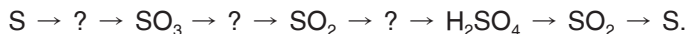


Готовимся к олимпиадам

1. Дополните схему и составьте уравнения химических реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:

**§ 47. Кристаллическое состояние вещества**

Связываясь друг с другом, атомы могут образовывать вещества как **молекулярного**, так и **немолекулярного строения**. Химические формулы простых и сложных веществ молекулярного строения называются **молекулярными**. Они показывают число атомов в молекуле любого из таких веществ. Например, формула простого вещества кислорода O_2 показывает, что его молекула состоит из двух атомов. Из формулы сложного вещества метана CH_4 следует, что в состав его молекулы входит один атом углерода и четыре атома водорода.

Химическая формула простого вещества немолекулярного строения представляет собой символ соответствующего химического элемента. Так, формула простого вещества железа — **Fe**, кремния — **Si**, алюминия — **Al**.

Что касается сложных веществ немолекулярного строения, то их формулы показывают наименьшее соотношение чисел атомов разных химических элементов в этих веществах. Такие формулы называются простейшими. Например, простейшая формула кварца — главной составной части песка — **SiO₂**. Из этой формулы следует, что в этом веществе на каждый атом кремния приходится два атома кислорода, т. е. минимальное соотношение чисел атомов кремния и кислорода равно 1 : 2. Простейшая формула **Al₂O₃** показывает, что в этом веществе минимальное соотношение между числами атомов алюминия и кислорода равно 2 : 3.

*Группа атомов, состав которой соответствует простейшей формуле данного вещества, называется его **формульной единицей**.*

Вещества немолекулярного строения также характеризуются величиной, подобной относительной молекулярной массе, которая называется **относительной формульной массой**. Она обозначается и рассчитывается так же, как и относительная молекулярная масса. Например, относительная формульная масса вещества немолекулярного строения **Ca(OH)₂** равна:

$$M_r(\text{Ca(OH)}_2) = A_r(\text{Ca}) + 2 \cdot A_r(\text{O}) + 2 \cdot A_r(\text{H}) = 40 + 2 \cdot 16 + 2 \cdot 1 = 74.$$

Кристаллическое состояние вещества

Большинство твердых веществ имеет кристаллическое строение, т. е. представляет собой кристаллы, в которых частицы (атомы, ионы, молекулы) расположены в строго определенном порядке.

Например, при образовании кристалла NaCl ионы Na^+ и Cl^- располагаются в пространстве строго упорядоченно и таким образом, что каждый ион натрия оказывается окруженным шестью ионами хлора, и наоборот, каждый ион хлора окружен шестью ионами натрия (рис. 64).

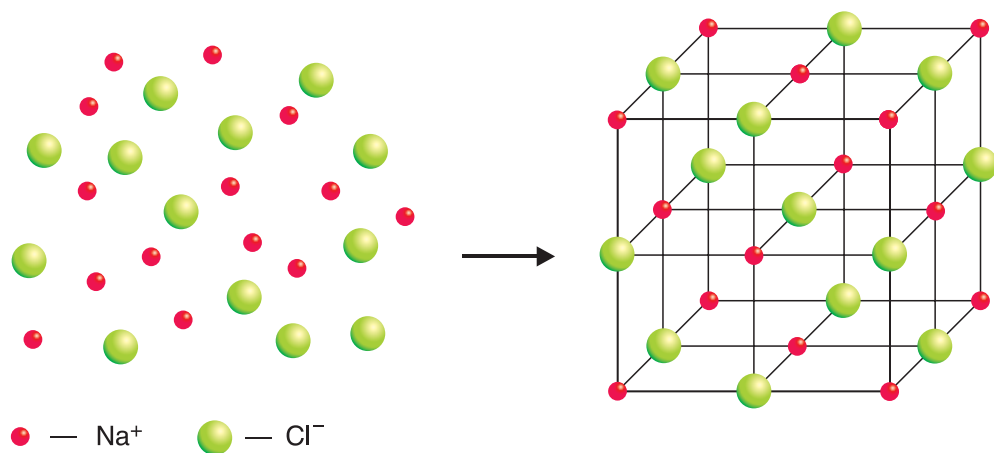


Рис. 64. Схема образования ионного кристалла хлорида натрия NaCl

Модель для описания такой структуры называется **кристаллической решеткой**. На рисунке 64 справа изображена кристаллическая решетка NaCl . Места, в которых располагаются частицы, называют **узлами решетки**.

В зависимости от природы частиц, образующих кристалл, и характера связи между ними различают четыре основных типа кристаллических решеток — **атомную**, **ионную**, **металлическую** и **молекулярную**.

Атомные кристаллы

В узлах атомной кристаллической решетки находятся атомы одного и того же или различных элементов, соединенные между собой ковалентными связями. Как правило, это атомы неметаллов. Например,

в кристалле алмаза (рис. 65) каждый из атомов углерода занимает строго определенное место и связан четырьмя ковалентными связями с другими атомами.

Примерами веществ с таким строением являются кварц SiO_2 , карборунд SiC . Вещества немолькулярного строения с атомной кристаллической решеткой характеризуются высокой прочностью и твердостью, а также высокими температурами плавления и кипения. Так, например, алмаз является самым твердым природным веществом, а температура плавления графита выше 4000°C .

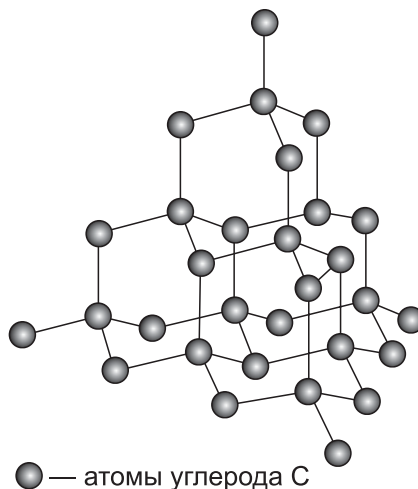


Рис. 65. Фрагмент кристаллической решетки алмаза

Ионные кристаллы

Вы уже знаете, что ионные кристаллы состоят из положительно и отрицательно заряженных ионов, связанных между собой электростатическими силами притяжения. Ионы могут быть простыми, например в кристалле NaCl , и сложными, например в кристалле сульфата кальция CaSO_4 . Его можно представить как обычный ионный кристалл, в узлах которого находятся ионы Ca^{2+} и сложные ионы SO_4^{2-} (рис. 66).

Связи между ионами в кристалле прочные. Поэтому ионные соединения обладают большой твердостью, для них характерны высокие температуры плавления и кипения.

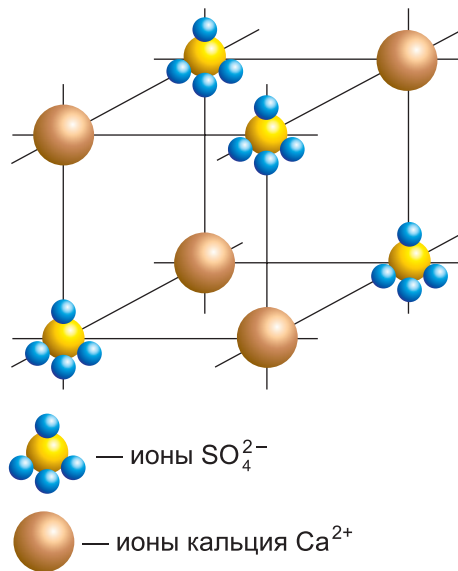


Рис. 66. Фрагмент кристаллической решетки сульфата кальция CaSO_4

Металлические кристаллы

Металлические кристаллы состоят из положительно заряженных ионов металла, между которыми относительно свободно перемещаются валентные электроны. Такие кристаллы характерны для простых веществ — металлов, а также для их сплавов. На рисунке 67 показан фрагмент кристаллической решетки натрия.

Большинство металлов имеют относительно высокие температуры плавления — от нескольких сотен до 2–3 тысяч градусов. Однако существуют металлы (например, цезий, галлий), у которых температура плавления чуть выше обычной комнатной.

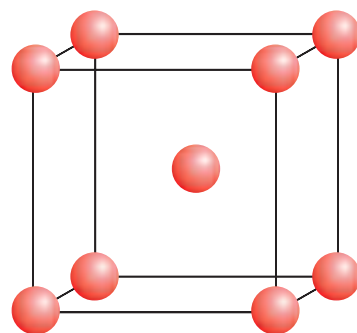


Рис. 67. Фрагмент кристаллической решетки натрия Na

Молекулярные кристаллы

Вещества молекулярного строения, существующие при комнатной температуре в газообразном и жидком агрегатных состояниях, при очень сильном охлаждении затвердевают, образуя кристаллы. Они состоят из молекул, связанных между собой слабыми силами межмолекулярного взаимодействия. Кристаллические решетки веществ молекулярного строения называются молекулярными. На рисунке 68 показан фрагмент кристаллической решетки иода I_2 .

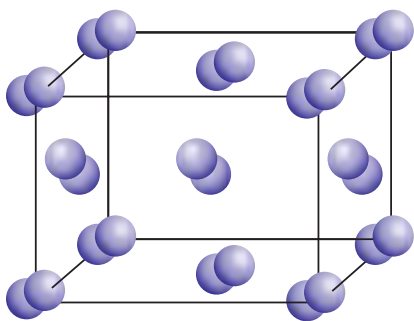


Рис. 68. Фрагмент кристаллической решетки иода I_2

В отличие от ионных кристаллов молекулярные кристаллы обычно имеют небольшую прочность, малую твердость, невысокие температуры плавления и кипения. Межмолекулярное взаимодействие в большинстве таких кристаллов слабое, вследствие чего молекулы при комнатной температуре могут отрываться от кристалла и переходить в газообразное состояние. По этой причине многие вещества с молекулярным строением, как, например, ванилин, при комнатной температуре обладают запахом.



Молекулярные вещества обладают запахом только в том случае, если они способны возбуждать обонятельные нервные окончания в нашем носу. К таким веществам относится, например, газ сероводород H_2S , отвратительно пахнущий «тухлыми яйцами». Коварство этого яда в том, что человек довольно быстро теряет способность ощущать запах сероводорода («принюхивается» к нему). Это опасно, так как сероводород очень ядовит. В то же время минеральная вода, содержащая мизерные количества сероводорода, является целебной и используется для лечения некоторых заболеваний. Например, в Республиканском центре медицинской реабилитации и бальнеолечения в Минске пациентам назначаются сероводородные минерально-жемчужные ванны на минеральной воде из собственных скважин.

В заключение приведем примеры веществ молекулярного и немолекулярного строения (табл. 10).

Таблица 10. Вещества молекулярного и немолекулярного строения

ВЕЩЕСТВА			
МОЛЕКУЛЯРНОГО СТРОЕНИЯ	НЕМОЛЕКУЛЯРНОГО СТРОЕНИЯ		
с молекулярной кристаллической решеткой	с атомной кристаллической решеткой	с ионной кристаллической решеткой	с металлической кристаллической решеткой
He, Ne, Ar, Kr, H_2 , O_2 , O_3 , N_2 , Cl_2 , Br_2 , I_2 , P_4 , S_8 , CO , CO_2 , H_2S , SO_2 , SO_3 , H_2O , H_2O_2 , CH_4 , NH_3 , HCl , HNO_3 , H_2SO_4 , H_3PO_4	C (алмаз), C (графит), Si, SiO_2 , SiC	Na_2O , CaO, BaO, LiOH, NaOH, $\text{Ca}(\text{OH})_2$, NaCl, KI, Li_2SO_4 , CaCO_3 , BaBr_2 , $\text{Fe}(\text{NO}_3)_2$	Li, Na, K, Mg, Ca, Ba, Zn, Fe, Al, Ag, Au, Hg и другие металлы

Большинство твердых веществ имеет кристаллическое строение. Кристаллы — твердые тела, построенные из молекул, атомов или ионов, закономерно расположенных в пространстве.

Существуют вещества как молекулярного, так и немолекулярного строения.

Различают четыре основных типа кристаллических решеток — атомную, ионную, металлическую и молекулярную.

Вопросы и задания

1. Что такое кристаллическое состояние вещества?
2. Что представляют собой атомные кристаллы? Почему вещества с атомными кристаллическими решетками имеют высокие температуры плавления и кипения?
3. Какие физические свойства характерны для веществ со следующими кристаллическими решетками: а) атомной; б) ионной; в) металлической; г) молекулярной?
4. В чем состоит различие ионных, атомных и металлических решеток? Как это сказывается на различии в свойствах веществ с соответствующим типом решетки?
5. Что выражает химическая формула вещества: а) молекулярного строения; б) атомного кристаллического строения; в) ионного кристаллического строения?
6. По каким признакам можно отнести к веществам молекулярного строения: а) ванилин; б) лед; в) иод?
7. «Сухой лед» (CO_2) — белое твердое вещество — «исчезает» без остатка при комнатной температуре. Объясните, что при этом происходит. Какой тип кристаллической решетки у этого вещества?
8. В результате реакции замещения образовались водород объемом $16,8 \text{ дм}^3$ (н. у.) и хлорид магния. Рассчитайте химические количества и массы прореагировавших веществ.
9. Составьте уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:



Готовимся к олимпиадам

1. Из перечисленных веществ выберите те, которые имеют молекулярное строение: оксид фосфора (V), серная кислота, оксид кремния (IV), сульфат алюминия, аммиак, нитрат аммония, фосфид натрия.