

ПОСТРОЕНИЕ ВЕЩЕСТВА

Прочитав эту главу, вы узнаете:

- что такое ионная химическая связь и как она образуется;
- какие существуют группы анионов и катионов;
- что представляют собой молекулярная и ионная кристаллическая решетки;
- как образуется ковалентная связь;
- чем атомная кристаллическая решетка отличается от ионной и молекулярной решеток;
- какие особенности у атомов металлов и что собой представляет металлическая кристаллическая решетка.

1. Ионная химическая связь

В Периодической системе элементов особняком стоят благородные газы. Это уникальные химические элементы, так как даже в форме простых веществ они существуют в виде отдельных атомов, не связанных друг с другом.

Почему же атомы благородных газов так самостоятельны? Проанализировав их положение в Периодической системе элементов, вы сами сможете назвать причину. Все дело в том, что атомы благородных газов имеют *завершенный внешний электронный слой*, на котором у атома гелия находится два электрона, а у остальных — восемь. Атомы всех других элементов стремятся приобрести именно такую устойчивую электронную конфигурацию и часто достигают этого либо в результате *присоединения* электронов от других атомов (такой процесс в химии называют *восстановлением*), либо в результате *отдачи* своих внешних электронов другим атомам (процесс *окисления*). Атомы, присоединившие чужие электроны, превращаются в отрицательные ионы, или *анионы*.

Атомы, отдавшие свои электроны, превращаются в положительные ионы, или *катионы*. Понятно, что между катионами и анионами возникают силы электростатического притяжения, которые и будут удерживать их друг около друга, осуществляя тем самым ионную химическую связь.



Ионная химическая связь — это связь, образовавшаяся между катионами и анионами за счет их электростатического притяжения.

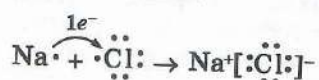
Поскольку катионы образуются преимущественно атомами металлов, а анионы — атомами неметаллов, можно сделать вывод, что этот тип связи характерен для соединений, образованных типичными металлами (щелочными и щелочноземельными) и типичными неметаллами (галогенами, кислородом).

Классическим примером веществ с ионной связью являются галогениды и оксиды щелочных и щелочноземельных металлов (рис. 3.1).

Рис. 3.1
Схема образования ионной связи между атомом кальция и атомом кислорода



Схему образования ионной связи между атомами натрия и хлора можно представить так:



Два разноименно заряженных иона, связанных силами взаимного притяжения, не теряют способности взаимодействовать и с другими противоположно заряженными ионами. В результате образуются кристаллические соединения.

Кристаллические вещества характеризуются правильным расположением частиц (в нашем случае ионов), из которых они состоят, в строго определенных точках пространства. При соединении этих точек прямыми линиями образуется пространственный каркас, который называют *кристаллической решеткой*. Точки, в которых размещены частицы кристалла, называют *узлами решетки*. Понятно, что вещества с ионным типом связи имеют *ионные кристаллические решетки* (цв. вклейка, рис. 2). Такие соединения представляют собой твердые, прочные, нелетучие вещества с высокими температурами плавления. При обычных условиях кристаллы таких веществ не проводят электрический ток, а растворы и расплавы большинства ионных соединений представляют собой прекрасные электролиты.

Вещества с ионными кристаллическими решетками хрупкие. Если попытаться деформировать такую кристаллическую решетку, один из слоев ее будет двигаться относительно другого до тех пор, пока одинаково заряженные ионы не окажутся друг против друга. Эти ионы сразу начнут отталкиваться, и решетка разрушится. Отсюда и хрупкость ионных соединений.

Ионные соединения — это не только бинарные соединения щелочных и щелочноземельных металлов, но и соединения, образованные тремя и более элементами. Это все соли, а также гидроксиды щелочных и щелочноземельных металлов.

Приведем классификацию ионов по разным признакам.

1. По составу различают *простые* (Na^+ , Cl^- , Ca^{2+}) и *сложные* (OH^- , SO_4^{2-} , NH_4^+) ионы.
2. По знаку заряда различают *положительные ионы*, или *катионы* (M^{n+} , NH_4^+ , H^+ или, точнее, H_3O^+), и *отрицательные ионы*, или *анионы* (OH^- , анионы кислотных остатков).
3. По наличию гидратной оболочки различают *гидратированные* (например, синие ионы $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_4]^{2+}$) и *негидратированные* (например, неокрашенные ионы Cu^{2+}) ионы.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

- *1. Почему благородные газы раньше относили к нулевой группе Периодической системы? Почему сейчас их относят к восьмой группе? Какие металлы по аналогии называют благородными? Почему?
- *2. Подготовьте сообщение на тему: «Инертные или благородные?».
3. Охарактеризуйте понятие «ионная связь». Каков механизм ее образования?
4. Охарактеризуйте понятия «катион», «анион». Какие группы катионов и анионов вы знаете?
- *5. Почему принято делить ионы на гидратированные и негидратированные? Сказывается ли наличие гидратной оболочки на свойствах ионов?
6. Охарактеризуйте понятия «кристаллическая решетка», «ионная кристаллическая решетка».
7. Какими физическими свойствами характеризуются вещества с ионными кристаллическими решетками?
8. Среди приведенных формул укажите формулы соединений с ионными кристаллическими решетками: KCl , $CaBr_2$, NH_3 , BaO , Li_2S , SiO_2 , $Fe_2(SO_4)_3$, H_2SO_4 .
- *9. Подготовьте сообщение о роли ионных соединений в неживой природе и жизни человека.

3.2. Ковалентная химическая связь

Химическим синонимом понятия «ковалентная связь» является понятие «атомная связь». Логично предположить, что образовывать эту связь в соединениях будут атомы химических элементов. Это могут быть атомы одного химического элемента, и в этом случае ковалентную связь называют *неполярной*. Это могут быть атомы разных химических элементов, и в этом случае говорят о ковалентной *полярной* связи.

Как образуется ковалентная связь? В случае ионной химической связи атомы одного элемента отдали свои электроны, атомы другого — приняли их, образовались ионы, которые благодаря силам электростатического притяжения существуют в одном ионном химическом соединении. А как нейтральные атомы удерживаются в одной молекуле вещества? Каков механизм образования ковалентной связи?

Рассмотрим его на примере простейшей молекулы водорода H_2 . Атомы водорода стремятся быть похожими на атомы благородного газа гелия, внешний и единственный слой

которого содержит два электрона. Если встречаются два одинаковых атома водорода, то они объединяют свои электроны, делают их общими, т.е. создают общую электронную пару. При этом электронные облака перекрываются, и в пространстве между ядрами двух водородных атомов возникает некоторая дополнительная электронная плотность — отрицательный заряд, стягивающий положительные ядра взаимодействующих атомов. Сближение ядер будет происходить до тех пор, пока силы межъядерного отталкивания не будут уравновешены силами притяжения к общей электронной плотности:

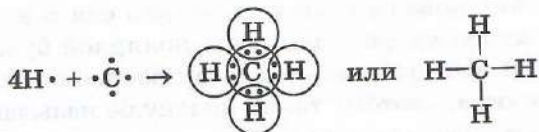


Таким образом возникает ковалентная связь у всех двухатомных молекул простых веществ (F_2 , Cl_2 , N_2 и др.):



Ковалентная химическая связь — это связь, возникающая между атомами за счет образования общих электронных пар.

Аналогичный механизм возникновения ковалентной связи наблюдается между атомами разных химических элементов, например:



Нетрудно заметить, что, так же как и в случае образования ковалентной связи между атомами одного элемента, связь между атомами разных элементов возникает за счет образования общих электронных пар. При этом необходимо учитывать такую характеристику химических элементов, как электроотрицательность.



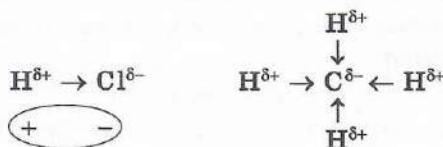
Электроотрицательность — способность атомов химических элементов оттягивать к себе общие электронные пары.

Важнейшие неметаллы можно расположить в следующий ряд по усилению их электроотрицательности (*ряд электроотрицательности*):



—————>
Электроотрицательность возрастает

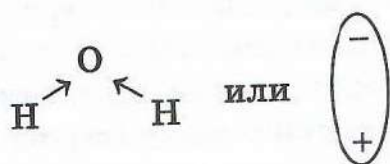
Поскольку атомы разных элементов обладают разной электроотрицательностью, общая электронная пара оказывается смещенной к более электроотрицательному элементу. В результате на атоме такого элемента образуется частичный отрицательный заряд δ^- . На атоме менее электроотрицательного элемента возникает такой же частичный, но уже положительный заряд δ^+ . Таким образом, по линии ковалентной связи возникают два полюса — отрицательный и положительный. Поэтому такую ковалентную связь называют *полярной*. Понятно, что ковалентная связь между атомами одного химического элемента называется *неполярной*, так как в этом случае заряды-полюса по линии связи не возникают. В рассмотренных примерах для молекул хлороводорода и метана связи $\text{H}-\text{Cl}$ и $\text{C}-\text{H}$ являются ковалентными полярными:



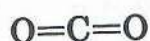
Поскольку ковалентная химическая связь в линейной молекуле хлороводорода полярна, полярной будет и сама молекула. В ней присутствуют два противоположно заряженных полюса, поэтому такие молекулы называют *диполями*. А вот молекула метана, несмотря на полярность каждой из связей $\text{C}-\text{H}$, в целом неполярна. Это связано с тем, что молекула метана имеет тетраэдрическое строение, и полярность всех связей взаимно компенсируется.

Отсюда следует важный вывод: полярность молекулы определяется полярностью связей и ее геометрическим строением.

Так, молекулы воды H_2O , имеющие угловое строение, представляют собой диполи:

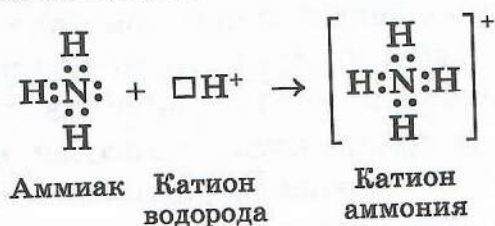


Молекулы углекислого газа CO_2 , имеющие линейное строение, несмотря на высокую полярность двойной связи $\text{C}=\text{O}$, неполярны:

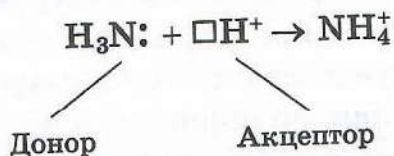


В рассмотренных выше примерах образования ковалентной связи каждый из атомов предоставлял в общую электронную пару по одному электрону. Такой механизм образования ковалентной связи называют *обменным*. Однако может реализоваться и другой механизм, если один из атомов обладает свободной электронной парой (она называется *неподеленной*) и передает ее в общее пользование другому атому, у которого имеется свободная (пустая, вакантная) орбиталь. Первый атом называют *донором*, второй — *акцептором*. Такой механизм образования ковалентной связи называют *донорно-акцепторным*.

Донорно-акцепторный механизм возникновения ковалентной связи рассмотрим на классическом примере образования катиона аммония:



или



Признаками классификации ковалентных связей могут служить:

- 1) механизм образования связи — обменный или донорно-акцепторный;
- 2) полярность связи — ковалентная неполярная и ковалентная полярная;
- 3) кратность связи — одинарная, двойная и тройная.

Поскольку результатом образования ковалентных связей между атомами является возникновение молекул, а такие связи преобладают в химическом мире, то огромное число веществ имеет молекулярное строение. Это почти все многообразие органических веществ, все газы, подавляющее большинство жидкостей и многие твердые вещества. Однако и газы, и жидкости при определенных условиях (высоком давлении, низкой температуре) можно перевести в твердое кристаллическое состояние.

Для веществ с ковалентной связью характерны два типа решеток — молекулярные и атомные.

В узлах *молекулярных кристаллических решеток* располагаются молекулы, образованные за счет прочных ковалентных связей. А вот между молекулами действуют слабые силы межмолекулярного притяжения, а потому вещества с такими решетками непрочные, легкоплавкие, летучие.

Молекулярные кристаллические решетки характерны для газов и жидкостей в твердом состоянии, кристаллического иода, серы, белого фосфора, большинства органических веществ.

Ковалентные связи могут приводить к образованию веществ не молекулярного, а атомного строения, т. е. веществ с *атомной кристаллической решеткой*. Такие вещества характеризуются тем, что в узлах их кристаллических решеток располагаются отдельные атомы, которые соединены между собой очень прочными ковалентными связями. Примером веществ с таким типом кристаллической решетки могут служить все аллотропные модификации углерода и в первую очередь — алмаз (цв. вклейка, рис. 3).

Необычайная твердость алмаза по особой шкале твердости веществ (шкале Мооса) оценена самым высоким баллом — 10. Благодаря высокой твердости алмаз используют для изготовления буров, сверл, шлифовальных инструментов, стеклорезов, хотя в сознании большинства алмаз — это камень ювелиров, которые используют ограненные алмазы — бриллианты.

Другая аллотропная модификация углерода — графит несколько противоречит утверждению о том, что вещества с атомной кристаллической решеткой обладают высокой твердостью. Мягкость графита обусловлена слоистой структурой. В кристаллической решетке графита атомы углерода, лежащие в одной плоскости, прочно связаны в правильные шестиугольники. Связи между слоями малопрочные, а потому графит мягок (цв. вклейка, рис. 4). Однако, как и алмаз, он тугоплавок. Из графита изготавливают электроды,

смазки, стержни для карандашей, замедлители нейтронов в ядерных реакторах.

Атомные кристаллические решетки реализуются не только у простых, но и у сложных веществ. Например, все разновидности оксида алюминия: корунд, рубин, сапфир — имеют атомную кристаллическую решетку. Наиболее распространенное в неживой природе соединение с атомной кристаллической решеткой — это оксид кремния(IV). Практически чистым диоксидом кремния является минерал кварц (цв. наклейка, рис. 5).

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

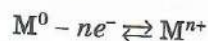
1. Какую химическую связь называют ковалентной? Какие признаки учитывают при классификации ковалентных связей?
2. Дайте определение понятия «электроотрицательность». В чем различие ковалентной полярной связи и ковалентной неполярной связи?
- *3. Может ли молекула быть неполярной, если связи в ней полярные? От каких факторов зависит полярность молекулы? Приведите примеры.
4. Каковы механизмы образования ковалентной связи?
5. Охарактеризуйте понятие «кратность» ковалентной связи. Приведите примеры веществ с одинарной, двойной и тройной связями.
6. Дайте определение понятия «молекулярная кристаллическая решетка». Чем она отличается от ионной решетки? Приведите примеры.
7. Дайте определение понятия «атомная кристаллическая решетка». Чем она отличается от ионной и молекулярной решеток? Приведите примеры.
- *8. Какие материалы называют абразивами? Какова химическая формула наиболее известных абразивов? Где они используются?
- *9. Сравните состав, строение и свойства алмаза и графита. Назовите области технического применения графита и алмаза.

3.3. Металлическая химическая СВЯЗЬ

Атомы металлов характеризуются двумя отличительными особенностями. Первая особенность — как правило, они имеют 1 — 3 электрона на внешнем энергетическом уровне. Однако у атомов олова и свинца валентных электронов че-

тыре, у сурьмы и висмута — пять, у полония — шесть. Почему же эти элементы являются металлами? Очевидно, начинает сказываться вторая отличительная особенность строения атомов металлов — их сравнительно большой радиус.

При сближении атомов металлов их электронные облака могут перекрываться, и валентные электроны получают возможность перемещаться с электронного облака одного атома на близкие по энергии облака соседних атомов. Атом, от которого «ушел» электрон, превращается при этом в ион. В результате в металлическом изделии или кусочке металла формируется совокупность свободных электронов, которые непрерывно перемещаются между ионами. При этом, притягиваясь к положительным ионам металла, электроны вновь превращают их в атомы, затем снова отрываются, превращая в ионы, и так бесконечно. В простых веществах металлах происходит бесконечное превращение атом \rightleftharpoons ион, которое осуществляют валентные электроны, а частицы, из которых состоят металлы, так и называют *атом-ионами*:



Такая же картина наблюдается в металлических сплавах.



Металлической называют связь в металлах и сплавах между атом-ионами металлов, осуществляемую совокупностью валентных электронов.

Металлическая связь определяет и особое кристаллическое строение металлов и сплавов — *металлическую кристаллическую решетку*.

Металлическая кристаллическая решетка и металлическая связь обуславливают и все наиболее характерные свойства металлов: ковкость, пластичность, электро- и теплопроводность, металлический блеск, способность к образованию сплавов.

Пластичностью объясняется способность металлов расплющиваться при ударе или вытягиваться в проволоку под действием силы. Это одно из важнейших механических свойств металлов (лабораторный опыт № 2). Пластичность металлов объясняется тем, что под внешним воздействием слои атом-ионов в кристаллах легко смещаются, как бы скользят относительно друг друга без разрыва связи между ними. Некоторое представление об этом вам может дать простейший опыт. Если между двумя плоскими стеклянными пластинками, например между зеркальцами, поместить несколько ка-

цель воды, то зеркальца будут легко скользить друг по другу, а вот разъединить их будет достаточно трудно. В таком опыте вода играет роль совокупности электронов металла. Наиболее пластичны золото, серебро и медь. Например, из золота можно изготовить самую тонкую фольгу толщиной всего 0,003 мм. Такие же тонкие листочки фольги используют для золочения изделий, например деревянной резьбы.

Высокая *электрическая проводимость* металлов как раз и обусловлена наличием в них совокупности подвижных электронов, которые под действием электрического поля приобретают направленное движение. Лучшими проводниками электрического тока являются серебро и медь. Немного уступает им алюминий. Однако в большинстве стран все чаще провода изготавливают не из меди, а из более дешевого алюминия. Хуже всего электрический ток проводят марганец, свинец и ртуть, а также вольфрам и некоторые подобные ему тугоплавкие металлы. Электрическое сопротивление вольфрама настолько велико, что он начинает светиться при прохождении через него тока. На этом эффекте основано использование вольфрама в качестве нитей накала в производстве электрических ламп.

Аналогично электропроводности изменяется и *теплопроводность* металлов. Она также объясняется высокой подвижностью электронов, которые, сталкиваясь с колеблющимися в узлах решетки ионами металлов, обмениваются с ними тепловой энергией. С повышением температуры эти колебания ионов с помощью электронов передаются другим ионам, и температура металла быстро выравнивается (лабораторный опыт № 3).

Гладкая поверхность металла или металлического изделия характеризуется *металлическим блеском*, который является результатом отражения световых лучей. Высокой световой отражательной способностью обладают ртуть, серебро, палладий и алюминий. Последние три металла используют при изготовлении зеркал, прожекторов, отражателей светотехники. В порошке металлы теряют блеск, приобретая черную или серую окраску, и только магний и алюминий сохраняют его. Отраженный поверхностью металлов свет и определяет серебристо-белый цвет большинства металлов.

Чрезвычайно важными для технического использования являются *магнитные свойства* металлов (лабораторный опыт № 4).

Металлическая химическая связь и металлическая кристаллическая решетка характерны не только для индиви-

дуальных металлов, но и для их сплавов. Еще в глубокой древности люди заметили, что сплавы обладают другими, нередко более полезными свойствами, чем составляющие их чистые металлы. Поэтому в чистом виде металлы используют редко, чаще применяют их сплавы. Из чуть более 80 известных металлов получены десятки тысяч различных сплавов. Например, прочность первого полученного человеком сплава — *бронзы* выше, чем составляющих ее меди и олова. *Сталь* и *чугун* прочнее чистого железа. Чистый алюминий — очень мягкий металл, а сплав, состоящий из алюминия, магния, марганца, меди, никеля, называемый *дюралюминием*, в 4 раза прочнее алюминия на разрыв, поэтому используется для изготовления конструкций самолетов.

Кроме большей прочности сплавы обладают и более высокой коррозионной стойкостью и твердостью, лучшими литейными свойствами, чем чистые металлы. Так, чистая медь очень плохо поддается литью, и в то же время оловянная бронза имеет прекрасные литейные качества — из нее отливают художественные изделия, которые требуют тонкой проработки деталей. Чугун — сплав железа с углеродом — также великолепный литейный материал.

Кроме высоких механических качеств сплавам присущи свойства, которых нет у чистых металлов. Например, нержавеющая сталь — сплав на основе железа — обладает высокой коррозионной стойкостью даже в агрессивных средах и высокой жаропрочностью.

Начавшаяся примерно 100 лет назад научно-техническая революция, затронувшая и промышленность, и социальную сферу, также тесно связана с производством металлов и сплавов. На основе вольфрама, молибдена, титана и других металлов начали создавать устойчивые к коррозии, сверхтвердые и тугоплавкие сплавы, применение которых значительно расширило возможности машиностроения. В ядерной и космической технике из сплава вольфрама и рения делают детали, работающие при температуре до 3000 °С. В медицине используют хирургические инструменты и имплантаты из сплавов тантала и платины.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Какими особенностями характеризуется строение атомов металлов?
2. Охарактеризуйте понятие «металлическая связь». Что сближает эту связь с ионной и ковалентной связями?

3. Что представляет собой металлическая кристаллическая решетка?
- *4. Как особенности строения металлов простых веществ сказываются на их физических свойствах?
- *5. Дайте характеристику физических свойств металлов, укажите области их использования.
- *6. С какими металлами и сплавами вы имеете дело на производственной практике и столкнетесь в будущей профессиональной деятельности? Какие их свойства лежат в основе применения?
- *7. К технологическим свойствам металлов относят ковкость, жидкотекучесть, свариваемость, обрабатываемость режущим инструментом. Какие из этих свойств имеют значение при выполнении тех или иных операций на производстве вашего профиля?
- *8. К механическим свойствам металлов относят прочность, вязкость, упругость. Какие конструкционные сплавы, известные вам из производственной практики, обладают этими свойствами?

3.4. Агрегатные состояния вещества. Водородная химическая связь

Вода — самое распространенное и самое удивительное вещество на нашей планете. Она вездесуща. На Земле нет ничего, что в своем составе не содержало бы воды. Покрывающий $\frac{3}{4}$ нашей Земли океан, в котором миллиарды лет назад зародилась жизнь, — это вода (цв. вклейка, рис. 6). Снежные шапки горных вершин, бескрайние ледяные пустыни Арктики и Антарктики — это тоже вода. Тучи и облака, туман и осадки, несущие влагу всему живому на планете, — и это вода.

В атмосферном воздухе всегда содержится вода в газообразном состоянии. Если вы прислушиваетесь к прогнозу погоды, то наверняка обращали внимание на фразу типа «относительная влажность воздуха 70 %». Это вовсе не означает, что объемная (или массовая) доля воды в воздухе вдруг подскочила до такого невероятного значения. Относительная влажность показывает долю максимально возможного содержания в воздухе паров воды при данной температуре.

Молекулы газообразных веществ находятся настолько далеко друг от друга, что их взаимодействием можно пренебречь. Это приводит к тому, что частицы газа перемещаются по всему сосуду, в котором он находится. Следова-

но, газы не имеют собственного объема и формы (рис. 3.2). Благодаря большому расстоянию между молекулами газы смешиваются друг с другом в любых отношениях. Важнейшими природными смесями газов являются воздух, природный и попутный нефтяной газы.

Газы легко сжимаемы. При этом расстояние между частицами уменьшается, давление газа на стенки сосуда увеличивается.

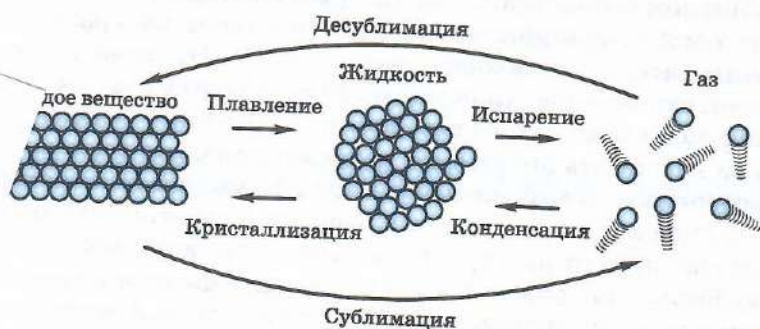
Часто вместо термина «газ» применительно к воде в газообразном состоянии используют слово «пар». Пары воды прозрачны и бесцветны, их невозможно увидеть. А вот в бытовом понимании *водяным паром* называют мельчайшие капельки сконденсированной влаги, например туман, пар над поверхностью водоема в холодное утро, пар из носика кипящего чайника. Процесс перехода вещества из газообразного в жидкое агрегатное состояние называют *конденсацией* (см. рис. 3.2).

В жидкостях частицы вещества расположены гораздо ближе друг к другу, и благодаря силам взаимного притяжения молекул жидкости обладают такой важной физической характеристикой, как собственный объем. Если вы попытаетесь сжать жидкость, то у вас ничего не получится: при попытке уменьшить расстояние между молекулами возникают силы их взаимного отталкивания, поэтому жидкие вещества практически несжимаемы. Однако поступательное движение молекул, хотя и затруднено по сравнению с газами, все-таки сохраняется. Это обуславливает такое важнейшее свойство жидкостей, как *текучесть*.

Поверхностное натяжение заставляет жидкие вещества принимать форму шара, но это возможно только в невесомости или при свободном падении капли (см. вклейку, рис. 7).

Воду в огромных количествах используют в промышленности в качестве теплоносителя, растворителя, реагента,

рис. 3.2



та. В металлургии для выплавки 1 т чугуна и переплавки его в сталь требуется 300 т воды, для получения 1 т меди — 500 т, а 1 т никеля — 4 000 т воды.

Может показаться, что запасы воды неисчерпаемы. Однако это не так. Водные ресурсы Земли ($1\,345$ млн км³) складываются из соленой и пресной воды, причем на долю последней приходится всего 2,8 % ее общего запаса. А теперь отнимите из этого числа 2,5 % пресной воды полярных ледников, которые еще недоступны для использования. Все чаще поступают тревожные сообщения из разных уголков планеты о нехватке пресной воды, все настойчивее звучит призыв экологов бороться с загрязнением природных водоемов. Каждый житель крупного города на бытовые нужды расходует около 35 л воды в сутки. Однако из-за нерационального ее использования, потерь при транспортировке, неисправного оборудования или аварий, а то и просто по причине нашей халатности, этот показатель увеличивается порой в 20 раз!

Большинство жидких веществ при охлаждении переходит в твердое агрегатное состояние. Такой переход называют *кристаллизацией* (см. рис. 3.2). Для воды этот процесс происходит при температуре 0 °С.

Частицы твердого вещества находятся настолько близко друг к другу, что очень ограничены в движении. Они совершают колебания, главным образом относительно положения равновесия, а вот перемещаться для них — почти неразрешимая задача. Силы взаимного притяжения частиц в твердых веществах настолько велики, что последние, как правило, не обладают текучестью и имеют не только объем, но и форму.



Как вы думаете, может ли белье высохнуть на морозе, допустим, при температуре -5 °С? Хозяйки вам ответят утвердительно: да, может. Как же так? Ведь при этой температуре вода — это лед. Казалось бы, для того чтобы вода испарилась, ее нужно, как минимум, расплавить. Оказывается, это совсем не обязательно. Все низкомолекулярные вещества могут переходить из твердого состояния сразу в газообразное. Такой переход называют *возгонкой*, или *сублимацией* (см. рис. 3.2). Причем некоторые соединения получить в жидком состоянии непросто. К ним относится «сухой лед» — твердый углекислый газ, который при атмосферном давлении переходит из твердого состояния в газообразное, минуя жидкое. Температура, при которой существует «сухой лед», составляет -78 °С. При этом он действительно «сухой» — не плавится, а возгоняется, что очень удобно для хранения и замораживания пищевых продуктов (цв. вклейка, рис. 8). Легко возгоняются также кристаллический иод, нафталин.

ле. Например, для того чтобы «оторвать» одну молекулу воды от другой, требуется затратить некоторое количество энергии.

Если бы водородных связей не было, вода закипала бы при температуре -80°C , а замерзала при -100°C . В таком случае наша Земля превратилась бы в безжизненную пустыню: все реки, моря и океаны выкипели, а на небе не было бы ни облачка, ни тучки.

Плотность воды тоже аномальна. Молекулы воды в твердом агрегатном состоянии (лед) «упакованы» так, что между ними остается довольно много «пустого места» (рис. 3.3). Поэтому плотность льда меньше, чем плотность воды: лед плавает. Благодаря этому аномальному свойству водоемы не промерзают до дна, и даже при самых сильных морозах температура воды на глубине подо льдом не опускается ниже $+4^{\circ}\text{C}$. Именно при этой температуре плотность воды самая большая.

Способность некоторых газов за счет образования водородных связей легко сжижаться и вновь переходить в газообразное состояние с поглощением теплоты позволяет использовать их в качестве хладагентов в промышленных холодильных установках. Наиболее широко применяется в этой роли аммиак.

Переходными свойствами от жидких веществ к твердым кристаллическим обладают необычные вещества, которые так и называют — *жидкими кристаллами*. Подобно жидкостям они текучи. Подобно кристаллическим веществам молекулы в них расположены сравнительно упорядоченно. Как правило, молекулы жидких кристаллов имеют сильно вытянутую линейную форму. При различных условиях (нагревании, наложении электрического или магнитного поля) оси линейных молекул жидких кристаллов ориентируются в пространстве, что приводит к изменению свойств вещества, например его цвета. На этом принципе основано использование жидких кристаллов в дисплеях электронных приборов, буквенно-цифровых индикаторах электронных часов, микрокалькуляторов и т. д.

Еще одним «пограничным» между твердым и жидким агрегатными состояниями вещества является *аморфное состояние*.

Что же такое аморфные вещества? Это твердые вещества, так как они подобно кристаллическим сохраняют

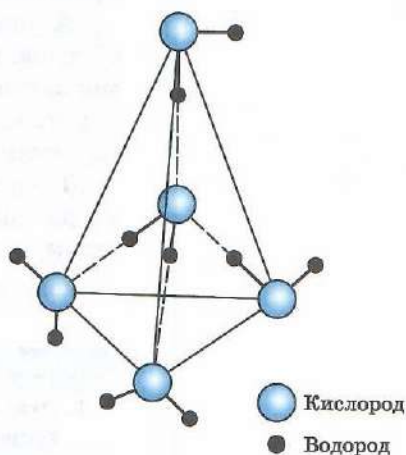


Рис. 3.3

Водородные связи
между молекулами
воды

свою форму достаточно долго. Однако через длительный промежуток времени форма тел, изготовленных из таких веществ, все же изменяется, и это сближает их с жидкостями. Например, восковая свеча, поставленная вертикально, через некоторое время утолщается внизу. По мере повышения температуры процесс размягчения ускоряется, поэтому определенной температуры плавления у аморфных тел в отличие от кристаллических нет. Аморфное состояние веществ неустойчиво, и рано или поздно они из такого состояния переходят в кристаллическое. Например, в аморфном стекле под влиянием ударных нагрузок образуются мелкие кристаллы, и стекло мутнеет. Застывший твердый мед засахаривается, так же как засахаривается при длительном хранении стекловидная карамель.

Аморфность — ценное качество полимеров, так как оно обуславливает такое их технологическое свойство, как термопластичность. Именно благодаря ей полимер можно вытянуть в тончайшую нить, превратить в прозрачную пленку или отлить в изделие самой замысловатой формы.

Таким образом, аморфные вещества по структуре можно рассматривать как очень вязкие жидкости, а по свойствам — как твердые вещества.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Охарактеризуйте газообразное, жидкое и твердое состояния вещества. Приведите примеры веществ, которые могут существовать во всех трех агрегатных состояниях.
2. Охарактеризуйте роль воды в живой и неживой природе, а также в промышленном производстве. Назовите аномалии воды и охарактеризуйте их значение для существования жизни на Земле. Предложите свой проект по режиму экономии бытового потребления воды.
3. Какая связь называется водородной? Почему она носит такое название? Какими особенностями должны характеризоваться атомы — «партнеры» водорода по этой связи? Приведите примеры веществ с водородной связью.
- *4. Подготовьте сообщение на тему: «Парниковый эффект в атмосфере Земли и его возможные последствия».
- *5. Какое значение имеет вода в технике? Какие свойства воды лежат в основе ее использования в вашей будущей профессиональной деятельности?
- *6. Какие технологические процессы используют для очистки сточных вод на промышленных предприятиях вашего профиля?