

*В чем горят дрова и газ, фосфор, сера и алмаз?
Дышит чем любой из нас каждый миг и каждый час?
Без чего мертва природа?
Правильно, без кислорода!*

§ 13. Воздух как смесь газов

Вы уже знаете, что в зависимости от условий (температуры, давления) вещества могут находиться в различных агрегатных состояниях: газообразном, жидком и твердом.

В окружающей природе многие вещества при обычных условиях находятся в газообразном состоянии. Прежде всего, это компоненты воздушной оболочки Земли — атмосферы. Очень много газов растворено в водах Мирового океана, огромные запасы природного газа хранятся в недрах нашей планеты.

Атмосфере принадлежит важнейшая роль в жизни человека, животных и растительных организмов. Труды многих ученых прошлого были посвящены исследованиям атмосферы.

С давних времен людям был известен лишь один вид газа — воздух. При этом он изучался в основном физиками и интереса у химиков не вызывал. И только во второй половине XVIII в. было установлено, что воздух представляет собой смесь газов.

Воздух как смесь газов

Основными компонентами воздуха являются азот N_2 и кислород O_2 . При обычных условиях в воздухе объемом 100 дм^3 содержится азот объемом 78 дм^3 и кислород объемом 21 дм^3 , а на долю всех остальных газов приходится около 1 дм^3 . В заметных количествах в воздухе присутствуют аргон, углекислый газ, озон и некоторые другие газы.

Для решения некоторых расчетных задач можно условно рассматривать воздух не как смесь газов, а как одно газообразное вещество с $M_r = 29$. Все газы, относительная молекулярная масса которых меньше 29, принято называть **газами легче воздуха** (это, например, водород H_2 , азот N_2 , аммиак NH_3 , угарный газ CO , метан CH_4). Газы, у которых M_r больше 29, принято называть **газами тяжелее воздуха** (например, кислород O_2 , озон O_3 , углекислый газ CO_2).

Объемная доля газа в смеси

Химикам часто приходится иметь дело со смесями веществ. Как вы уже знаете (§ 2), для выражения количественного состава смесей можно использовать массовую долю (w). Для каждого вещества, содержащегося в смеси, можно рассчитать его массовую долю: для этого надо массу этого вещества разделить на массу смеси. Например, если в смеси содержится 48 г железа и 192 г меди, то масса смеси равна $(48 \text{ г} + 192 \text{ г}) = 240 \text{ г}$, а массовые доли в ней железа $w(Fe)$ и меди $w(Cu)$ будут равны:

$$w(Fe) = \frac{m(Fe)}{m(\text{смеси})} = \frac{48 \text{ г}}{240 \text{ г}} = 0,20, \text{ или } 20 \%;$$

$$w(Cu) = \frac{m(Cu)}{m(\text{смеси})} = \frac{192 \text{ г}}{240 \text{ г}} = 0,80, \text{ или } 80 \%.$$

Термин «доля» означает «часть от целого», поэтому становится понятным название и смысл массовой доли — это часть массы, которая в смеси приходится на данный компонент (вспомните из математики, что означает дробь, например $\frac{3}{5}$).

Для выражения количественного состава газовых и жидких смесей, кроме массовой доли, также часто используется

объемная доля. О физическом смысле этой величины можно догадаться из ее названия по аналогии с массовой долей.

Объемная доля — это доля (часть) объема всей газовой смеси, которая приходится на данное вещество.

Эта величина обозначается греческой буквой φ (произносится «фи»). Для вычисления объемной доли вещества в газовой смеси следует его объем разделить на объем всей смеси. Например, если газовая смесь содержит кислород объемом 32 дм^3 и азот объемом 48 дм^3 , то ее общий объем равен $(32 \text{ дм}^3 + 48 \text{ дм}^3) = 80 \text{ дм}^3$, а объемные доли кислорода $\varphi(\text{O}_2)$ и азота $\varphi(\text{N}_2)$ в ней равны:

$$\varphi(\text{O}_2) = \frac{V(\text{O}_2)}{V(\text{смеси})} = \frac{32 \text{ дм}^3}{80 \text{ дм}^3} = 0,40 = 0,40, \text{ или } 40 \text{ \%};$$

$$\varphi(\text{N}_2) = \frac{V(\text{N}_2)}{V(\text{смеси})} = \frac{48 \text{ дм}^3}{80 \text{ дм}^3} = 0,60, \text{ или } 60 \text{ \%}.$$

Объемную долю (как и массовую долю) можно выражать в долях единицы ($0 < \varphi < 1$) и в процентах ($0 \% < \varphi < 100 \%$). Из математики вы знаете, что для перевода числа в проценты, его следует умножить на 100. Например, если объемная доля водорода в смеси равна $\varphi(\text{H}_2) = 0,24$, то в процентах она будет равна:

$$\varphi(\text{H}_2) = 0,24 \cdot 100 = 24 \text{ \%}.$$

Зная это, вы легко сможете рассчитать объемные доли азота и кислорода в воздухе.

Методы собирания газов

В химической лаборатории небольшие объемы газов можно получать, например, при нагревании некоторых твердых веществ. Для собирания выделяющегося газа можно использовать два метода: **метод вытеснения воды** (рис. 44)

и **метод вытеснения воздуха** (рис. 45). Первый применяют для собирания только малорастворимых в воде газов (кислород, азот, водород). Второй — для собирания как малорастворимых, так и растворимых в воде газов, например аммиака.

Для собирания газов, которые легче воздуха, сосуд для сбора газа следует закрепить так, чтобы дно было направленно вверх (см. рис. 45, а), а для газов, которые тяжелее воздуха, — дном вниз (см. рис. 45, б).

Для хранения газов следует использовать сосуды, не соприкасающиеся с окружающей средой. Такие сосуды называют

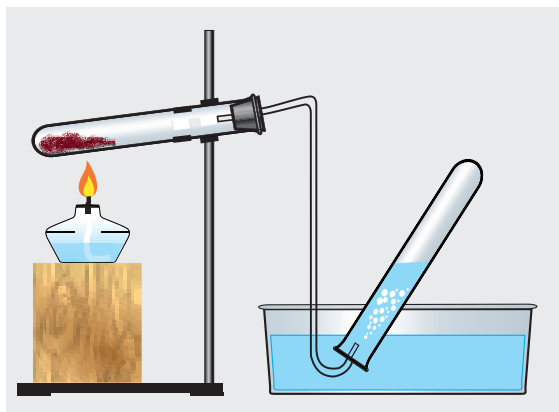
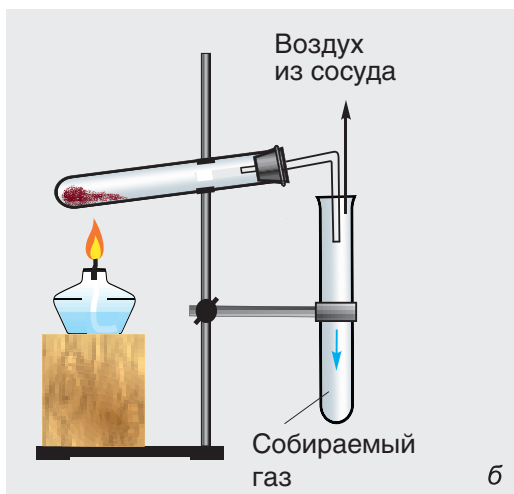


Рис. 44. Схема установки для собирания газов методом вытеснения воды



а



б

Рис. 45. Схема установки для собирания газов методом вытеснения воздуха

герметичными (т. е. не имеющими отверстий для выхода газа из сосуда наружу).

В промышленности для хранения газов чаще всего используют более прочные стальные сосуды — баллоны (рис. 46). В них газы находятся под большим давлением.

Всем хорошо известно, что при нагревании газы расширяются. Это свойство можно использовать для проверки прибора для получения газов на герметичность. Для этого после сборки прибора следует погрузить конец газоотводной трубки в воду, а пробирку на несколько секунд зажать в ладони (рис. 47). Нагреваясь от тепла руки, воздух в пробирке расширяется и выходит из газоотводной трубки в виде пузырьков. Если пузырьков не наблюдается, это свидетельствует о том, что прибор собран неправильно.

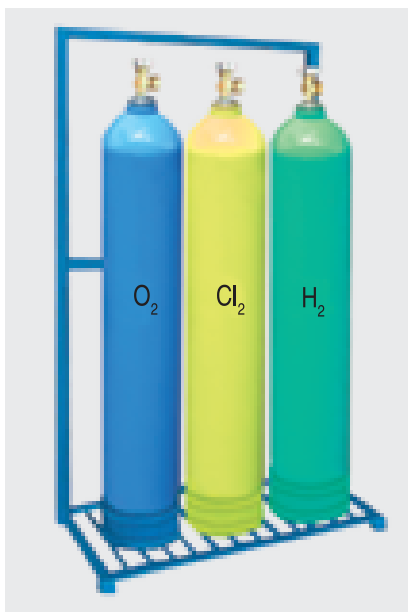


Рис. 46. Стальные баллоны для хранения газов

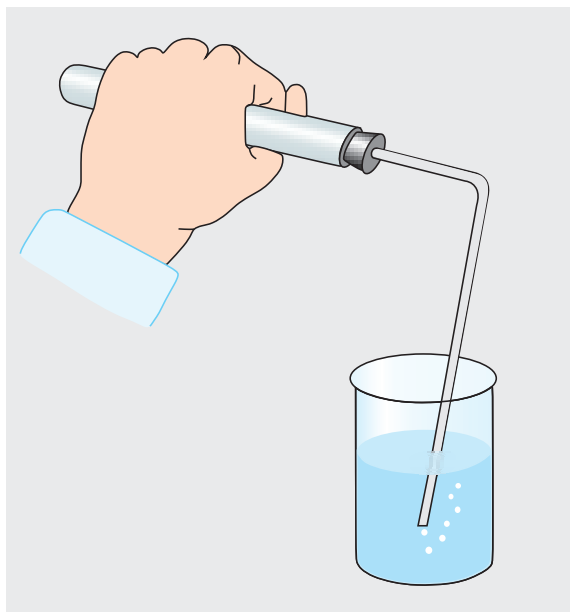


Рис. 47. Проверка прибора на герметичность

Лабораторный опыт 2

Сборка простейших приборов для получения и собирания газов

Из имеющихся на вашем рабочем столе деталей соберите один из приборов для получения газов в химической лаборатории (рис. 48).

Проверьте прибор на герметичность и укрепите его в штативе. (Почему перед началом работы с прибором его следует проверить на герметичность?)

Соберите прибор для собирания газа методом вытеснения воздуха. (Как следует расположить приемный сосуд для собирания газа, который легче воздуха, и для газа, который тяжелее воздуха?)

Соберите прибор для собирания газа методом вытеснения воды (используется для газов, малорастворимых в воде).

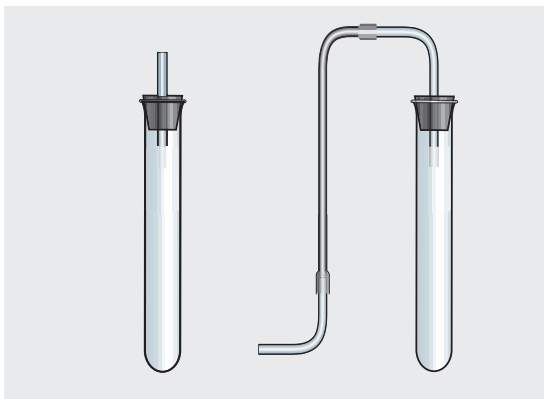


Рис. 48. Простейшие приборы для получения газов

Воздух представляет собой смесь газов, основными из которых являются азот N_2 и кислород O_2 . При обычных условиях в воздухе объемом 100 дм^3 содержится азот объемом 78 дм^3 и кислород объемом 21 дм^3 .

В лабораторных условиях для собирания газов можно использовать метод вытеснения воды и метод вытеснения воздуха.

Объемная доля газа в смеси равна отношению объема этого газа к объему всей газовой смеси.

Вопросы и задания

1. Приведите химические формулы пяти газообразных при обычных условиях веществ.
2. Однородной или неоднородной смесью газов является воздух?
3. Какие газы содержатся в воздухе, кроме азота и кислорода?
4. Какие из указанных газов легче воздуха: углекислый газ, азот, кислород, озон, метан, угарный газ, аммиак?
5. Какие методы собирания небольших количеств газов в лаборатории вы знаете? В чем различие этих методов?
6. Укажите, с помощью какого метода собирания газов в лабораторных условиях можно заполнить колбу каждым из указанных газов: кислород, азот, аммиак, углекислый газ.
7. В 1,00 кг воздуха содержится примерно 230 г кислорода. Приняв, что воздух состоит только из азота и кислорода, рассчитайте массовую долю азота в воздухе.
8. В газовой смеси содержится водород H_2 объемом 120 дм³ и азот N_2 объемом 240 дм³. Рассчитайте объемные доли водорода и азота в смеси.
9. Объемная доля кислорода в воздухе равна 21 %. Рассчитайте объем кислорода, который содержится в комнате размером 4 м х 4 м х 3 м.

§ 14. Кислород как химический элемент и простое вещество

Самым первым газообразным веществом, к изучению которого мы приступаем, является кислород. Название этого вещества совпадает с названием химического элемента — кислород. Однако между понятиями «химический элемент» и «простое вещество» существует принципиальная разница. В чем же она заключается?

Кислород как химический элемент

Как вы уже знаете, химический знак кислорода — **O** (это первая буква его латинского названия *Oxygenium*). Относительная атомная масса кислорода равна 16:

$$A_r(O) = 16.$$

Когда говорят о кислороде как о химическом элементе, то подразумевают атомы кислорода **O**. Например, «В состав многих сложных веществ входит кислород», «Массовая доля кислорода в глюкозе $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ равна 53,3 %». Здесь речь идет об атомах кислорода **O**, которые наряду с атомами других химических элементов входят в состав сложных веществ. Следовательно, в данном случае говорится о кислороде как о химическом элементе.

Кислород как простое вещество

Простое вещество кислород существует в виде молекул. Молекула кислорода состоит из двух атомов химического элемента кислорода (рис. 49). Химическая формула простого вещества кислорода — O_2 , а его относительная молекулярная масса равна:

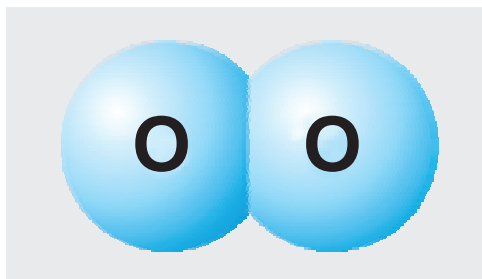


Рис. 49. Модель молекулы кислорода

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

Когда говорят о кислороде как о простом веществе, то подразумевают вещество, имеющее формулу O_2 . Например, «Железные изделия быстро ржавеют в атмосфере влажного кислорода», «Для горения древесины необходим кислород». В этих примерах речь идет о простом веществе, имеющем формулу O_2 . Давайте рассмотрим важнейшие свойства этого вещества.

Физические свойства кислорода

По своим физическим свойствам простое вещество кислород относится к неметаллам. При обычных условиях он находится в газообразном агрегатном состоянии.

Кислород не имеет цвета, запаха и вкуса. При комнатной температуре масса кислорода объемом 1 дм³ равна примерно 1,33 г.

При температуре ниже –183 °С кислород превращается в голубую жидкость, а при –219 °С эта жидкость переходит в твердое вещество.

Кислород малорастворим в воде.

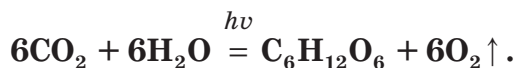


При комнатной температуре (20 °С) в воде объемом 1 дм³ растворяется около 0,043 г кислорода. С повышением температуры его растворимость уменьшается. При 80 °С растворимость кислорода в 3 раза меньше, а при 0 °С в 1,5 раза больше, чем при 20 °С. Вот почему, если в аквариум налить только что прокипяченную охлажденную воду, рыбы могут погибнуть от недостатка кислорода. В холодных северных морях водится больше рыбы, чем в теплых южных, отчасти благодаря большему количеству растворенного в воде кислорода.

Кислород в природе

Огромное количество газообразного кислорода содержится в атмосфере, растворено в водах морей и океанов. Кислород необходим живым организмам для дыхания. Без кислорода их существование невозможно.

Откуда на Земле берется кислород и почему его содержание остается примерно постоянным? Основными источниками кислорода на нашей планете являются зеленые растения. Они производят кислород под действием солнечного света в процессе **фотосинтеза**. В зеленых частях растений углекислый газ и вода под действием солнечного света превращаются в глюкозу C₆H₁₂O₆ и кислород (см. рис. 7, с. 15):



Считается, что примерно $\frac{1}{10}$ часть производимого зелеными растениями кислорода дают наземные растения, а остальные $\frac{9}{10}$ — водные растения, водоросли.

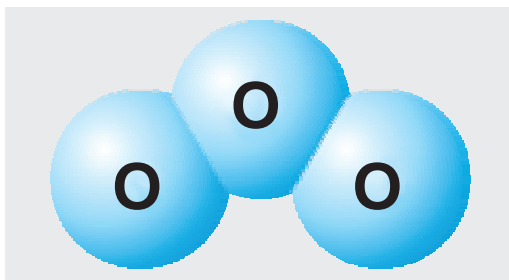


Рис. 50. Модель молекулы озона

Кроме кислорода, существует еще одно простое вещество, молекулы которого состоят из атомов кислорода. Это вещество — **озон O_3** (рис. 50).

Небольшие количества озона образуются в воздухе во время грозы, а также в результате взаимодействия смолы хвойных деревьев с кислородом воздуха. В заметных количествах озон оказывает губительное действие на живые организмы.



Небольшое количество озона образуется также при работе копировальных аппаратов и лазерных принтеров. Поэтому использовать такие приборы следует только в хорошо проветриваемых помещениях.

В верхних слоях атмосферы Земли (на высоте примерно 30—40 км) находится **озоновый слой**. Он образуется из кислорода под воздействием солнечного излучения. Некоторые компоненты этого излучения губительны для всех живых организмов на нашей планете, а озоновый слой поглощает их. Если бы не было озонового слоя, то жизнь на Земле постепенно прекратилась бы.

Некоторые вещества, попадая в атмосферу, вызывают разрушение озонового слоя и образование в нем «озоновых дыр». Поэтому, для сохранения озонового слоя необходимо сокращать выбросы таких веществ в атмосферу или, при возможности, полностью отказаться от их использования.

Применение кислорода

Кислород находит широкое практическое применение (рис. 51). В промышленности его используют при выплавке стали, для резки и сварки металлов, для получения многих химических соединений.

Кислород, находящийся в специальных баллонах, используют для дыхания в экстремальных условиях космонавты, военные летчики, пожарные, водолазы. Он применяется также в медицине для поддержания дыхания в виде так называемых «кислородных подушек» либо компактных баллончиков. Рекомендуются при воспалении легких, туберкулезе, аллергии.



Рис. 51. Применение кислорода

Атомы химического элемента кислорода входят в состав молекул простых веществ — кислорода O_2 и озона O_3 .

Физические свойства кислорода — газ без цвета и запаха, тяжелее воздуха, малорастворим в воде.

Основными источниками кислорода на нашей планете являются зеленые растения.

Озоновый слой защищает Землю от вредных компонентов солнечного излучения.

Вопросы и задания

1. Почему кислород играет очень важную роль для большинства живых организмов на нашей планете?
2. Как с помощью химических формул записать:
 - а) три атома кислорода;
 - б) пять молекул кислорода?
3. Для каждого утверждения укажите, что означает термин *кислород* (химический элемент или простое вещество):
 - а) металлические баллоны с кислородом окрашивают в голубой цвет;
 - б) в цилиндре двигателя автомобиля сгорает смесь бензина с кислородом;
 - в) самым распространенным в земной коре является кислород;
 - г) в состав молекул сахара и глюкозы входит кислород;
 - д) человек погибает в открытом космосе без скафандра, потому что там нет кислорода.
4. Рассчитайте массу 12 атомов кислорода.
5. Используя данные параграфа о физических свойствах кислорода, рассчитайте массу кислорода объемом 850 дм^3 .
6. Кроме азота и кислорода, в воздухе содержатся и другие газы, например аргон Ar, объемная доля которого составляет 0,934 %. Этот газ используется в некоторых видах сварки металлов для создания защитной атмосферы («аргоновая сварка»). Какой объем воздуха потребуется для получения аргона объемом $5,84 \text{ м}^3$?
7. Белки являются важнейшей составляющей пищи человека и животных. Было установлено, что массовая доля белка в зерне одного из твердых сортов пшеницы составляет 12,2 %. Рассчитайте массу белка, который содержится в зерне этой пшеницы массой 2,40 т.