

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 ЦК ОТП

Протокол №6 от 18.11.2025г.

Председатель ЦК ОТП: Семёнов /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 ознакомится о составе простых и сложных веществ.

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

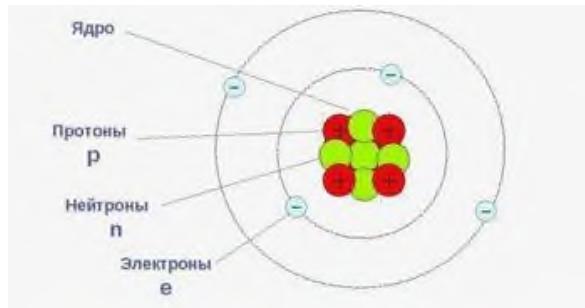
Строение вещества

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:

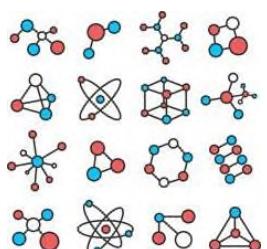
- Количество протонов в ядре определяет атомный номер элемента и его химические свойства.
- Электроны участвуют в химических реакциях и образовании химических связей между атомами.

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.

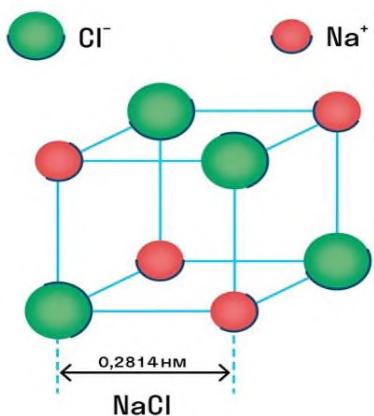
Ионная решетка — это кристаллическая структура, в узловых точках которой находятся ионы, связанные взаимным притяжением.

Ионную кристаллическую решетку имеют практически все соли, типичным представителем можно считать поваренную соль 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 CaO , оксид магния MgO , хлорид аммония NH_4Cl , хлорид магния MgCl_2 , оксид лития Li_2O и другие.

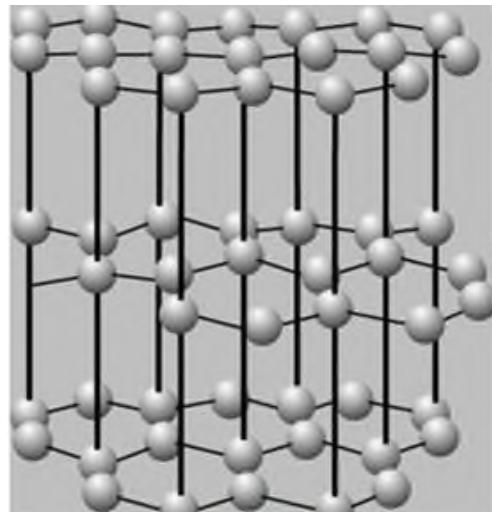
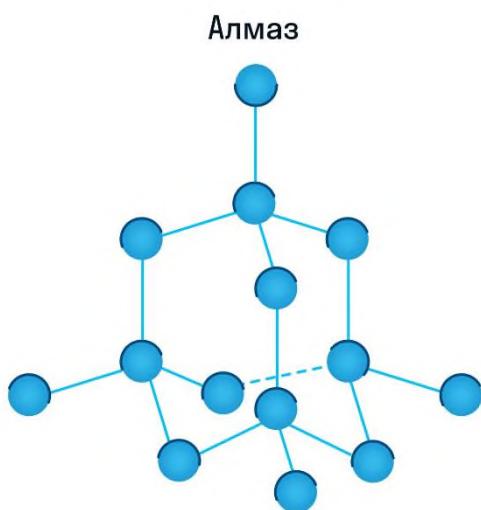


2. Атомная кристаллическая решетка.

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,
твердость,
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 CO_2 , способны преобразоваться в газ сразу из твердого состояния, минуя жидкое (данный процесс называется возгонкой).

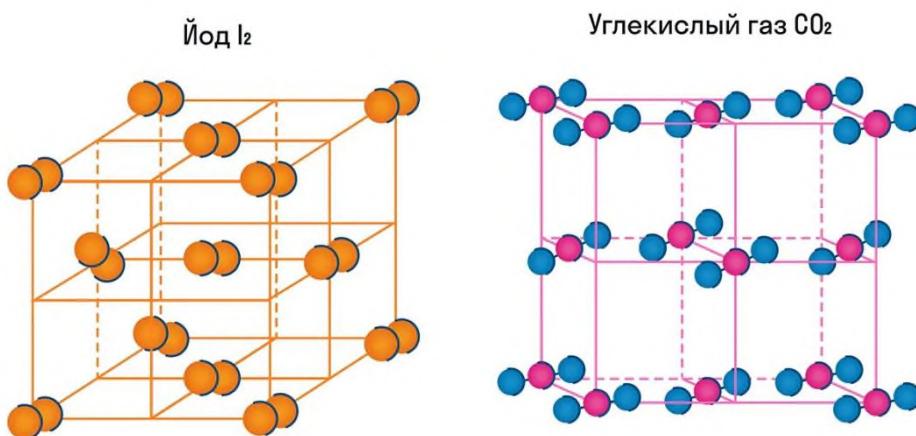
Свойства молекулярных веществ:

небольшая твердость;

низкая прочность;

легкоплавкость;

летучесть; у некоторых — наличие запаха.



Помимо воды к веществам с молекулярной кристаллической решеткой относятся аммиак NH_3 , гелий He , радон Rn , йод I_2 , азот 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;

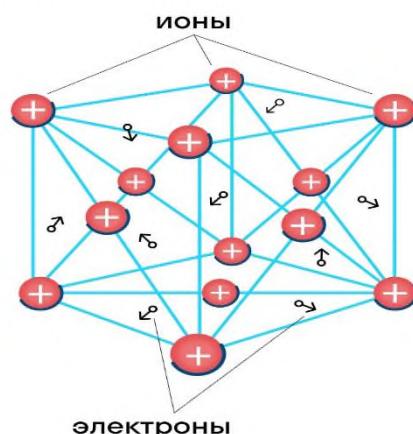
хорошая ковкость;

высокая теплопроводность;

электропроводность.

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

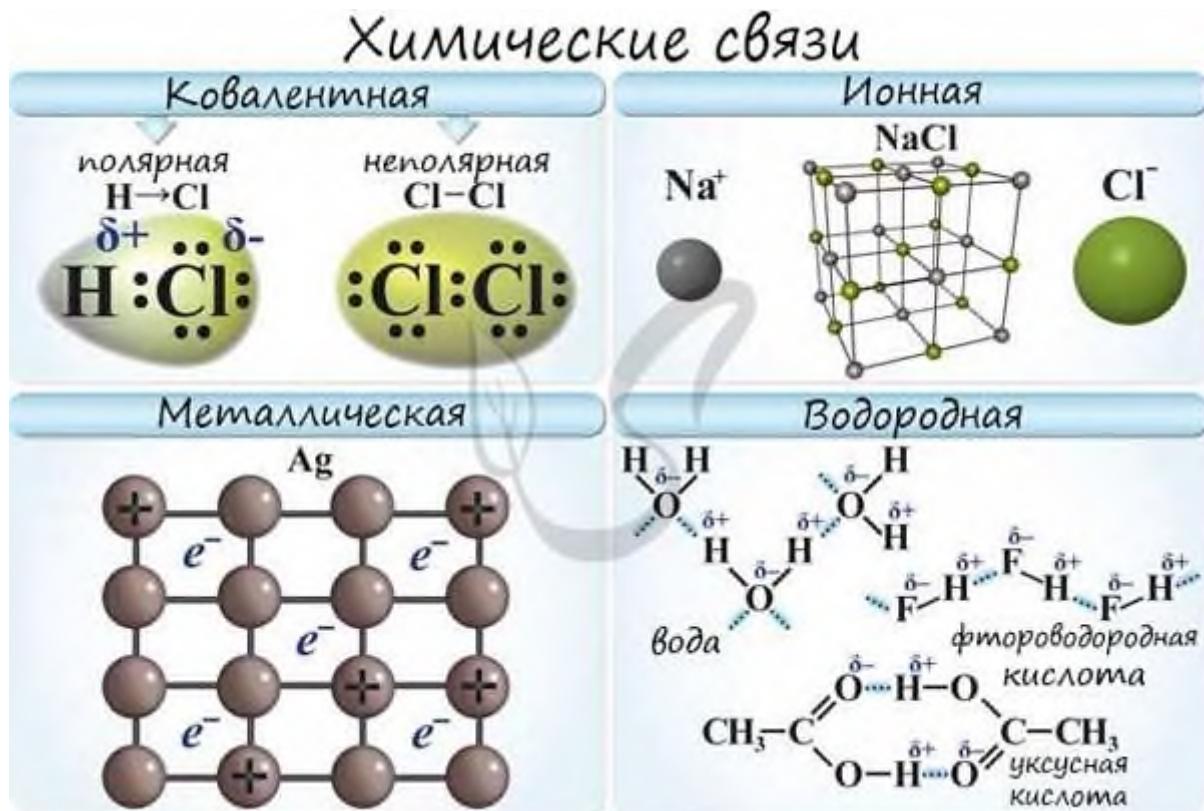
Металлическая кристаллическая решетка



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 (Cl_2 , Br_2 , O_2), органических веществ (C_2H_2), а также, в общем случае, между атомами неметалла и другого неметалла (NH_3 , H_2O , 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: Cl_2 , O_2 , H_2 , N_2 , I_2 .

Ковалентная неполярная

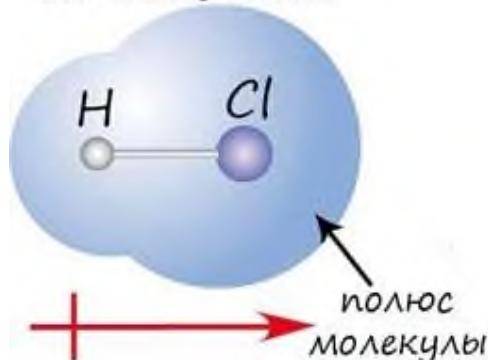
- одинаковые значения
ЭО-ости у атомов



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: HCl , HBr , HI , NH_3 , H_2O .

Ковалентная полярная

- разные значения
ЭО-ости у атомов



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

Обменный механизм

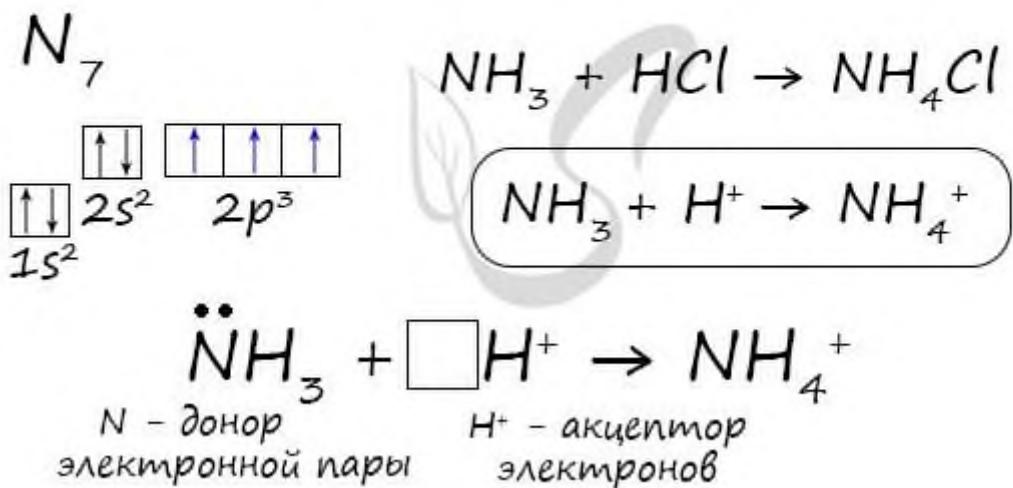


Существует донорно-акцепторный механизм образования ковалентной связи, при котором один атом выступает в качестве донора неподеленной электронной пары. Другой атом не тратит свои электроны, а только лишь предоставляет орбиталь (ячейку) для этой электронной пары.

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:

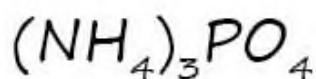
NaF, CaCl₂, MgF₂, Li₂S, BaO, RbI.

Большой подсказкой служит таблица растворимости, ведь все соли имеют ионные связи: CaSO₄, Na₃PO₄. Даже ион аммония не исключение, между катионом аммония и различными анионами образуются ионные связи, например в соединениях: NH₄I, NH₄NO₃, (NH₄)₂SO₄.

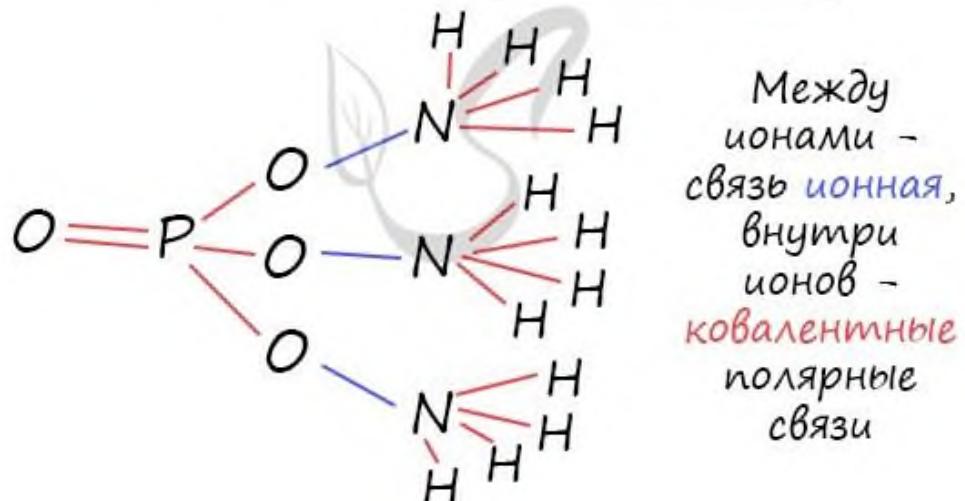
Часто в химии встречаются несколько связей внутри одной молекулы.

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

Связи в фосфате аммония



Ионная
Ковалентная

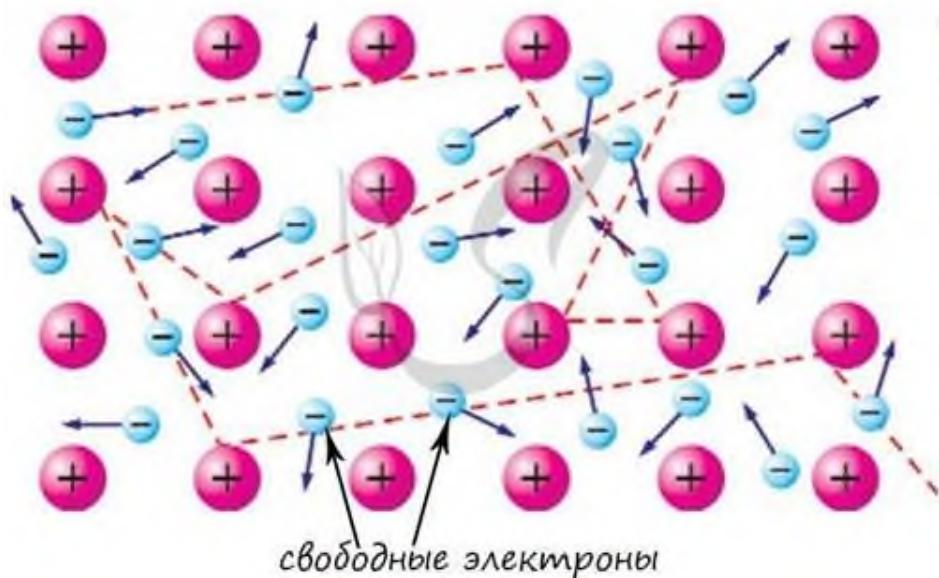


3. Металлическая связь

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

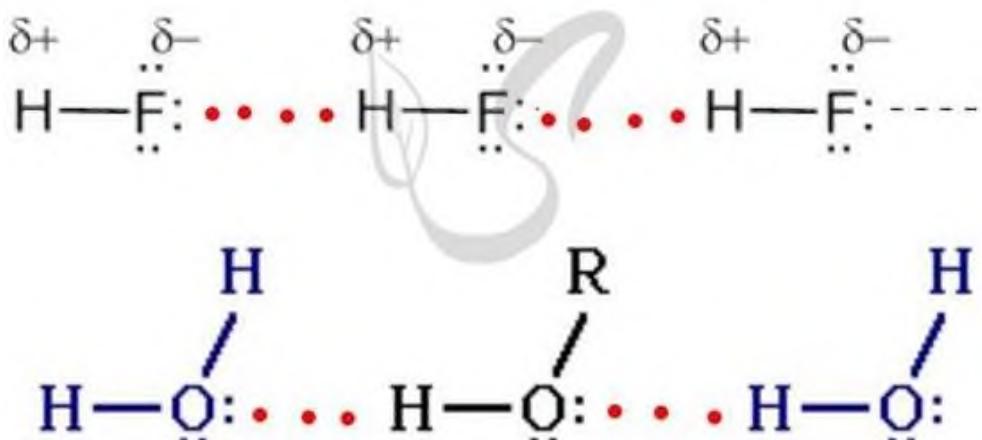
Водородная связь - вид химической связи, образующийся между некоторыми молекулами, содержащими водород. Одна из наиболее частых ошибок считать, что в самом газе, водороде, имеются водородные связи - это вовсе не так.

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:

- H₂O
- NH₃
- HF
- Органических спиртов: C₂H₅OH, C₃H₇OH
- Органических кислот: CH₃COOH, C₂H₅COOH

*Водородные связи образуются
между молекулами*



Отчасти за счет водородных связей наблюдается то самое исключение, связанное с усилением кислотных свойств в ряду галогеноводородных кислот: HF → HCl → HBr → 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
- Д) 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
- Д) Из отрицательных частиц

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

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

Вопрос 4: Что такое молекула?

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

Вопрос 5: Какой пример молекулы приведён в тексте?

- А) Алмаз
- В) Вода (H2O)
- С) Калий
- Д) Кислород (O3)

Вопрос 6: Сколько типов кристаллических решеток существует согласно тексту?

- A) Три
- B) Четыре
- C) Пять
- D) Шесть

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

- A) Кремний
- B) Натрий-хлор (NaCl)
- C) Аммиак
- D) Ртуть

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

- A) За счёт слабых межмолекулярных сил
- B) Благодаря свободным электронам
- C) Вследствие сильных ковалентных связей
- D) Через металлический блеска

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

- A) Высокой температурой плавления
- B) Маленькой твёрдостью и прочностью
- C) Прочными внутримолекулярными связями
- D) Электрической проводимостью

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

- A) Бериллий (+1287°C)
- B) Ртуть (-38,9°C)
- C) Цинк (+419,5°C)
- D) Железо (+1538°C)

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

- A) Физическое соединение атомов
- B) Связь между элементами в таблице Менделеева
- C) Способ взаимодействия атомов посредством электронов
- D) Механизм разделения атомов

Вопрос 12: Какая связь образуется между атомами одинаковой электроотрицательности?

- A) Ионная
- B) Водородная
- C) Ковалентная неполярная
- D) Металлическая

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

- A) Между всеми простыми веществами
- B) Внутри солей
- C) Только в органических соединениях
- D) Исключительно в газах

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

- A) Внутри молекул H_2
- B) Между молекулами воды (H_2O)
- C) Во всех металлических соединениях
- D) Только в газообразных веществах

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

- A) Наличие электронного облака
- B) Отсутствие подвижных электронов
- C) 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
- Д) В результате отсутствия химических связей

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

- А) Структурная слабость
- В) Свободные электроны
- С) Постоянные атомные структуры
- Д) 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
- Д) Связь, формируемая при высоких температурах

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

- А) Ковалентная полярная
- В) Ионная
- С) Водородная
- Д) 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
- Д) 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
- Д) 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
- Д) 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
- Д) 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

1	B	10	B	19	B
2	B	11	C	20	B
3	B	12	C	21	A
4	A	13	B	22	A
5	B	14	B	23	B
6	B	15	A	24	B
7	B	16	B	25	B
8	C	17	B		
9	B	18	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-kristallicheskikh-reshetok/>
5. Строение вещества. виды химической связи Образовательная социальная сеть URL: <https://nsportal.ru/npo-spo/estestvennye-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>