

Троицкий авиационный технический колледж – филиал федерального  
государственного образовательного учреждения высшего образования  
Московский государственный технический университет гражданской  
авиации (МГТУ ГА)

Автор: Семечев П.А.



МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ  
по Химии

Тема: «Строение вещества и природа химической связи»

Троицк, 2025г.

Рассмотрено и утверждено на заседании ц\к ОТП

Протокол №6 от 18.11.2025г.

Председатель ЦК ОТП: Семечев /П.А. Семечев/

Согласовано:

Зам.директора по УР: Хомуткова /В.А. Хомуткова/

«18» 11 2025г.

## Содержание

|  |    |
|--|----|
| Введение .....                                 | 4  |
| Строение вещества .....                        | 6  |
| Атомы .....                                    | 6  |
| Молекулы .....                                 | 6  |
| Кристаллические решетки .....                  | 7  |
| 1. Ионная кристаллическая решетка .....        | 7  |
| 2. Атомная кристаллическая решетка. ....       | 8  |
| 3. Молекулярная кристаллическая решетка .....  | 9  |
| 4. Металлическая кристаллическая решетка. .... | 10 |
| Химические связи .....                         | 11 |
| 1. Ковалентная связь .....                     | 11 |
| 2. Ионная связь .....                          | 14 |
| 3. Металлическая связь .....                   | 15 |
| 4. Водородная связь .....                      | 16 |
| Вопросы для самоконтроля .....                 | 17 |
| Список рекомендуемой литературы .....          | 23 |

## **Введение**

Настоящие методические указания являются логическим продолжением методических указаний к выполнению самостоятельной подготовки обучающихся к занятиям, выполнению практических и контрольной работы по химии.

Главная цель настоящих методических указаний – помочь студентам решить различные типы задач при подготовке к занятиям, лабораторным и контрольным работам.

Настоятельно рекомендую студентам предварительно изучить теоретический материал по каждому разделу химии, используя учебную литературу по химии. Весь теоретический материал с формулами, определениями и т. д. по каждому разделу, необходимый для решения задач, можно найти и в учебной литературе по химии.

Для удобства пользования приведены справочные данные, таблицы, схемы, формулы.

При рассмотрении примеров обратите внимание, что практически везде используется международная система единиц (СИ); все физические величины, где это требуется, даны с соответствующими единицами измерения; во всех расчетных формулах величины подставлены без преобразований в необходимых единицах измерения.

Очень надеюсь, что данные методические указания помогут вам успешно справиться с решением задач по химии.

Химическая учебная задача – это модель проблемной ситуации, решение которой требует мыслительных и практических действий на основе знания законов, теорий и методов химии, направленная на закрепление, расширение знаний и развитие химического мышления.

В данном методическом указании вы найдете помощь и объяснение строение атомов химических элементов и природу атома.

Вы сможете узнать что такое химическое вещество, его состав и свойства. Рассмотреть конфигурацию и поведение прилегающих к нему элементов.

Так же подробно описанные ниже определения и правила, помогут вам более подробно ознакомиться о составе простых и сложных веществ.

Рассмотрим, химические связи веществ , а также рассмотрим кристаллические решетки.

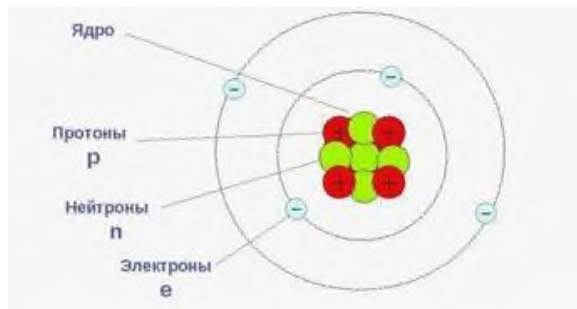
## Строение вещества

**Строение вещества** включает понятия об атомах, молекулах, кристаллических решётках и химических связях.

Эти элементы описывают составные части веществ и определяют их свойства.

### Атомы

**Атом** — наименьшая частица химического элемента, сохраняющая его химические свойства. Состоит из положительно заряженного ядра (включающего протоны и нейтроны) и окружающих его электронов, вращающихся в электронных оболочках.



Характеристики атома:

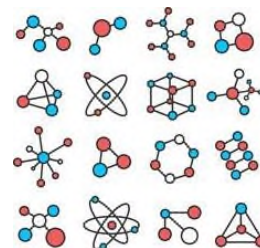
- Количество протонов в ядре определяет атомный номер элемента и его химические свойства.
- Электроны участвуют в химических реакциях и образовании химических связей между атомами.

### Молекулы

**Молекула** — частица, состоящая из двух или более атомов, которые химически связаны между собой. Атомы внутри молекулы удерживаются электростатическими силами на определённых расстояниях, в зависимости от видов этих атомов.

### Примеры:

- Молекула воды ( $H_2O$ ) состоит из двух атомов водорода и одного атома кислорода.
- Молекула углекислого газа — из одного атома углерода и двух атомов кислорода.



## Кристаллические решетки

**Кристаллическая решётка** — это трёхмерная сетка, в узлах которой находятся частицы вещества: атомы, ионы или молекулы. Эти частицы расположены регулярно, повторяясь во всех направлениях.

**Выделяют четыре основных типа кристаллических решёток**

### 1. Ионная кристаллическая решетка.

Как известно, при ионной химической связи один атом отдает другому ионы и приобретает положительный заряд, в то время как принимающий атом заряжается отрицательно. В итоге появляются разноименно заряженные ионы, из которых и состоит структура кристалла.

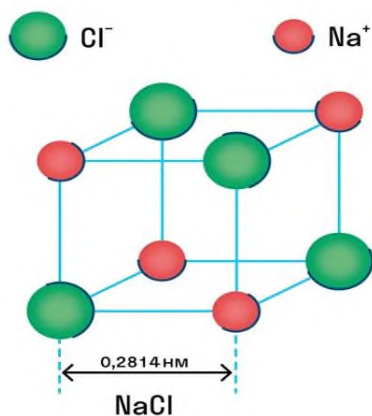
**Ионная решетка** — это кристаллическая структура, в узловых точках которой находятся ионы, связанные взаимным притяжением.

Ионную кристаллическую решетку имеют практически все соли, типичным представителем можно считать поваренную соль  $\text{NaCl}$ . О ней стоит вспомнить, если нужно перечислить физические характеристики этой группы. Также ионную решетку имеют щелочи и оксиды активных металлов.

**Свойства веществ с ионной структурой:**

твёрдость; хрупкость; тугоплавкость; нелетучесть; электропроводность; способность растворяться в воде.

Примеры веществ с ионной кристаллической решеткой: оксид кальция  $\text{CaO}$ , оксид магния  $\text{MgO}$ , хлорид аммония  $\text{NH}_4\text{Cl}$ , хлорид магния  $\text{MgCl}_2$ , оксид лития  $\text{Li}_2\text{O}$  и другие.

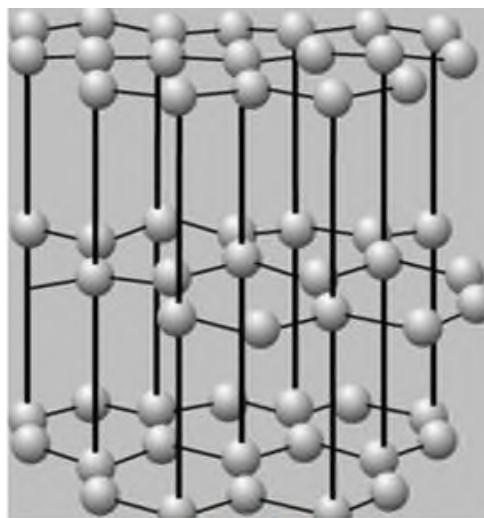
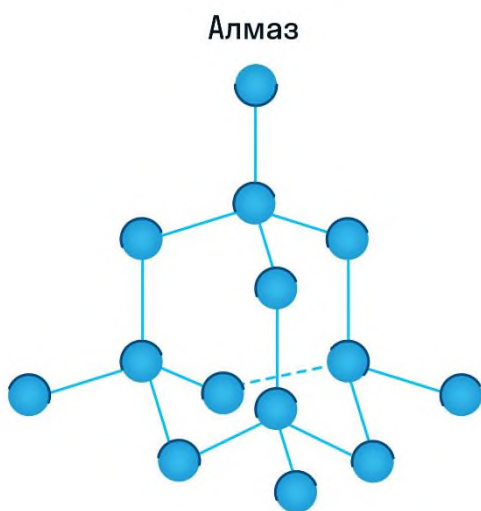


## 2. Атомная кристаллическая решетка.

Согласно своему названию, атомная кристаллическая решетка — это структура, в узлах которой расположены атомы. Они взаимодействуют с помощью ковалентных связей, то есть один атом отдает другому свободный электрон или же электроны из разных атомов образуют общую пару. В кристаллах с атомной решеткой частицы прочно связаны, что обуславливает ряд физических характеристик.

### Свойства веществ с атомной решеткой:

прочность,  
твёрдость,  
неспособность к растворению в воде,  
высокая температура кипения и плавления.



**ГРАФИТ**

К примеру, атомную кристаллическую решетку имеет алмаз — самый твердый минерал в мире.

Другие примеры: германий Ge, кремний Si, нитрид бора BN, карборунд SiC.



### 3. Молекулярная кристаллическая решетка

**Молекулярная кристаллическая решетка** — это структура, в узлах которой находятся не атомы, а молекулы.

Внутри молекул атомы имеют прочные ковалентные связи, но сами молекулы связаны между собой слабо. Поэтому кристаллы таких веществ непрочные и легко распадаются.

Молекулярная кристаллическая решетка характерна для воды. При комнатной температуре это жидкость, но стоит нагреть ее до температуры кипения (которая сравнительно низка), как она тут же начинает превращаться в пар, т. е. переходит в газообразное состояние.

Некоторые молекулярные вещества — например, сухой лед  $\text{CO}_2$ , способны преобразоваться в газ сразу из твердого состояния, минуя жидкое (данный процесс называется возгонкой).

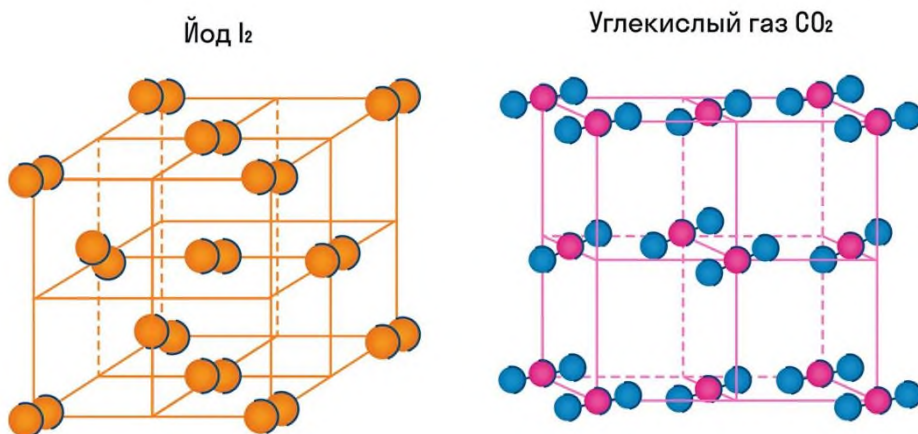
#### **Свойства молекулярных веществ:**

небольшая твердость;

низкая прочность;

легкоплавкость;

летучесть; у некоторых — наличие запаха.



Помимо воды к веществам с молекулярной кристаллической решеткой относятся аммиак  $\text{NH}_3$ , гелий  $\text{He}$ , радон  $\text{Rn}$ , йод  $\text{I}$ , азот  $\text{N}_2$  и другие. Все благородные газы — молекулярные вещества. Также к этой группе принадлежит и большинство органических соединений (например, сахар).

#### 4. Металлическая кристаллическая решетка.

Для начала вспомним, как проходит металлическая химическая связь. В молекуле металла свободные отрицательно заряженные электроны перемещаются от одного иона к другому и соединяются с некоторыми из них, а после отрываются и мигрируют дальше. В результате получается кристалл, в котором ионы превращаются в атомы и наоборот.

**Металлическая кристаллическая решетка** — это структура, которая состоит из ионов и атомов металла, а между ними свободно передвигаются электроны. Как несложно догадаться, она характерна лишь для металлов и сплавов.

Свободные электроны, мигрирующие между узлами решетки, образуют электронное облако, которое под воздействием электротока приходит в направленное движение. Это объясняет такое свойство металлов, как электрическая проводимость.

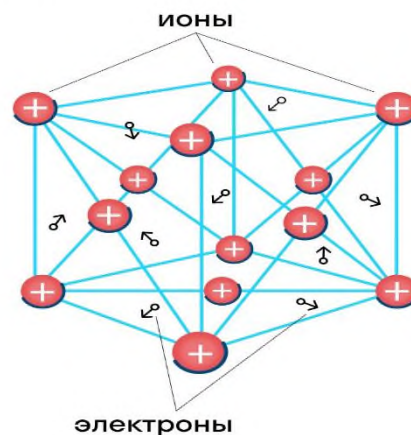
В химии типичным примером вещества, которое имеет металлическую кристаллическую решетку, считается медь. Она очень ковкая, пластичная, имеет высокую тепло- и электропроводность. Впрочем, все металлы ярко демонстрируют эти характеристики, поэтому назвать физические свойства данной группы несложно.

**Свойства веществ с металлической кристаллической решеткой:**

характерный блеск;  
хорошая ковкость;  
высокая теплопроводность;  
электропроводность.

При этом температура плавления веществ может существенно различаться. Например, у ртути это  $-38,9^{\circ}\text{C}$ , а у бериллия целых  $+1287^{\circ}\text{C}$ .

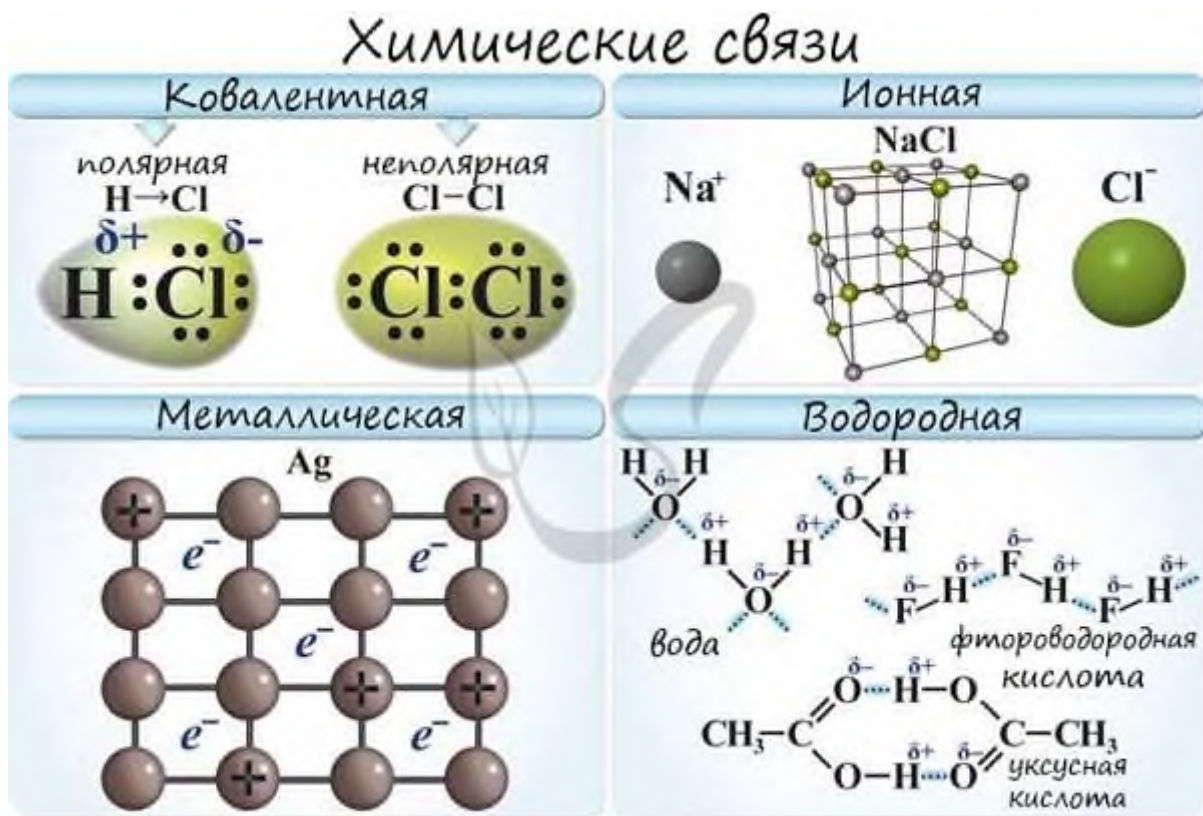
Металлическая кристаллическая решетка



## Химические связи

**Химическая связь** - связь между атомами в молекуле или молекулярном соединении, возникающая в результате переноса электронов с одного атома на другой, либо обобществления электронов для обоих атомов.

Различают несколько типов химических связей: ковалентная, ионная, металлическая, водородная.

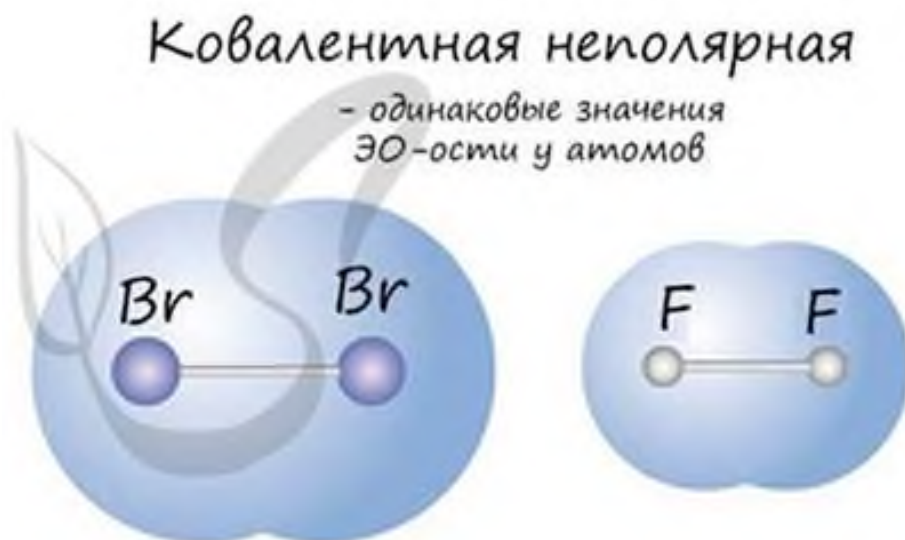


### 1. Ковалентная связь (лат. со - совместно + valens - имеющий силу)

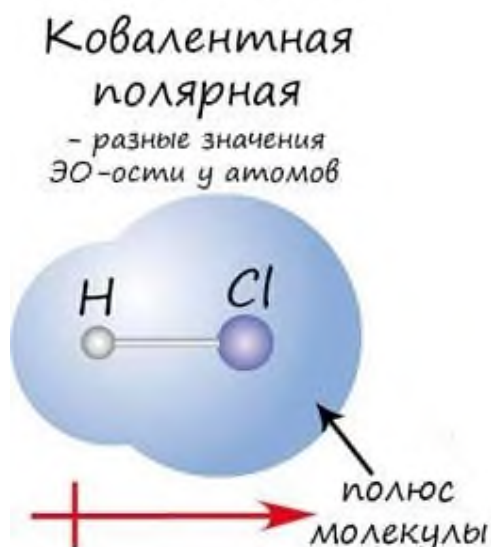
Ковалентная связь возникает между двумя атомами по обменному механизму (обобществление пары электронов) или донорно-акцепторному механизму (электронов донора и свободной орбитали акцептора).

Ковалентной связью соединены атомы в молекулах простых веществ ( $\text{Cl}_2$ ,  $\text{Br}_2$ ,  $\text{O}_2$ ), органических веществ ( $\text{C}_2\text{H}_2$ ), а также, в общем случае, между атомами неметалла и другого неметалла ( $\text{NH}_3$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{HBr}$ ).

Если атомы, образующие ковалентную связь, имеют одинаковые значения электроотрицательности, то связь между ними называется **ковалентной неполярной связью**. В таких молекулах нет "полюса" - электронная плотность распределяется равномерно. Примеры:  $\text{Cl}_2$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{I}_2$ .



Если атомы, образующие ковалентную связь, имеют разные значения электроотрицательности, то связь между ними называется **ковалентной полярной**. В таких молекулах имеется "полюс" - электронная плотность смещена к более электроотрицательному элементу. Примеры:  $\text{HCl}$ ,  $\text{HBr}$ ,  $\text{HI}$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ .



Ковалентная связь может быть образована по обменному механизму - обобществлению электронной пары. В таком случае каждый атом "одинаково" вкладывается в создание связи. Например, два атома азота, образующие молекулу  $N_2$ , отдают по 3 электрона с внешнего уровня для создания связи.



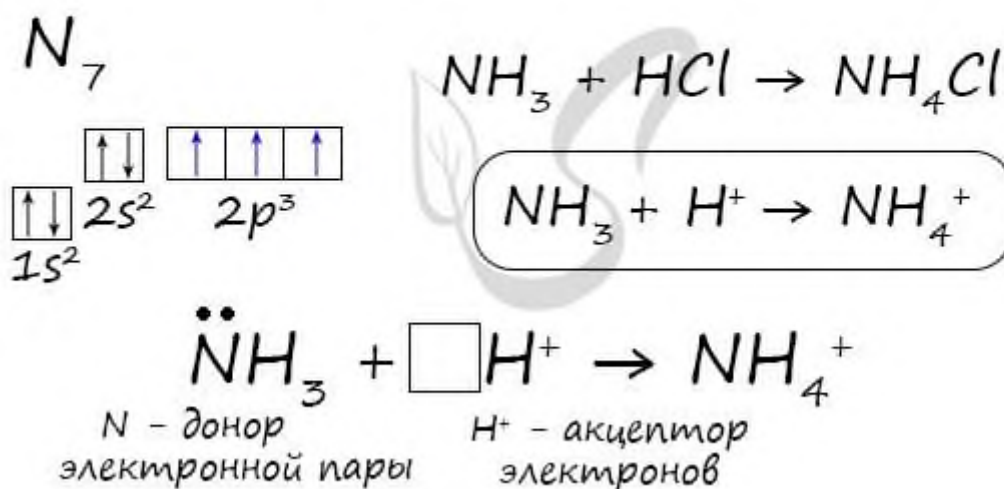
Существует донорно-акцепторный механизм образования ковалентной связи, при котором один атом выступает в качестве донора неподеленной электронной пары. Другой атом не тратит свои электроны, а только лишь предоставляет орбиталь (ячейку) для этой электронной пары.

Рекомендую выучить список веществ, образованных по донорно-акцепторному механизму:

- $NH_4^+$  - в ионе аммония
- $NH_4^+Cl$ ,  $NH_4^+Br$  - внутри иона аммония во всех его солях
- $NO_3^-$  - в нитрат ионе
- $KNO_3$ ,  $LiNO_3$  - внутри нитрат иона во всех нитратах
- $O_3$  - озон
- $H_3O^+$  - ион гидроксония
- $CO$  - угарный газ
- $K[Al(OH)_4]$ ,  $Na_2[Zn(OH)_4]$  - во всех комплексных солях есть хотя бы одна ковалентная связь, возникшая по донорно-акцепторному механизму



## Донорно-акцепторный механизм связи



### 2. Ионная связь

**Ионная связь** - один из видов химической связи, в основе которого лежит электростатическое взаимодействие между противоположно заряженными ионами.

В наиболее частом случае ионная связь образуется между типичным металлом и типичным неметаллом. Примеры:

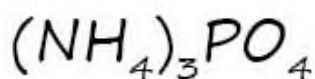
NaF, CaCl<sub>2</sub>, MgF<sub>2</sub>, Li<sub>2</sub>S, BaO, RbI.

Большой подсказкой служит таблица растворимости, ведь все соли имеют ионные связи: CaSO<sub>4</sub>, Na<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>. Даже ион аммония не исключение, между катионом аммония и различными анионами образуются ионные связи, например в соединениях: NH<sub>4</sub>I, NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>, (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

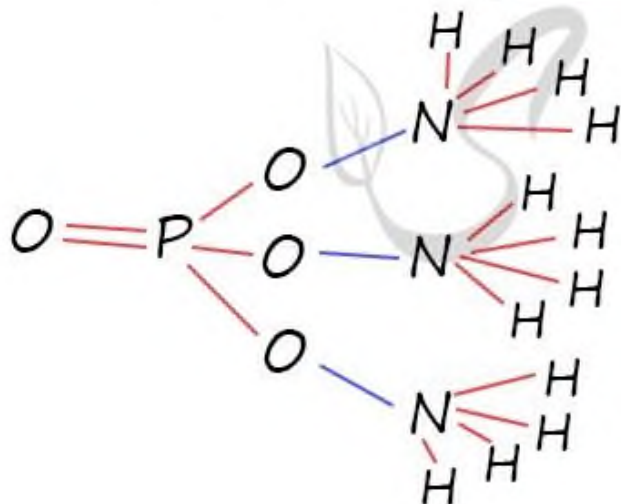
Часто в химии встречаются несколько связей внутри одной молекулы.

Рассмотрим, например, фосфат аммония, обозначив тип каждой связи внутри этой молекулы.

## Связи в фосфате аммония



Ионная  
Ковалентная



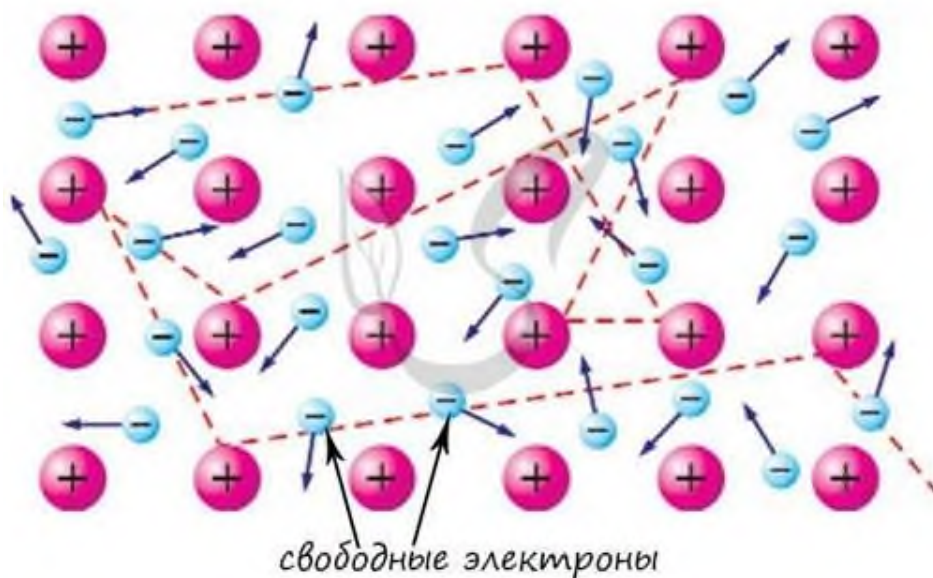
Между  
ионами -  
связь **ионная**,  
внутри  
ионов -  
**ковалентные**  
полярные  
связи

### 3. Металлическая связь

Металлическая связь - вид химической связи удерживающая вместе атомы металла. Этот тип связи выделен отдельно, так как его отличием является наличие высокой концентрации в металлах электронов проводимости - "электронного газа". По природе металлическая связь близка к ковалентной.

"Облако" электронов в металлах способно приходить в движение под различным воздействием. Именно оно является причиной электропроводности металлов.

### Металлическая связь



#### 4. Водородная связь

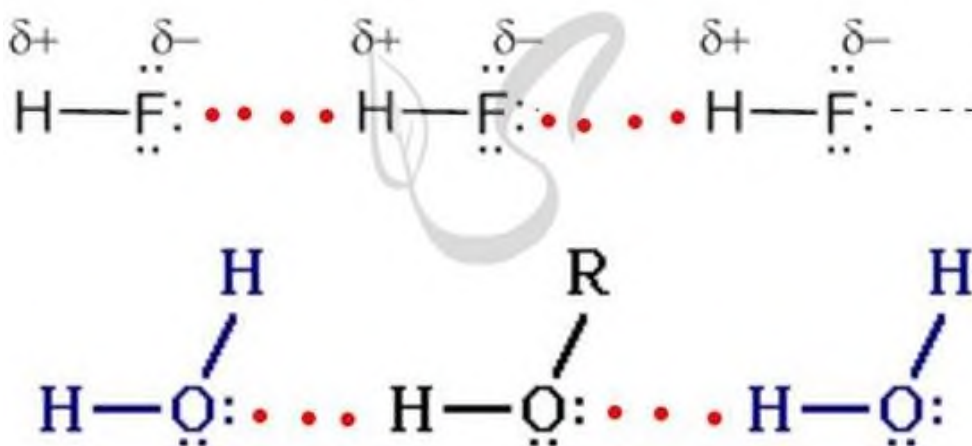
Водородная связь - вид химической связи, образующийся между некоторыми молекулами, содержащими водород. Одна из наиболее частых ошибок считать, что в самом газе, водороде, имеются водородные связи - это вовсе не так.

Водородные связи возникают между атомом водорода и другим более электроотрицательным атомом (O, S, N, C).

Необходимо осознать самую важную деталь: водородные связи образуются между молекулами, а не внутри. Они имеются между молекулами:

- $\text{H}_2\text{O}$
- $\text{NH}_3$
- $\text{HF}$
- Органических спиртов:  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ ,  $\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}$
- Органических кислот:  $\text{CH}_3\text{COOH}$ ,  $\text{C}_2\text{H}_5\text{COOH}$

*Водородные связи образуются  
между молекулами*



Отчасти за счет водородных связей наблюдается то самое исключение, связанное с усилением кислотных свойств в ряду галогеноводородных кислот:  $\text{HF} \rightarrow \text{HCl} \rightarrow \text{HBr} \rightarrow \text{HI}$ . Фтор является самым ЭО-ым элементов, сильно притягивает к себе атом водорода другой молекулы, что снижает способность кислоты отщеплять водород и снижает ее силу.



## Вопросы для самоконтроля

**Вопрос 1:** Что называют **атомом**?

- А) Часть молекулы
- В) Наименьшую частицу химического элемента, сохраняющую его химические свойства
- С) Самый маленький ион
- D) Основу всей материи

**Вопрос 2:** Из чего состоят атомы?

- А) Только из протонов
- В) Из положительно заряженного ядра и окруженных его электронов
- С) Только из нейтронов
- D) Из отрицательных частиц

**Вопрос 3:** Какие частицы определяют **атомный номер** элемента?

- А) Электроны
- В) Протоны
- С) Нейтроны
- D) Ядерные фотоны

**Вопрос 4:** Что такое молекула?

- А) Два или более атома, соединённые химически
- В) Одинокий атом
- С) Частица, несущая электрический заряд
- D) Группа ядер

**Вопрос 5:** Какой пример молекулы приведён в тексте?

- А) Алмаз
- В) Вода ( $\text{H}_2\text{O}$ )
- С) Калий
- D) Кислород ( $\text{O}_3$ )

**Вопрос 6:** Сколько типов кристаллических решеток существует согласно тексту?

- А) Три
- В) Четыре
- С) Пять
- D) Шесть

**Вопрос 7:** Назовите пример вещества с **ионной кристаллической решеткой**.

- А) Кремний
- В) Натрий-хлор (NaCl)
- С) Аммиак
- D) Ртуть

**Вопрос 8:** Почему вещества с **атомной кристаллической решеткой** твердые и прочностные?

- А) За счёт слабых межмолекулярных сил
- В) Благодаря свободным электронам
- С) Вследствие сильных ковалентных связей
- D) Через металлический блеска

**Вопрос 9:** Чем отличаются **молекулярные вещества** от остальных?

- А) Высокой температурой плавления
- В) Маленькими твёрдостью и прочностью
- С) Прочными внутримолекулярными связями
- D) Электрической проводимостью

**Вопрос 10:** Какой металл обладает самой низкой температурой плавления среди перечисленных?

- А) Бериллий (+1287°C)
- В) Ртуть (-38,9°C)
- С) Цинк (+419,5°C)
- D) Железо (+1538°C)

**Вопрос 11:** Что представляет собой **химическая связь**?

- А) Физическое соединение атомов
- В) Связь между элементами в таблице Менделеева
- С) Способ взаимодействия атомов посредством электронов
- D) Механизм разделения атомов

**Вопрос 12:** Какая связь образуется между атомами одинаковой электроотрицательности?

- А) Ионная
- В) Водородная
- С) Ковалентная неполярная
- D) Металлическая

**Вопрос 13:** Между какими веществами образуется **донорно-акцепторная связь**?

- А) Между всеми простыми веществами
- В) Внутри солей
- С) Только в органических соединениях
- D) Исключительно в газах

**Вопрос 14:** Где встречается **водородная связь**?

- А) Внутри молекул  $H_2$
- В) Между молекулами воды ( $H_2O$ )
- С) Во всех металлических соединениях
- D) Только в газообразных веществах

**Вопрос 15:** Что характерно для **металлической связи**?

- А) Наличие электронного облака
- В) Отсутствие подвижных электронов
- С) Высокая температура кипения и плавления
- D) Неполярные молекулы

**Вопрос 16:** Почему вода кипит при относительно низкой температуре?

- А) Из-за её прочности
- В) Благодаря сильным водородным связям
- С) Потому что это простая молекула
- D) В результате отсутствия химических связей

**Вопрос 17:** Что вызывает **пластичность металлов**?

- А) Структурная слабость
- В) Свободные электроны
- С) Постоянные атомные структуры
- D) Высокое содержание кислорода

**Вопрос 18:** Что означает термин "**полярная ковалентная связь**"?

- А) Когда атомы одинаково делятся электронами
- В) Когда электронная плотность смещена к одному атому
- С) Связь исключительно между металлами
- D) Связь, формируемая при высоких температурах

**Вопрос 19:** Для какого типа связи характерны сильные силы притяжения между ионами?

- А) Ковалентная полярная
- В) Ионная
- С) Водородная
- D) Донорно-акцепторная

**Вопрос 20:** Какое утверждение верно описывает образование **молекулярной кристаллической решетки**?

- А) Образование связано с сильными межмолекулярными связями
- В) Решетка характеризуется слабыми межмолекулярными связями
- С) Решетка основана на сильном электростатическом взаимодействии
- D) Эта структура присуща исключительно благородным газам

**Вопрос 21:** Какова особенность **ионной связи**, объясняющая её сильное воздействие на физические свойства веществ?

- А) Формирование крупных устойчивых структур благодаря электрическому притяжению
- В) Возможность формирования гибких материалов
- С) Быстрая деградация структуры при нагревании
- D) Низкая энергетическая стабильность

**Вопрос 22:** Почему вещества с **атомной кристаллической решеткой** обладают высокой температурой плавления?

- А) Их молекулы быстро разрушаются при нагревании
- В) Атомы слабо связаны друг с другом
- С) Вещества содержат много примесей

**Вопрос 23:** В чём заключается разница между **ковалентной полярной и неполярной связью**?

- А) Разница только в количестве участвующих электронов
- В) В полярной связи электронная плотность распределена неравномерно, в неполярной – равномерно
- С) Отличие лишь в скорости образования связи
- D) Нет никакой разницы

**Вопрос 24:** Почему некоторые соединения демонстрируют **донорно-акцепторный механизм** образования связи?

- А) Поскольку оба атома вносят равное количество электронов
- В) Один атом жертвует электронную пару, а другой принимает её
- С) Из-за наличия свободных радикалов
- D) Так проявляется влияние окружающей среды

**Вопрос 25:** Почему **водородные связи** играют ключевую роль в повышении температур кипения воды и многих органических жидкостей?

- А) Повышают способность веществ удерживать больше тепла
- В) Образуют дополнительные слабые связи между молекулами, увеличивающие энергию разрыва
- С) Ослабляют внутренние силы молекулы

- D) Привносят посторонние примеси

### Ответы на вопросы:

**Вопрос      Правильный ответ**

|          |          |           |          |           |          |
|----------|----------|-----------|----------|-----------|----------|
| <b>1</b> | <b>В</b> | <b>10</b> | <b>В</b> | <b>19</b> | <b>В</b> |
| <b>2</b> | <b>В</b> | <b>11</b> | <b>С</b> | <b>20</b> | <b>В</b> |
| <b>3</b> | <b>В</b> | <b>12</b> | <b>С</b> | <b>21</b> | <b>А</b> |
| <b>4</b> | <b>А</b> | <b>13</b> | <b>В</b> | <b>22</b> | <b>А</b> |
| <b>5</b> | <b>В</b> | <b>14</b> | <b>В</b> | <b>23</b> | <b>В</b> |
| <b>6</b> | <b>В</b> | <b>15</b> | <b>А</b> | <b>24</b> | <b>В</b> |
| <b>7</b> | <b>В</b> | <b>16</b> | <b>В</b> | <b>25</b> | <b>В</b> |
| <b>8</b> | <b>С</b> | <b>17</b> | <b>В</b> |           |          |
| <b>9</b> | <b>В</b> | <b>18</b> | <b>В</b> |           |          |

### Список рекомендуемой литературы

1. Габриелян О.С. Химия. 11-й класс. Базовый уровень: учебник / О.С.Габриелян, И.Г.Остроумов, С.А.Сладков. — 6-е изд., стер. — Москва: Просвещение, 2024. — 127, [1] с.: ил. — ISBN 978-5-09-112177-3. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.ru/catalog/product/2157262>
2. Пузаков, С. А. Химия. 11 класс. Углублённый уровень: учебник / С.А.Пузаков, Н.В.Машнина, В.А.Попков. - 4-е изд. - Москва: Издательство "Просвещение", 2022. - 322 с. - ISBN 978-5-09-101664-2. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.ru/catalog/product/2090483>
3. Атомы и электроны, подготовка к ЕГЭ по Химии « Studarium» URL: <https://studarium.ru/article/144>
4. Типы кристаллических решеток - Умскул Учебник URL: <https://umschool.net/library/himiya/tipy-kristallicheskih-reshetok/>
5. Строение вещества. виды химической связи Образовательная социальная сеть URL: <https://nsportal.ru/npo-spo/estestvennyye-nauki/library/2021/09/02/stroenie-veshchestva-vidy-himicheskoy-svyazi>
6. Кристаллическая решетка — что это? Типы и свойства URL: <https://skysmart.ru/articles/chemistry/kristalicheskaya-reshetka>