

Вопросы и задания

1. Что общего и какие отличия имеются между ковалентной и ионной связью?
2. Составьте схемы образования ионов Mg^{2+} , Al^{3+} , S^{2-} , Ca^{2+} , I^- из соответствующих атомов.
3. Какой тип химической связи в следующих веществах: KI , SO_2 , N_2 , BaF_2 , CCl_4 , NaBr ?
4. Изобразите схемы образования ионной связи при взаимодействии атомов:
а) Mg и O ; б) Li и S ; в) K и F .
5. Завершите схемы образования ионов:
а) $\text{Al} - 3\text{e}^- \rightarrow \dots$;
б) $\text{F} + 1\text{e}^- \rightarrow \dots$;
в) $\text{Ca} - 2\text{e}^- \rightarrow \dots$;
г) $\text{S} + 2\text{e}^- \rightarrow \dots$.
6. Почему молекулы Cl_2 и I_2 неполярны, а молекула HCl полярная?
7. Среди указанных формул веществ определите вещества с ионными, полярными и неполярными ковалентными связями: HBr , H_2S , MgCl_2 , SiH_4 , CO_2 , O_2 , NaI , BaBr_2 , I_2 .
8. Рассчитайте объем воздуха, необходимый для полного сгорания метана CH_4 объемом 28 дм^3 (н. у.). Объемная доля кислорода в воздухе равна 21 %.
9. Составьте уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:



Готовимся к олимпиадам

1. Какие типы химических связей в хлориде аммония?

§ 46. Металлическая связь.

Межмолекулярное взаимодействие

Металлическая связь

Все металлы, кроме ртути Hg , при комнатной температуре — твердые кристаллические вещества. В атомах большинства металлов на внешних энергетических уровнях содержится небольшое число электронов (чаще всего 1 или 2). Они слабо связаны с ядрами и поэтому относительно легко отрываются от атомов. При этом образуются положительно заряженные ионы металла и электроны, например:



Ионы металла занимают строго определенные положения, а электроны перемещаются по всему объему кристалла металла. Совокупность таких «свободных» электронов получила название **электронного газа**. Благодаря относительно свободному перемещению электронов металлы обладают *высокой электрической проводимостью* и *теплопроводностью*.

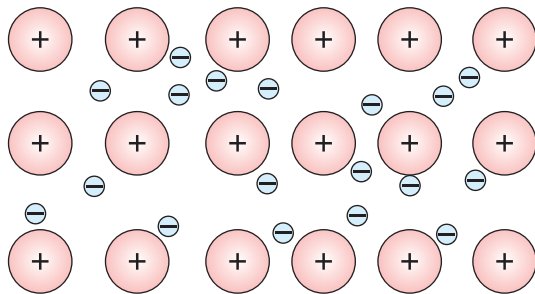


Рис. 61. Условная схема строения кристалла металла

Условно кристалл металла можно представить как ассоциацию положительно заряженных ионов, связанных друг с другом электронным газом (рис. 61).

Следовательно, для металлов характерна химическая связь, которая также основана на обобществлении валентных электронов. Только в этом случае электроны принадлежат не двум, а *всем атомам* в кристалле металла.

Металлическая связь — это взаимодействие между свободными электронами и ионами металлов, удерживающее эти частицы в кристалле.

Межмолекулярное взаимодействие

Несмотря на то что молекулы в целом электронейтральны, они способны притягиваться друг к другу. Такое притяжение называется **межмолекулярным взаимодействием**.

Межмолекулярное взаимодействие, как и химическая связь между атомами, имеет электростатическую природу. Однако, в отличие от химической связи, межмолекулярное взаимодействие относительно слабое.

Взаимодействие между молекулами возможно потому, что большинство из них являются *полярными* и представляют собой **диполи**. В каждом диполе имеются центры положительного и отрицательного зарядов, расположенные на определенном расстоянии друг от друга. Схематически взаимодействие диполей изображено на рисунке 62.

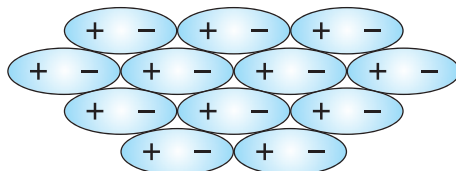


Рис. 62. Схема взаимодействия диполей



Неполярными являются молекулы простых веществ (H_2 , N_2 , P_4 и т. п.), а также молекулы ряда сложных веществ (CH_4 , SiF_4 , CO_2 и т. п.) с симметричным расположением атомов. Но даже такие молекулы в результате взаимного влияния друг на друга на очень короткое время могут становиться полярными (временными диполями). Поэтому они также могут притягиваться друг к другу. Однако по сравнению с ковалентной связью это притяжение намного слабее, и молекулы непрочны связаны между собой. Именно поэтому вещества, состоящие из молекул, плавятся и кипят при относительно низких температурах.

Сила межмолекулярного взаимодействия зависит в основном от полярности и массы молекул. Чем более полярными являются молекулы и чем больше их масса, тем сильнее они притягиваются друг к другу и тем выше температуры плавления и кипения веществ. Так, например, из-за большей массы молекул кислород кипит при более высокой температуре, чем азот, что используется при получении этих газов из воздуха на специальных предприятиях.



Единственным в Республике Беларусь специализированным предприятием по выпуску продуктов разделения воздуха является ОАО «КРИОН» (г. Минск). Его строительство началось в 1953 г., а первые производственные мощности были введены в действие уже в 1956 г. В 2020 г., когда Беларусь столкнулась с пандемией коронавирусной инфекции, «КРИОН» был единственным производителем кислорода, использовавшегося в медицинских учреждениях. По поручению Совета Министров Республики Беларусь в 2022 г. ОАО «КРИОН» приступило к строительству криогенных резервуаров общей вместимостью 500 м³. В итоге предприятие получит возможность поддерживать страховой запас жидкого кислорода на случай, если в нем внезапно возникнут значительные потребности.

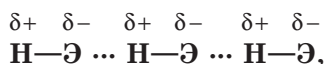
Зависимость температур кипения веществ от массы их молекул лежит в основе и другого очень важного технологического процесса — перегонки нефти. Она состоит из множества углеводородов, молекулы которых различаются своими массами. Углеводороды с большей массой молекул кипят при более высокой температуре, чем углеводороды с меньшей массой молекул. Поэтому по мере нагревания нефти из нее постепенно «выкипают» отдельные фракции — бензин, керосин и др.



Республика Беларусь является одной из высокоразвитых стран в области переработки нефти. В нашей стране работают два крупнейших нефтеперерабатывающих предприятия — в Новополоцке и Мозыре.

Понятие о водородной связи

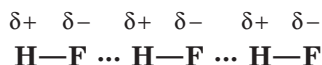
Одной из разновидностей межмолекулярного взаимодействия является **водородная связь**. Она образуется между молекулами, в которых атомы водорода соединены с атомами элементов Э с очень высокой электроотрицательностью (фтор, кислород, азот):



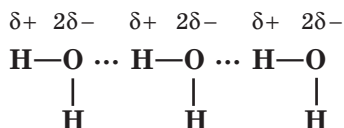
где «...» — условное обозначение водородной связи.

Образование водородной связи объясняется особенностями строения атома водорода. Из-за отсутствия у него внутренних электронных слоев атомы других элементов из соседних молекул приближаются к нему очень близко. Это приводит к притяжению атома водорода одной молекулы к атомам F, O или N другой молекулы.

Рассмотрим образование водородной связи между молекулами HF, в каждой из которых на атоме водорода имеется частичный положительный заряд $\delta+$, а на атоме F — частичный отрицательный заряд $\delta-$.



Водородные связи образуются также и между молекулами воды.



Наличие водородных связей существенно влияет на ряд физических свойств веществ (плотность, температуры кипения, плавления и др.). Из-за наличия водородных связей между молекулами HF, H₂O или NH₃ эти вещества имеют аномально высокие температуры плавления и кипения. Именно благодаря образованию водородных связей между молекулами H₂O лед не тонет в воде: плотность льда на 9 % меньше плотности жидкой воды. В кристаллах льда и снега каждый атом кислорода в молекулах H₂O связан с четырьмя атомами водорода двумя ковалентными

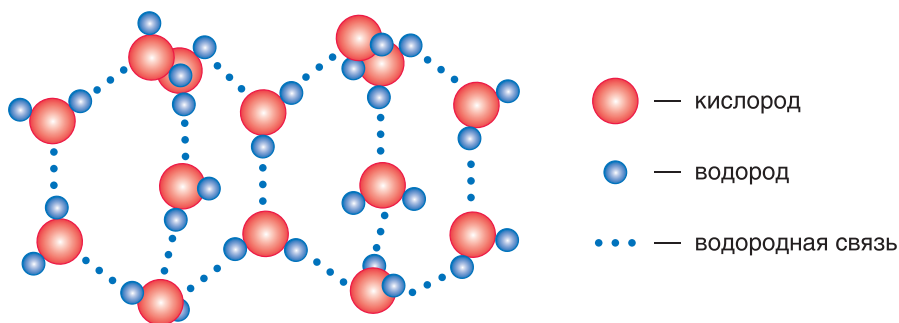


Рис. 63. Структура льда

и двумя водородными связями. В результате образуется ажурная, с большими пустотами структура льда (рис. 63).

Водородная связь играет огромную роль в природе, определяя строение и свойства воды, белков, углеводов, нуклеиновых кислот и многих других веществ, без которых невозможна жизнь на Земле.

Металлическая связь — это связь в металлах между положительно заряженными ионами посредством обобществленных электронов. Металлическая связь характерна для металлов и их сплавов.

Молекулы могут притягиваться друг к другу за счет электростатических сил. Такое взаимодействие называется межмолекулярным.

Одной из разновидностей межмолекулярного взаимодействия является водородная связь.

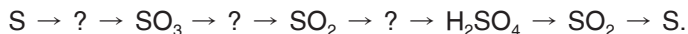
Вопросы и задания

1. Что общего и какие отличия между ковалентной и металлической связью? Какие особенности у металлической связи?
2. Почему в металлах возможно образование «электронного газа», а в неметаллах — нет?
3. Рассчитайте, во сколько раз различаются массовые доли серы в оксиде серы(VI) и в кислоте, соответствующей этому оксиду.
4. Дайте объяснение сути межмолекулярного взаимодействия.
5. Напишите уравнения реакций воды с:
 - а) сернистым газом SO_2 ;
 - б) кальцием Ca ;
 - в) негашеной известью CaO .
6. Составьте уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:



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:

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