

## Тема 1.2. Строение вещества.

### Химическая связь

Все взаимодействия, приводящие к объединению химических частиц (атомов, молекул, ионов и т. п.) в вещества делятся на химические связи и межмолекулярные связи (межмолекулярные взаимодействия).

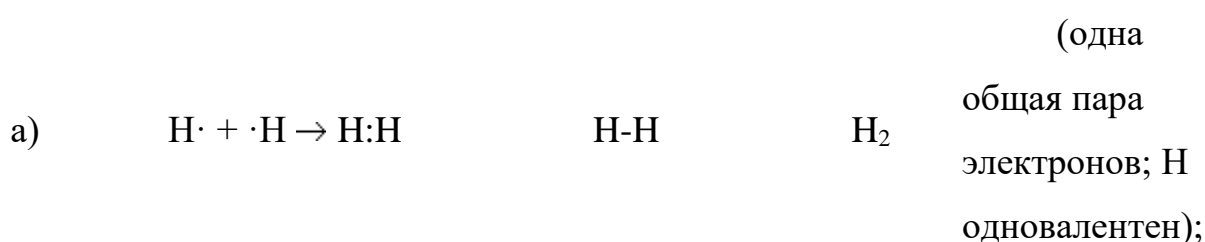
Химические связи - связи непосредственно между атомами. Различают ионную, ковалентную и металлическую связь.

Межмолекулярные связи - связи между молекулами. Это водородная связь, ион-дипольная связь (за счет образования этой связи происходит, например, образование гидратной оболочки ионов), диполь-дипольная (за счет образования этой связи объединяются молекулы полярных веществ, например, в жидком ацетоне) и др.

Ионная связь - химическая связь, образованная за счет электростатического притяжения разноименно заряженных ионов. В бинарных соединениях (соединениях двух элементов) она образуется в случае, когда размеры связываемых атомов сильно отличаются друг от друга: одни атомы большие, другие маленькие - то есть одни атомы легко отдают электроны, а другие склонны их принимать (обычно это атомы элементов, образующих типичные металлы и атомы элементов, образующих типичные неметаллы); электроотрицательность таких атомов также сильно отличается.

Ионная связь ненаправленная и не насыщаемая.

Ковалентная связь - химическая связь, возникающая за счет образования общей пары электронов. Ковалентная связь образуется между маленькими атомами с одинаковыми или близкими радиусами. Необходимое условие - наличие неспаренных электронов у обоих связываемых атомов (обменный механизм) или неподеленной пары у одного атома и свободной орбитали у другого (донорно-акцепторный механизм):



)	б	$:\ddot{\text{N}}\cdot + \cdot\ddot{\text{N}}: \rightarrow :\text{N}::\text{N}:$	$\text{N}\equiv\text{N}$	$\text{N}_2$	(три общие пары электронов; N трехвалентен);
	в)	$\text{H}\cdot + \cdot\ddot{\text{F}}: \rightarrow \text{H}:\ddot{\text{F}}:$	$\text{H}-\text{F}$	$\text{HF}$	(одна общая пара электронов; H и F одновалентны);
г)	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \vdots \\ \text{H}:\ddot{\text{N}}: \\ \vdots \\ \text{H} \end{array} + \square\text{H}^+ \rightarrow \begin{array}{c} \text{H} \\ \vdots \\ \text{H}:\ddot{\text{N}}^+\text{H} \\ \vdots \\ \text{H} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{H} \\   \\ \text{H}-\text{N}^+-\text{H} \\   \\ \text{H} \end{array}$	$\text{NH}_4$		(четыре общих пары электронов; N четырехвалентен)

По числу общих электронных пар ковалентные связи делятся на

- простые (одинарные) - одна пара электронов,
- двойные - две пары электронов,
- тройные - три пары электронов.

Двойные и тройные связи называются кратными связями.

По распределению электронной плотности между связываемыми атомами ковалентная связь делится на неполярную и полярную. неполярная связь образуется между одинаковыми атомами, полярная - между разными.

Электроотрицательность - мера способности атома в веществе притягивать к себе общие электронные пары.

Электронные пары полярных связей смещены в сторону более электроотрицательных элементов. Само смещение электронных пар называется поляризацией связи. Образующиеся при поляризации частичные (избыточные) заряды обозначаются  $\delta^+$  и  $\delta^-$ , например:  $\text{H}^{\delta+} \rightarrow \text{F}^{\delta-}$ .

По характеру перекрывания электронных облаков ("орбиталей") ковалентная связь делится на  $\sigma$ -связь и  $\pi$ -связь.  $\sigma$ -Связь образуется за счет прямого перекрывания электронных облаков (вдоль

прямой, соединяющей ядра атомов),  $\pi$ -связь - за счет бокового перекрывания (по обе стороны от плоскости, в которой лежат ядра атомов).

Ковалентная связь обладает направленностью и насыщенностью, а также поляризуемостью.

Для объяснения и прогнозирования взаимного направления ковалентных связей используют модель гибридизации.

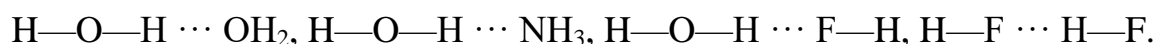
Гибридизация атомных орбиталей и электронных облаков - предполагаемое выравнивание атомных орбиталей по энергии, а электронных облаков по форме при образовании атомом ковалентных связей. Чаще всего встречается три типа гибридизации:  $sp$ -,  $sp^2$  и  $sp^3$ -гибридизация. Например:  $sp$ -гибридизация - в молекулах  $C_2H_2$ ,  $BeH_2$ ,  $CO_2$  (линейное строение);  $sp^2$ -гибридизация - в молекулах  $C_2H_4$ ,  $C_6H_6$ ,  $BF_3$  (плоская треугольная форма);  $sp^3$ -гибридизация - в молекулах  $CCl_4$ ,  $SiH_4$ ,  $CH_4$  (тетраэдрическая форма);  $NH_3$  (пирамидальная форма);  $H_2O$  (угловая форма).

Металлическая связь - химическая связь, образованная за счет обобществления валентных электронов всех связываемых атомов металлического кристалла. В результате образуется единое электронное облако кристалла, которое легко смещается под действием электрического напряжения - отсюда высокая электропроводность металлов.

Металлическая связь образуется в том случае, когда связываемые атомы большие и потому склонны отдавать электроны. Простые вещества с металлической связью - металлы (Na, Ba, Al, Cu, Au и др.), сложные вещества - интерметаллические соединения ( $AlCr_2$ ,  $Ca_2Cu$ ,  $Cu_5Zn_8$  и др.).

Металлическая связь не обладает направленностью насыщенностью. Она сохраняется и в расплавах металлов.

Водородная связь - межмолекулярная связь, образованная за счет частичного акцептирования пары электронов высокоэлектроотрицательного атома атомом водорода с большим положительным частичным зарядом. Образуется в тех случаях, когда в одной молекуле есть атом с неподеленной парой электронов и высокой электроотрицательностью (F, O, N), а в другой - атом водорода, связанный сильно полярной связью с одним из таких атомов. Примеры межмолекулярных водородных связей:



Внутримолекулярные водородные связи существуют в молекулах полипептидов, нуклеиновых кислот, белков и др.

Мерой прочности любой связи является энергия связи. Энергия связи - энергия необходимая для разрыва данной химической связи в 1 моле вещества. Единица измерений - 1 кДж/моль.

Энергии ионной и ковалентной связи - одного порядка, энергия водородной связи - на порядок меньше.

Энергия ковалентной связи зависит от размеров связываемых атомов (длины связи) и от кратности связи. Чем меньше атомы и больше кратность связи, тем больше ее энергия.

Энергия ионной связи зависит от размеров ионов и от их зарядов. Чем меньше ионы и больше их заряд, тем больше энергия связи.

### Строение вещества

По типу строения все вещества делятся на молекулярные и немолекулярные. Среди органических веществ преобладают молекулярные вещества, среди неорганических - немолекулярные.

По типу химической связи вещества делятся на вещества с ковалентными связями, вещества с ионными связями (ионные вещества) и вещества с металлическими связями (металлы).

Вещества с ковалентными связями могут быть молекулярными и немолекулярными. Это существенно сказывается на их физических свойствах.

Молекулярные вещества состоят из молекул, связанных между собой слабыми межмолекулярными связями, к ним относятся:  $H_2$ ,  $O_2$ ,  $N_2$ ,  $Cl_2$ ,  $Br_2$ ,  $S_8$ ,  $P_4$  и другие простые вещества;  $CO_2$ ,  $SO_2$ ,  $N_2O_5$ ,  $H_2O$ ,  $HCl$ ,  $HF$ ,  $NH_3$ ,  $CH_4$ ,  $C_2H_5OH$ , органические полимеры и многие другие вещества. Эти вещества не обладают высокой прочностью, имеют низкие температуры плавления и кипения, не проводят электрический ток, некоторые из них растворимы в воде или других растворителях.

Немолекулярные вещества с ковалентными связями или атомные вещества (алмаз, графит,  $Si$ ,  $SiO_2$ ,  $SiC$  и другие) образуют очень прочные кристаллы (исключение - слоистый графит), они нерастворимы в воде и других растворителях, имеют высокие температуры плавления и кипения, большинство из них не проводит

электрический ток (кроме графита, обладающего электропроводностью, и полупроводников - кремния, германия и пр.)

Все ионные вещества, естественно, являются немолекулярными. Это твердые тугоплавкие вещества, растворы и расплавы которых проводят электрический ток. Многие из них растворимы в воде. Следует отметить, что в ионных веществах, кристаллы которых состоят из сложных ионов, есть и ковалентные связи, например:  $(\text{Na}^+)_2(\text{SO}_4^{2-})$ ,  $(\text{K}^+)_3(\text{PO}_4^{3-})$ ,  $(\text{NH}_4^+)(\text{NO}_3^-)$  и т. д. Ковалентными связями связаны атомы, из которых состоят сложные ионы.

Металлы (вещества с металлической связью) очень разнообразны по своим физическим свойствам. Среди них есть жидкость (Hg), очень мягкие (Na, K) и очень твердые металлы (W, Nb).

Характерными физическими свойствами металлов является их высокая электропроводность (в отличие от полупроводников, уменьшается с ростом температуры), высокая теплоемкость и пластичность (у чистых металлов).

В твердом состоянии почти все вещества состоят из кристаллов. По типу строения и типу химической связи кристаллы ("кристаллические решетки") делят на атомные (кристаллы немолекулярных веществ с ковалентной связью), ионные (кристаллы ионных веществ), молекулярные (кристаллы молекулярных веществ с ковалентной связью) и металлические (кристаллы веществ с металлической связью).