup> Эйнштейний	100 <b>Fm</b> [253] 5f <sup>12</sup> 6d <sup>0</sup> 7s <sup>2</sup> Фермий	101 <b>Md</b> [256] 5f <sup>13</sup> 6d <sup>0</sup> 7s <sup>2</sup> Менделевий	102 <b>No</b> [255] 5f <sup>14</sup> 6d <sup>0</sup> 7s <sup>2</sup> Нобелий	103 <b>Lr</b> [257] 5f <sup>14</sup> 6d <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup> 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)

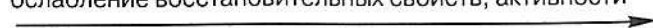
**-** — в водной среде разлагается

**?** — 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

