

§ 41. Природа химической связи

Совсем немного химических элементов существуют в природе в форме одиночных атомов. Это элементы VIIIA-группы — гелий **He**, неон **Ne**, аргон **Ar** и др. Их простые вещества, называемые благородными газами, состоят из отдельных атомов.

Что касается других элементов, то их атомы, соединяясь друг с другом в определенных соотношениях, образуют молекулы или кристаллы различных простых и сложных веществ. Число атомов, входящих в состав одной молекулы, может быть равно двум (O_2 , HCl), трем (O_3 , CO_2), четырем (P_4 , NH_3) и т. д. Оно может достигать даже нескольких сотен и тысяч.

Почему же атомам выгодно соединяться (*связываться*) друг с другом? Какие силы удерживают их вместе?

Атомы химических элементов в том или ином веществе удерживаются вместе благодаря наличию между ними химической связи.

Химическая связь — это взаимодействие, которое связывает отдельные атомы в более сложные системы (молекулы, кристаллы).

По современным представлениям химическая связь имеет электростатическую природу, т. е. определяется действием сил притяжения частиц с разноименными зарядами и отталкивания частиц с одноименными зарядами.

В изолированном атоме электроны притягиваются только к его ядру.

При сближении двух атомов одновременно начинают действовать силы притяжения и отталкивания. Отрицательно заряженные электроны первого атома притягиваются к положительно заряженному ядру

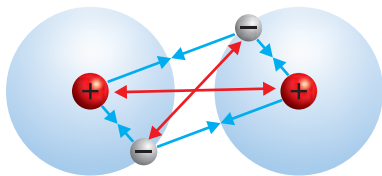


Рис. 55. Схема притяжения и отталкивания заряженных частиц при образовании молекулы водорода H_2 (синие стрелки — силы притяжения, красные — силы отталкивания)

другого атома, и наоборот — электроны другого атома притягиваются к ядру первого атома. В то же время отрицательно заряженные электроны одного атома начинают отталкиваться от электронов другого атома. Это же происходит и с положительно заряженными атомными ядрами (рис. 55). Если силы притяжения оказываются больше сил отталкивания, между атомами возникает взаимодействие, которое называется химической связью.

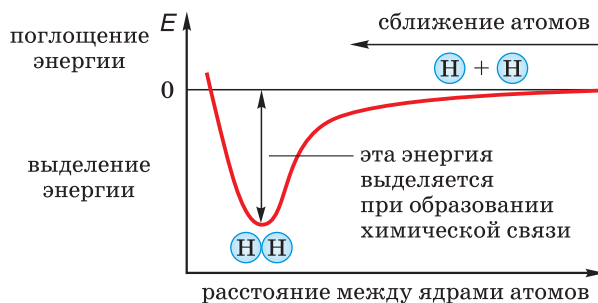


Рис. 56. Изменение энергии в системе двух атомов водорода при образовании между ними химической связи

В процессе образования химической связи энергия системы из двух или большего числа атомов понижается и оказывается меньше общей энергии изолированных атомов (рис. 56). Следовательно, образование химической связи всегда сопровождается выделением энергии. Стремление атомов к понижению своей энергии, т. е. к достижению более устойчивого, стабильного состояния и является основной причиной образования химической связи между двумя или более атомами.

Среди атомов различных химических элементов наиболее стабильным электронным строением обладают атомы благородных газов. У атомов гелия на внешнем энергетическом уровне находится по два электрона. У атомов остальных элементов VIIIA-группы — по восемь электронов. Следовательно, у атомов благородных газов внешний энергетический уровень завершен. Это и является причиной их инертности (в переводе с латинского языка — бездеятельности). При нормальных условиях атомы элементов VIIIA-группы практически не взаимодействуют с другими атомами и не образуют химических соединений. Их молекулы одноатомны.

При образовании химической связи атомы химических элементов стремятся приобрести электронное строение атомов ближайшего благородного газа, так как оно является наиболее стабильным.

Различают три основных типа химической связи: **ковалентную**, **ионную** и **металлическую**, с которыми вы познакомитесь в следующих параграфах.

Химическая связь — это взаимодействие, которое связывает атомы в молекулы и кристаллы.

Природа химической связи — электростатическая, т. е. определяется действием сил притяжения и отталкивания электронов и ядер взаимодействующих атомов.

Образование химической связи всегда сопровождается выделением энергии.

В результате образования химической связи между атомами каждый из них приобретает устойчивую электронную конфигурацию ближайшего благородного газа.

Вопросы и задания

1. Что представляет собой химическая связь? Какова ее природа?
2. Какие условия возникновения химической связи вам известны?
3. Объясните причины образования химической связи между двумя атомами.
4. Почему молекулы благородных газов одноатомны?
5. Напишите электронные конфигурации атомов гелия, бериллия, фтора, кремния, аргона и составьте их электронно-графические схемы. Для каждого из них укажите число электронов на внешнем энергетическом уровне и число электронов, недостающих до его завершения.
6. Рассчитайте массу воды, в которой число молекул такое же, как в порции углекислого газа объемом 16,8 дм³ (н. у.).
7. Образец смеси оксида кальция с карбонатом кальция общей массой 8 г обработали избытком соляной кислоты. В результате реакции выделился газ объемом 1120 см³ (н. у.). Рассчитайте массовую долю оксида кальция в смеси.
8. Составьте уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:
 а) $\text{Al}(\text{OH})_3 \rightarrow \text{Al}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \rightarrow \text{AlCl}_3 \rightarrow \text{Al}(\text{OH})_3$;
 б) $\text{CH}_4 \rightarrow \text{CO}_2 \rightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{BaCO}_3 \rightarrow \text{Ba}(\text{NO}_3)_2 \rightarrow \text{BaSO}_4$.

Готовимся к олимпиадам

1. В сплаве натрия с калием массовая доля натрия равна 80,5 %. Образец этого сплава массой 20 г растворили в воде массой 150 г. Рассчитайте массовые доли растворенных веществ в образовавшемся растворе.

§ 42. Ковалентная связь

Рассмотрим образование химической связи в молекуле водорода H_2 . У каждого атома водорода с электронной конфигурацией $1s^1$ имеется один энергетический уровень, на котором находится один неспаренный электрон:



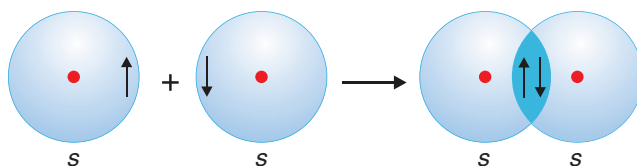


Рис. 57. Модель перекрывания электронных облаков двух атомов водорода

До завершения этого уровня (т. е. до формирования устойчивой электронной конфигурации ближайшего благородного газа — гелия **He**) атому **H** не хватает одного электрона.

При сближении двух атомов водорода положительно заряженное ядро каждого из них притягивает к себе отрицательно заряженное электронное облако другого атома. В результате облака обоих атомов проникают друг в друга или перекрываются, как показано на рисунке 57. При этом между ядрами возникает область повышенного отрицательного заряда, в которой находятся два электрона. Так между атомами водорода образуется **общая электронная пара**, которая принадлежит обоим атомам одновременно (рис. 57). Эта общая пара электронов и представляет собой одну ковалентную связь.

Общая пара электронов представляет собой одну ковалентную связь.

Ковалентная связь — это химическая связь, возникающая в результате образования между атомами общих электронных пар.



Приставка **ко-** придает слову смысл обобществления, совместного владения. **Ковалентная** — связь, обобществляющая валентные электроны атомов.

В результате образования между атомами общей электронной пары внешний уровень каждого из них оказывается завершенным и поэтому устойчивым.

Если электроны атомов водорода обозначить точками, то образование общей электронной пары в молекуле водорода можно изобразить так:



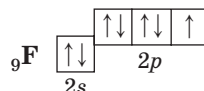
Формулы, в которых все электроны внешних энергетических уровней атомов изображаются в виде точек, называют **электронными формулами**.

Общая электронная пара обычно изображается в виде черточки между символами атомов, например:



Такие формулы, в которых черточка обозначает общую пару электронов, т. е. одну ковалентную связь, называют **графическими** или **структурными формулами** молекул.

Рассмотрим образование ковалентной связи между двумя атомами фтора в молекуле F_2 . У атома фтора с электронной конфигурацией $1s^2 2s^2 2p^5$ на внешнем энергетическом уровне имеется семь электронов, один из которых — неспаренный:



Поскольку этот электрон находится на p -подуровне, его электронное облако имеет вид объемной «восьмерки». При сближении двух атомов фтора p -электронные облака их неспаренных электронов перекрываются и между атомами F образуется общая электронная пара, или ковалентная связь (рис. 58):

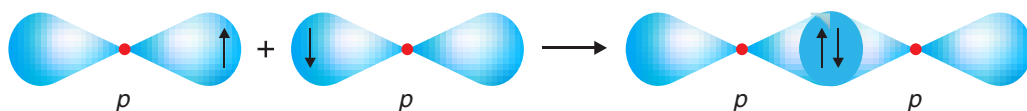
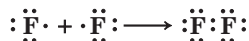


Рис. 58. Схема перекрывания p -электронных облаков при образовании молекулы фтора

С помощью электронных формул этот процесс изображается так:



Поскольку между атомами фтора образуется одна общая электронная пара, они связаны одной ковалентной связью:

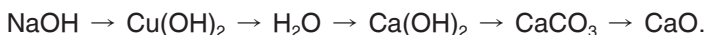


Ковалентная связь — это химическая связь, возникающая за счет образования между атомами общих электронных пар.

Общая электронная пара, связывающая атомы, принадлежит каждому из них.

Вопросы и задания

1. Дайте определение ковалентной связи. Что является ее характерной особенностью?
2. Составьте электронные схемы образования ковалентной связи в молекулах F_2 и Cl_2 .
3. Почему молекула хлора двухатомна? Как в ней осуществляется связь между атомами хлора?
4. Что такое область повышенной электронной плотности? Какова ее роль при образовании ковалентной связи?
5. Сколько электронных пар и неспаренных электронов имеется в атоме фтора, в атоме кислорода?
6. Рассчитайте массу гидроксида натрия, необходимого для нейтрализации смеси серной и азотной кислот общей массой 42 г, в которой массовая доля HNO_3 равна 30 %.
7. Составьте уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:



Готовимся к олимпиадам

1. Составьте структурные формулы молекул воды и серной кислоты.

§ 43. Одинарные и кратные связи

Если между двумя атомами имеется одна общая электронная пара, они связаны одной ковалентной связью. Такая связь называется **одинарной**. Если же между атомами образовались две или три общие электронные пары, эти атомы связаны соответственно двумя или тремя ковалентными связями. В таких случаях говорят о **кратности связи**, понимая под этим термином число общих электронных пар между атомами. Если ковалентная связь между атомами возникает за счет образования двух общих электронных пар, ее кратность равна двум. Такую связь называют **двойной**. Соответственно, при наличии между атомами трех общих пар электронов говорят о кратности связи, равной трем, т. е. о **тройной** ковалентной связи.

Рассмотрим образование ковалентных связей в молекуле кислорода O_2 . У каждого атома O с электронной конфигурацией $1s^2 2s^2 2p^4$ на внешнем

Orbital diagram for oxygen: The 2s orbital is a single box containing two electrons with opposite spins (up and down arrows). The 2p orbitals are three boxes, each containing one electron with an up spin. To the right of the diagram is the text "или" followed by the Lewis dot structure of oxygen, which shows the oxygen symbol with two pairs of dots above and below it, and one pair of dots to the left and one pair to the right.

$$\underset{\text{O}}{\cdot\ddot{\text{O}}\cdot} + \underset{\text{O}}{\cdot\ddot{\text{O}}:} \longrightarrow \underset{\text{O}}{\text{:}\ddot{\text{O}}\text{:}}\underset{\text{O}}{\text{:}\ddot{\text{O}}\text{:}}$$
$$\mathbf{0} = \mathbf{0}$$
$$\begin{array}{|c|} \hline \uparrow\downarrow \\ \hline \end{array} \quad \begin{array}{|c|c|c|} \hline \uparrow & \uparrow & \uparrow \\ \hline \end{array} \quad \text{или} \quad \cdot\dot{\text{N}}\cdot$$
$$\begin{array}{c} \cdot \\ \cdot \text{N} \cdot \\ \cdot \end{array} + \begin{array}{c} \cdot \\ \cdot \text{N} : \\ \cdot \end{array} \longrightarrow \text{:N::N:}$$
$$N \equiv N$$
$$\text{H}-\text{O}-\text{O}-\text{H}$$

Ковалентная связь, образованная одной электронной парой, называется одинарной, двумя парами — двойной, а тремя общими электронными парами — тройной связью.

Вопросы и задания

1. В чем состоит различие между одинарными и кратными ковалентными связями?
2. В какой из молекул — Cl_2 , O_2 или N_2 — химическая связь более прочная?
3. При высоких температурах существуют молекулы S_2 . Нарисуйте структурную формулу такой молекулы.
4. Учитывая, что радиус атома водорода меньше радиуса атома брома, определите, в какой из молекул — H_2 или Br_2 — расстояние между ядрами атомов больше.
5. Порцию оксида серы(VI) массой 16 г внесли в воду массой 84 г. Рассчитайте массовую долю растворенного вещества в образовавшемся растворе.
6. Рассчитайте объем (н. у.) кислорода, необходимого для полного сгорания смеси алюминия и магния общей массой 36 г, в которой массовая доля магния равна 40 %.
7. Составьте уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:



Готовимся к олимпиадам

1. Чему равно число химических связей, образованных атомом селена в молекуле селеновой кислоты H_2SeO_4 .

§ 44. неполярная и полярная ковалентная связь. Электроотрицательность

В двухатомных молекулах, состоящих из атомов одного и того же элемента, общая электронная пара располагается симметрично между ядрами. Она принадлежит обоим атомам в одинаковой степени. Такая ковалентная связь называется **неполярной**. Она возникает между атомами одного и того же неметалла. Например, неполярными являются ковалентные связи в молекулах простых веществ H_2 , N_2 , O_2 , F_2 , Cl_2 , Br_2 , P_4 , S_8 и др.

Однако ковалентная связь может образоваться и между атомами разных неметаллов, как, например, в молекуле хлороводорода HCl . В атоме водорода ($1s^1$) имеется один неспаренный электрон, а у атома хлора ($2s^2 2p^5$) на внешнем энергетическом уровне находятся семь электронов,