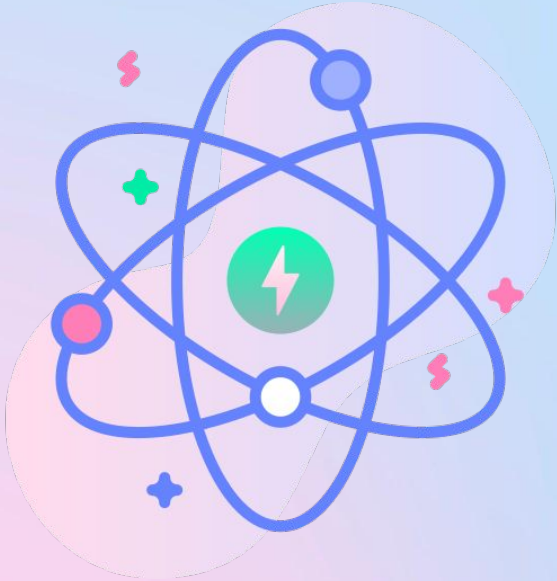
# Занятие 3.



Химические связи

Кристаллические решетки

Свойства кристаллических решеток

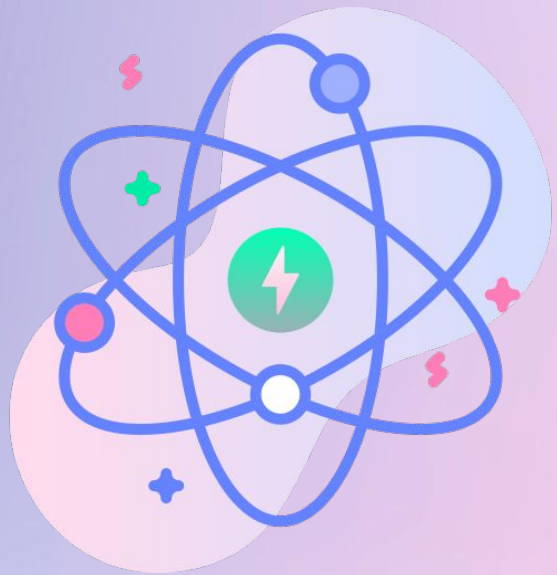
Характеристики связей

Задание 4

# Задание 4.

ФИПИ о задании №4:

- Ковалентная химическая связь, её разновидности и механизмы образования
- Характеристики ковалентной связи (полярность и энергия связи)  - Ионная связь
- Металлическая связь
- Водородная связь
- Вещества молекулярного и немолекулярного строения
- Тип кристаллической решётки
- Зависимость свойств веществ от их состава и строения



**4** Из предложенного перечня выберите два вещества молекулярного строения с ковалентной полярной связью.

1) $Na_2SO_4$
2) HCOOH
3) $CH_4$
4) CaO
5) $Cl_2$

Запишите номера выбранных ответов.

Ответ: ☐☐

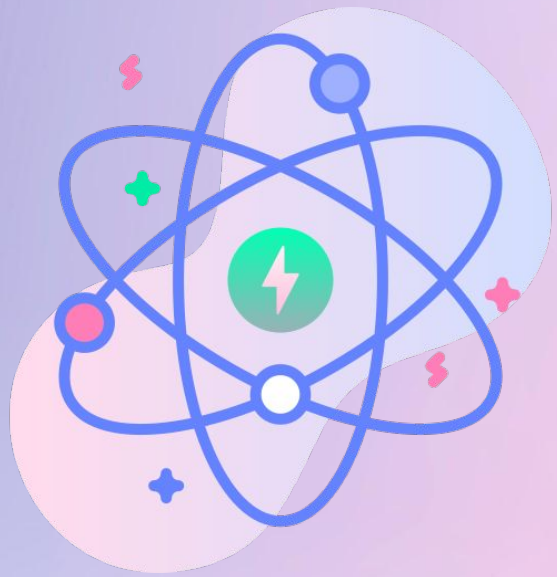
2023

# К тому, что уже было о связях

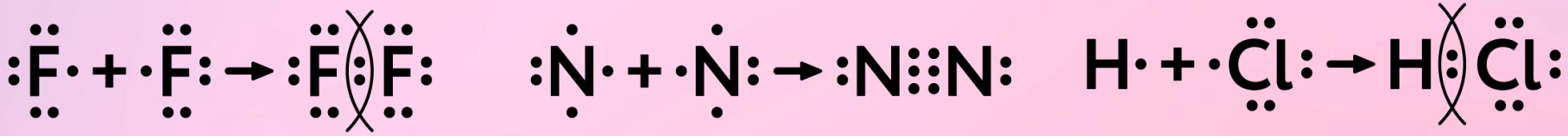
- Взаимодействия между атомами могут внутри- и межмолекулярными
- К внутримолекулярным взаимодействия относят химическую связь
- **Химическая связь** - взаимодействие атомов, осуществляемое путем обмена электронами или их перехода от одного атома к другому
- Выделяют 4 вида химической связи: ковалентная(полярная и неполярная), ионная, металлическая и водородная
- У ковалентно связи есть 2 механизма образования: обменный и донорно-акцепторный
- У химической связи есть важнейшая характеристика - **энергия связи** (энергия, которая выделяется при образовании связи или требуется для ее разрыва)

**А теперь чуть подробнее**

**Ковалентная связь**



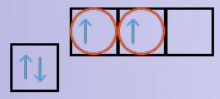
**Ковалентная связь** возникает в ходе образования общих электронных пар.
**Полярная ковалентная связь** образуется между атомами с большой разницей в электроотрицательности. Примеры: HNO3, V2O5
**Неполярная ковалентная связь** образуется между атомами с очень маленькой разницей в электроотрицательности( как правило, между молекулами состоящими из одних и тех же атомов) Примеры: Br2, O3, I2



– свободная атомная орбиталь

– неспаренный электрон

– электронная пара



два неспаренных электрона, валентность равна 2

валентность может увеличиться на 1
2 + 1 = 3

**Как образуются общие электронные пары?**

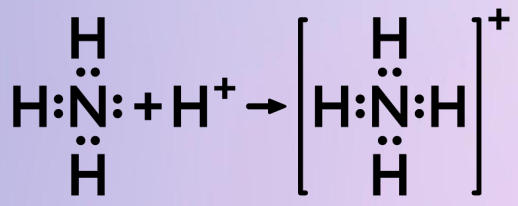
1)

у каждого атома неспаренный электрон, они образуют общую электронную пару

2)

донор акцептор

у одного атома (донора) электронная пара, а у другого атома (акцептора) свободная атомная орбиталь, они образуют общую электронную пару



Существует 2 механизма образования связи:
- Обменный
- Донорно-акцепторный

**Донор** - элемент, который имеет пару электронов

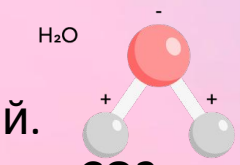
**Акцептор** - элемент, который имеет вакантную орбиталь

Классическим примером образования связи по донорно-акцепторному механизму является ион аммония.

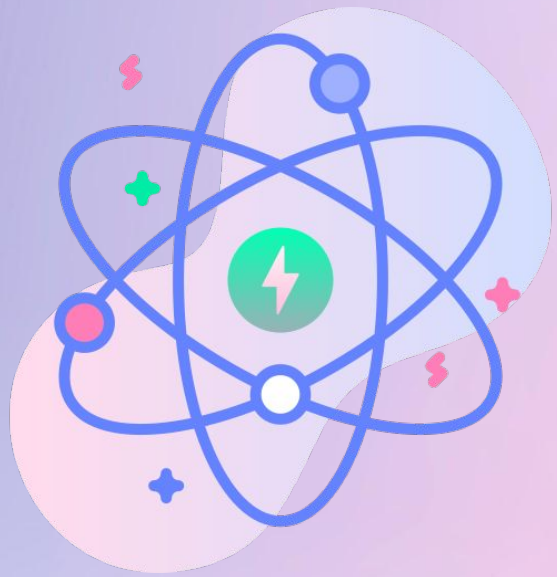
## Характеристики ковалентной связи

1. **Полярность.** Она характеризует неравномерность распределения между атомами электронной плотности, образованной общими электронными парами. Чем больше разность электроотрицательностей(ЭО) атомов, тем в большей степени происходит смещение общей электронной пары, тем выше **полярность** связи.

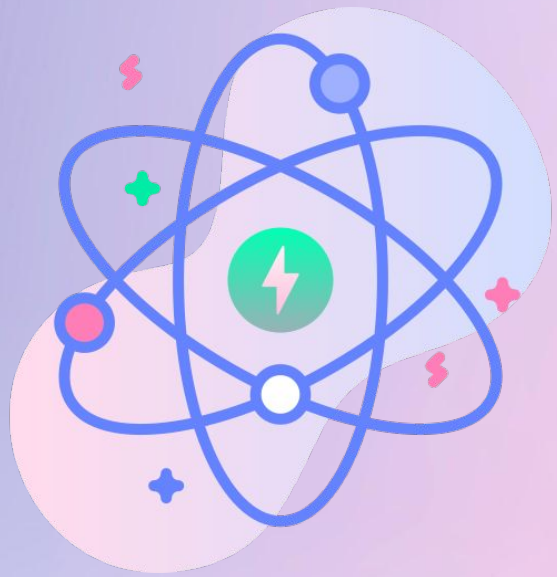
Так как ЭО O сильно выше, чем у H или C, то происходит смещение электронной плотности, за счет чего один атом приобретает частичный отрицательный заряд, а другой - частично положительный.




Такие молекулы называются **диполями**. Однако рассмотрим молекулу CO2. Она будет являться неполярной, так как смещение электронной плотности происходит в двух направлениях и они друг друга компенсируют



2. **Энергия связи**( да, да, та самая, про которую мы уже вспоминали).
3. **Длина связи** - расстояние между ядрами атомов, участвующих в образование связи. Чем больше длина связи, тем хуже атомы взаимодействуют и тем проще такую связь разорвать. Как следствие у нее должна быть меньше энергия.
4. **Кратность связи** - число общих электронных пар, возникших между атомами. Чем выше кратность связи, тем больше её энергия и тем меньше длина, т. е. тем она прочнее.
5. **Направленность связи.** Ковалентная связь образуется при перекрывании электронных орбиталей, которые в пространстве расположены определенным образом. Угол между линиями, соединяющими связанные атомы называется валентным углом. Зная валентные углы можно определить форму молекулы.
6. **Насыщаемость связи.** Число неспаренных электронов любого элемента ограничено, значит и количество связей, которое он может образовать тоже



| Связь | Длина связи | Энергия |
|---|---|---|
| С-Н | 0.109 | 415 |
| С-С | 0.154 | 348 |
| С=С | 0.133 | 620 |
| Тройная С-С | 0.120 | 810 |
| С-О | 0.143 | 340 |
| С=О | 0.121 | 710 |
| О-Н | 0.096 | 465 |

# Ионная связь

Ионная связь - связь, которая возникает между атомами с большой разницей в ЭО. Можно сказать, что ионная связь - крайний случай ковалентной полярной связи. При этом электрон от менее электроотрицательного атома как будто полностью переходит на более электроотрицательный атом, но на самом деле полного перехода не происходит

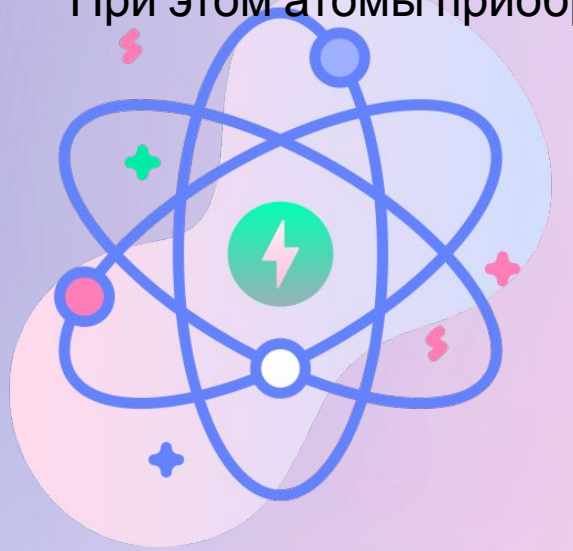
Ионная связь возникает между атомами типичных металлов и типичных неметаллов

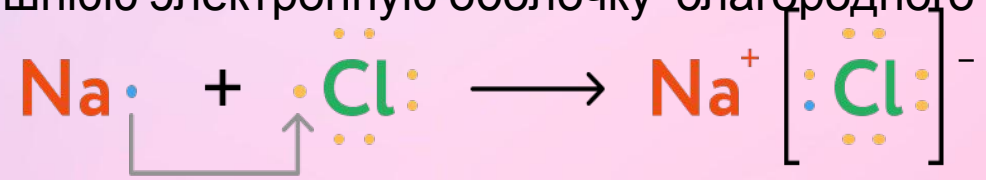
В результате отдачи или присоединения электронов из нейтральных атомов или молекул образуются ионы.

**Ионы**- заряженные частицы, образующиеся из нейтральных атомов или молекул путём отдачи или присоединении электронов.

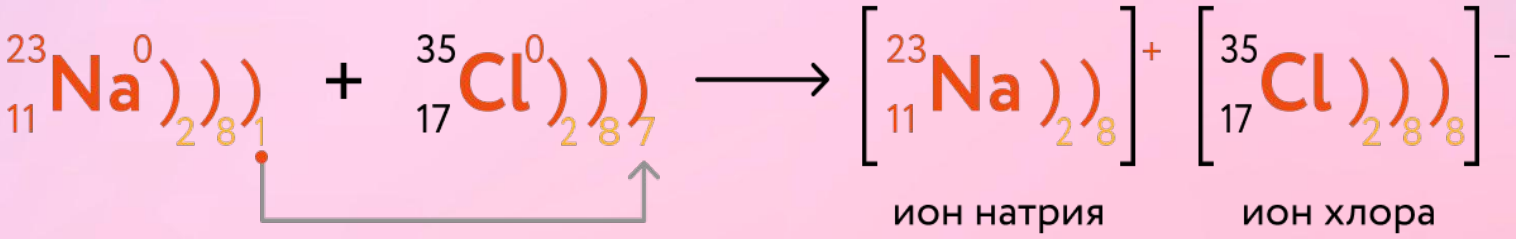
При отдаче электронов образуется + заряженный ион — *катион*, при присоединении — -ион — *анион*.

При этом атомы приобретают внешнюю электронную оболочку благородного газа.

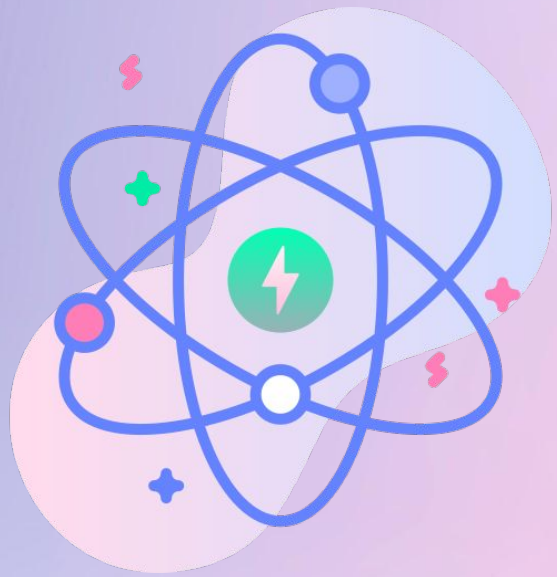





или



Ионы могут состоять как из одного атома, так и из группы атомов. Например, кристаллы сульфата натрия образованы положительными ионами натрия и отрицательными сульфат-ионами. При этом в сульфате натрия существует два вида связи: между ионами Na+ и SO4(2-) связь ионная, а в ионе SO4(2-) — ковалентная полярная.
Разноименные ионы притягиваются друг к другу, образуя ионные кристаллы. В основе такого притяжения лежит кулоновское взаимодействие, которое равнонаправлено во все стороны. Поэтому ионная связь, в отличие от ковалентной, характеризуется **ненаправленностью** и **ненасыщаемостью**. Вследствие этого понятие валентности как число связей в ионных соединениях теряет смысл.



В кристаллах ионного соединения противоположно заряженные ионы чередуются. Число ближайших соседей данного иона в решётке называют **координационным числом.**
В ионных соединениях нет отдельных молекул, поэтому формула ионного соединения выражает не состав молекулы, а соотношение катионов и анионов.
Ионы связаны между собой прочными силами электростатического притяжения, поэтому ионные соединения твёрдые, обладают высокими температурами плавления и кипения.

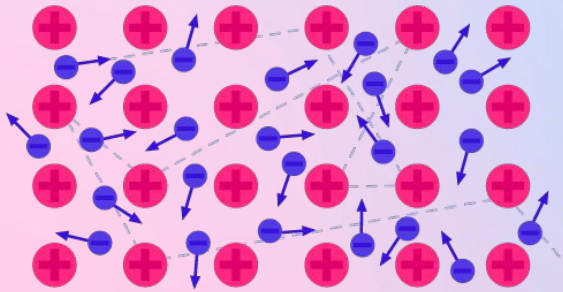
# Металлическая связь

Общие свойства металлов: металлический блеск, высокая тепло- и электропроводность, ковкость, пластичность. Они имеются благодаря наличию металлической связи

**Металлическая связь** - связь между положительными ионами металлов и общими электронами, которые свободно движутся по всему объёму.

Металлическая связь существует в простых веществах металлах (в твёрдом или расплавленном состоянии), сплавах металлов. Металлическая связь может существовать только в веществах, но не между отдельными атомами.

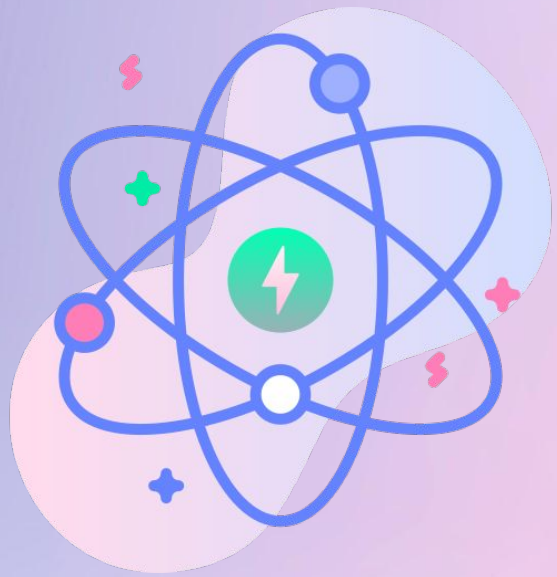
Следует отметить, что в действительности атомы в металлах ионизованы частично, электронные облака, которые они отдают в общее пользование, принадлежат и данному атому.



Металлическая связь имеет сходство как с ионной, так и с ковалентной связью.

Сходство с ионной связью заключается в том, ионная связь образуется за счёт взаимодействия между заряженными частицами: электронами и ионами.

Как и в случае ковалентной связи, при образовании металлической связи происходит обобществление электронов.



Однако в отличие от ковалентной связи, где электроны локализованы около определенных атомов, электроны в металлах обобществляются между всеми атомами кристалла, т. е. металлическая связь *делокализована*.

Металлическая связь, в отличие от ковалентной связи , *ненасыщаема*, так как она объединяет большое число атомов

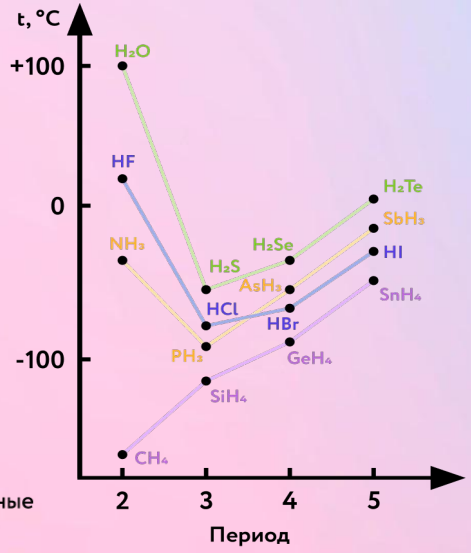
# Водородная связь

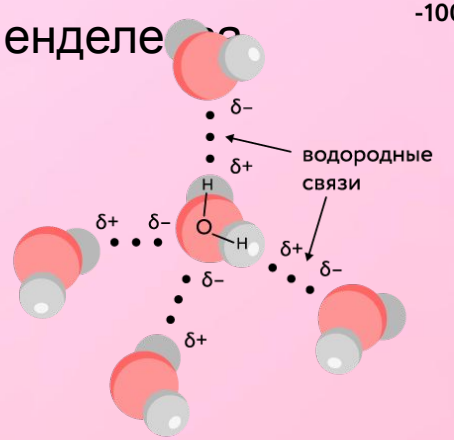
**Водородная связь** - связь между электроотрицательным атомом и атомом водорода, связанным ковалентно с другим электроотрицательным атомом.

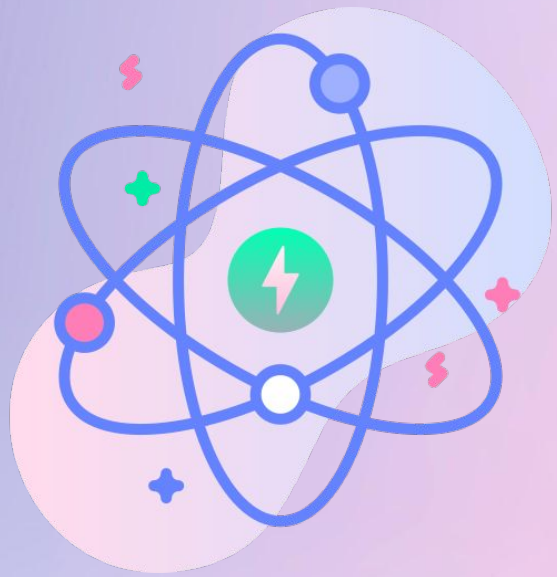
Водородная связь возникает тогда, когда атом водорода связан с электроотрицательным атомом, смещающим на себя электронную плотность и создающим при этом положительный заряд на атоме водорода. В качестве электроотрицательных атомов могут выступать фтор, кислород или азот. Водородная связь может возникать, если существует полярная связь, а у атома 2 периода есть свободная электронная пара. Таким образом, водородная связь имеет частично электростатическую, частично донорно-акцепторную природу.

Водородная связь возникает, например, между молекулами воды, аммиака и фтороводорода.

Существование водородных связей между молекулами этих соединений обусловливает аномально высокие температуры кипения и плавления этих веществ по сравнению с соответствующими водородными соединениями элементов этих же групп периодической таблицы Д.И. Менделеева.



# Добавим немного практики

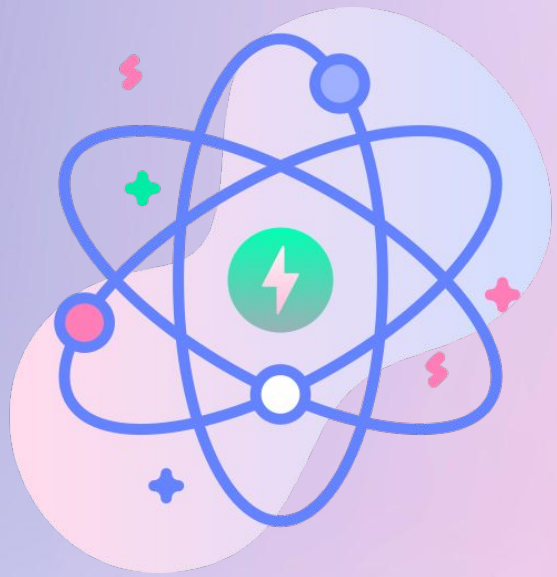
**4** Из предложенного перечня выберите два атома между которыми образуется ковалентная полярная связь.

1) O
2) S
3) Na
4) K
5) Ca

Запишите в поле ответа номера выбранных атомов.

Ответ: | | |

Ответ: 12



**4** Из предложенного перечня выберите два вещества, в которых присутствует ковалентная неполярная химическая связь.

1) натрий
2) пероксид натрия
3) оксид натрия
4) фторид натрия
5) фтор

Запишите в поле ответа номера выбранных веществ.

Ответ: | | |

Ответ: 25

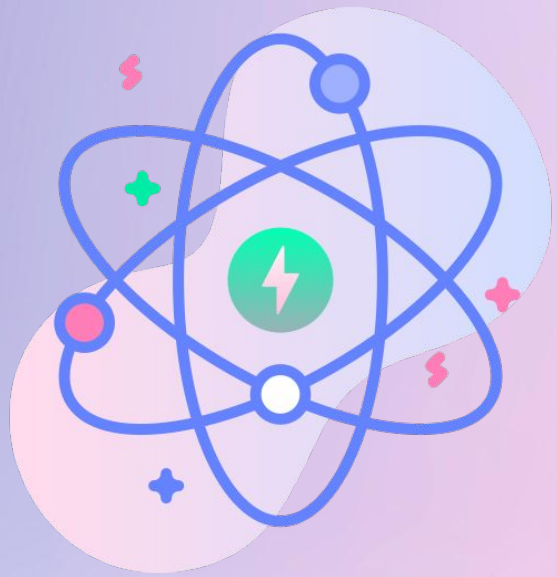
**4** Из предложенного перечня выберите два вещества, в которых присутствует ковалентная полярная химическая связь.

1) метанол
2) иодид калия
3) белый фосфор
4) ацетат калия
5) оксид калия

Запишите в поле ответа номера выбранных веществ.

Ответ: | | |

Ответ: 14



**4** Из предложенного перечня выберите два соединения, между молекулами которых образуется водородная связь.

1) $C_2H_4$
2) $NH_3$
3) $SiH_4$
4) $CH_3OH$
5) $CH_3COOCH_3$

Запишите в поле ответа номера выбранных веществ.

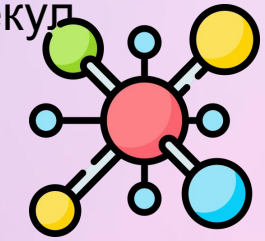
Ответ: | | |

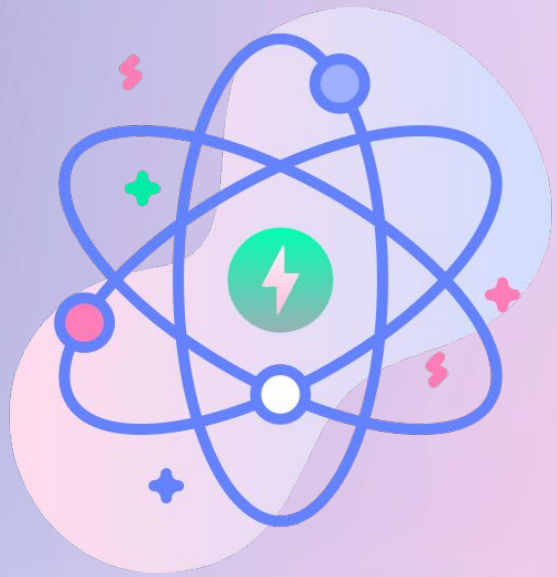
Ответ: 24

# Вещества молекулярного и немолекулярного строения

## Вещества

Молекулярного строения.
Состоят из молекул

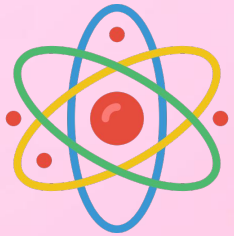




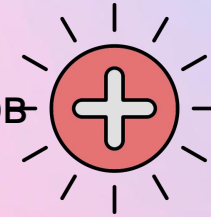
Свойства:
- низкая температура кипения и плавления
- при нормальных условиях могут находиться в разных агрегатных состояниях

Немолекулярного строения.

Состоят из атомов



Состоят из ионов



Свойства:
- высокие температура плавления и кипения
- прочность

**4** Из предложенного перечня выберите два вещества молекулярного строения в которых присутствует ковалентная связь, образованная по донорно-акцепторному механизму.

1) пероксид водорода
2) угарный газ
3) азотная кислота
4) хлорид аммония
5) кислород

ЕГЭ 100 БАЛЛОВ
ВСЕРОССИЙСКИЙ ШКОЛЬНЫЙ ПРОЕКТ
VK.COM/EGE100BALLOV

Ответ: 23

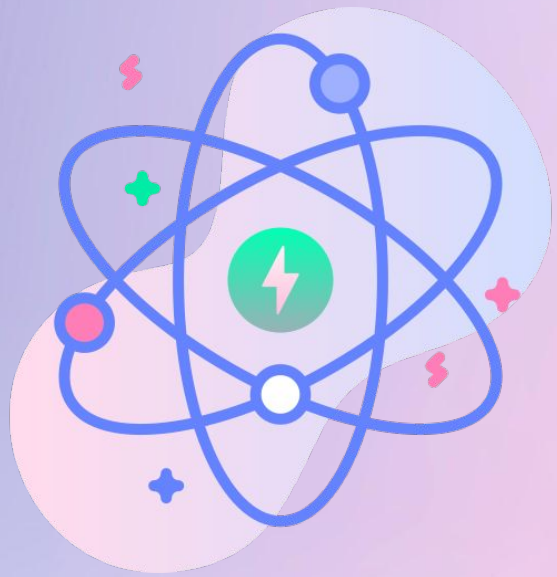
**4** Из предложенного перечня выберите два вещества молекулярного строения с ковалентной полярной связью.

1) муравьиная кислота
2) сульфат натрия
3) метан
4) оксид кальция
5) хлор

Запишите в поле ответа номера выбранных веществ.

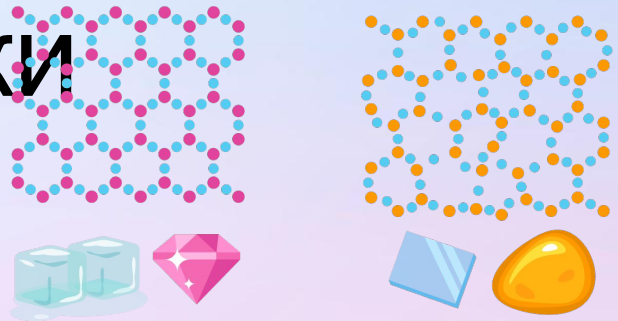
Ответ: | | |

ЕГЭ 100 БАЛЛОВ
ВСЕРОССИЙСКИЙ ШКОЛЬНЫЙ ПРОЕКТ
VK.COM/EGE100BALLOV



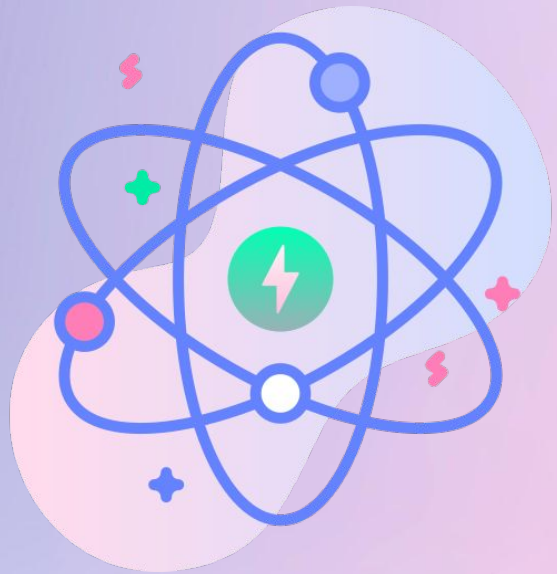
Ответ: 13

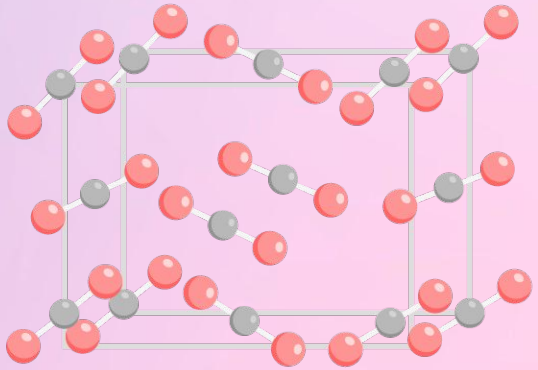
# Кристаллические решетки



От строения вещества зависит тип его кристаллической решетки. Если вещество молекулярного строения, то и решетка у него будет молекулярная. Если вещество немолекулярного строения, то его кристаллическая решетка может быть атомной, ионной или металлической.
**Кристаллическая решетка** - правильная геометрическая структура, которую образуют расположенные в строгом порядке частицы в кристаллах.
**Узлы кристаллической решётки -** точки, в которых размещены частицы кристалла (атомы, молекулы, ионы).
У разных решеток - разные свойства

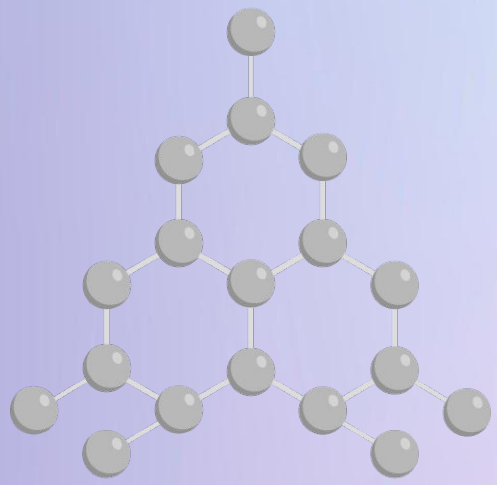
Вещества могут быть кристаллическими(1) и аморфными(2).





**Свойства молекулярной кристаллической решетки**

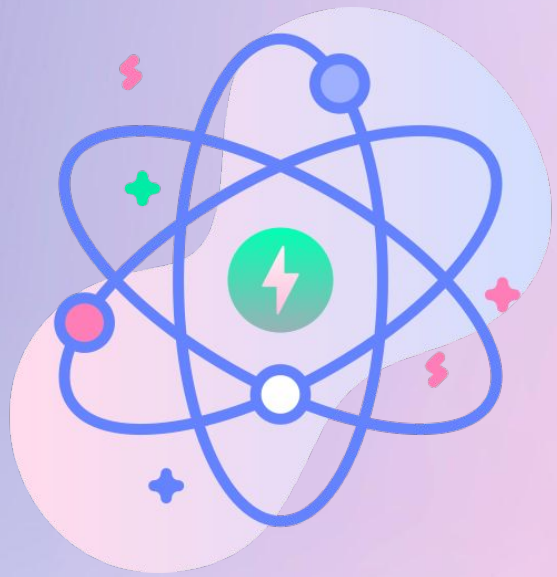
В узлах **молекулярной** кристаллической решётки находятся молекулы веществ, между которыми действуют слабые межмолекулярные силы. При комнатной температуре вещества с молекулярной решёткой являются газами, легко кипящими жидкостями или легкоплавкими твёрдыми телами, они летучие, часто имеют запах. Многие вещества с молекулярной кристаллической решёткой способны к возгонке — переходу из твёрдого состояния в газообразное, минуя жидкое.

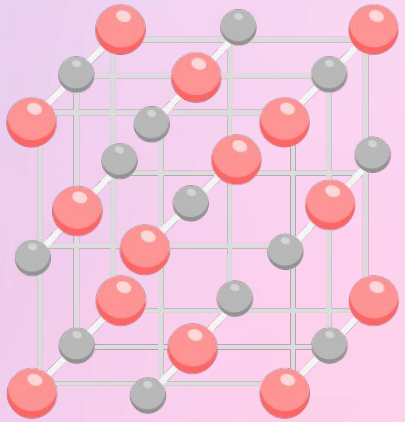


В узлах **атомной** кристаллической решётки находятся атомы, связанные ковалентными полярными или неполярными связями. Атомная кристаллическая решётка характерна для углерода,бора,кремния, германия,оксида кремния (кремнем, кварц, речной песок), карбида кремния (карборунд), нитрида бора.

Для веществ с атомной кристаллической решёткой характерны следующие свойства:

- высокая твёрдость;
- высокие температуры плавления;
- не проводят электрический ток даже в расплаве
- нерастворимость в воде;
- нелетучесть;
- отсутствие запаха.

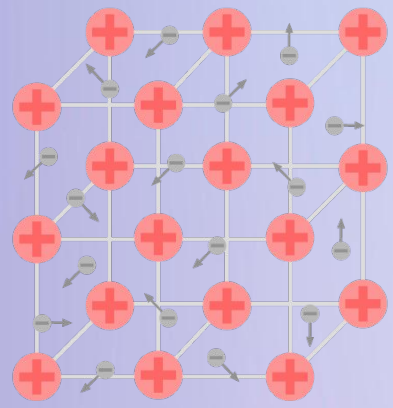




**Ионную** кристаллическую решётку образуют вещества с ионным типом связи — соли, щёлочи, бинарные соединения активных металлов с активными неметаллами (оксиды, галогениды, сульфиды), соли аммония. В узлах ионной решётки находятся ионы, между которыми действуют силы электростатического притяжения. Ионная связь отличается высокой прочностью.

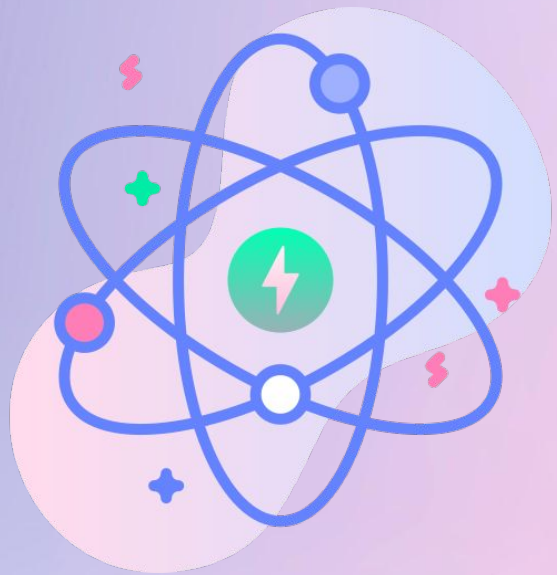
Для веществ с ионной кристаллической решёткой характерны следующие свойства: - нелетучесть и нет запаха

- твёрдость в сочетании с хрупкостью;
- высокие температуры плавления;
- многие растворяются в воде, диссоциируя при этом на



**Металлическая** решётка характерна для веществ с металлической связью. В узлах металлической решётки находятся катионы металла, между которыми перемещаются электроны, образуя так называемый «электронный газ». «Электронный газ» движется между узлами решетки, обеспечивая её устойчивость. Металлическая решётка характерна для металлов и их сплавов. Свободно перемещающиеся электроны обусловливают характерные свойства веществ с металлической решёткой:

- тепло- и электропроводность;
- ковкость;
- пластичность;
- металлический блеск;



**4** Из предложенного перечня выберите два вещества молекулярного строения с ковалентной полярной связью.

1) $Na_2SO_4$
2) $HCOOH$
3) $CH_4$
4) $CaO$
5) $Cl_2$

Запишите номера выбранных ответов.

Ответ: ☐☐

Ответ: 23

# Практика

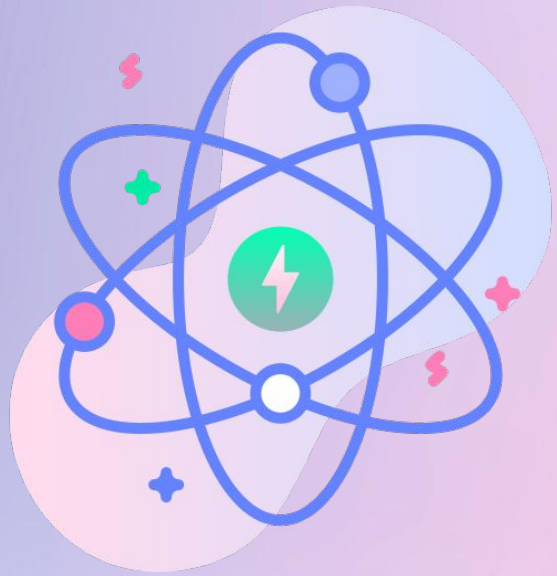
**4** Из предложенного перечня выберите два свойства, которые характеризуют вещества с молекулярной кристаллической решёткой.

1) высокая электропроводность в кристаллическом состоянии
2) низкая температура плавления
3) высокая твердость
4) высокая электропроводность в расплаве
5) высокая летучесть

Запишите в поле ответа номера выбранных веществ.

Ответ: | | |

100 БАЛЛОВ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ ШКОЛЬНЫЙ ПРОЕКТ
VK.COM/EGE100BALLOV



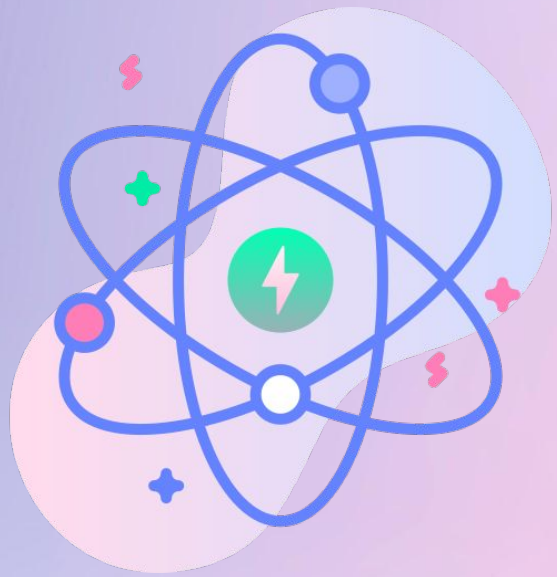
Ответ:
Высокая электропроводность в кристаллическом состоянии харакерна для ионной кристаллической решетки
Низкая температура плавления - для молекулярной
Высокая твердость - в принципе для веществ немолекулярного строения
Высокая электропроводность в расплаве - металлическая или ионная, но точно не молекулярная
Высокая летучесть - для молекулярной
25

**4** Из предложенного перечня выберите два вещества, которые имеют атомную кристаллическую решётку.

1) карбид кремния
2) карбонат кальция
3) алмаз
4) фенол
5) аммиак

Запишите в поле ответа номера выбранных веществ.

Ответ: | | |



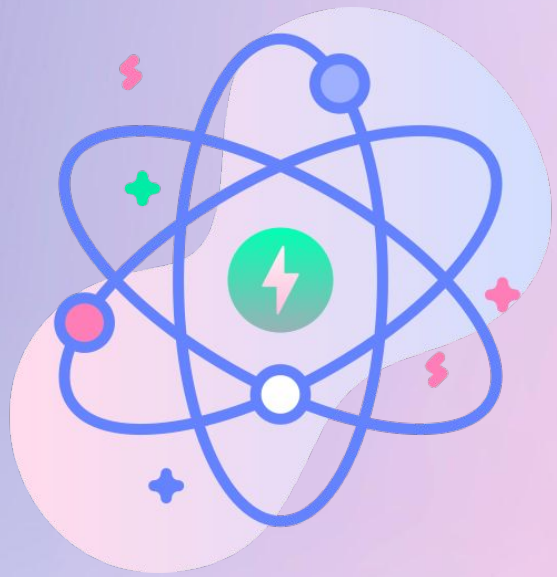
SiC - атомная решетка
CaCO3 - ионная решетка
C - атомная решетка
Фенол - молекулярная решетка
NH3 - молекулярная решетка
Ответ: 13

**4** Из предложенного перечня выберите два вещества, которые имеют ионную кристаллическую решётку.

1) $Na_2CO_3$
2) HBr
3) $SO_2$
4) $PCl_3$
5) $(NH_4)_2SO_4$

Запишите в поле ответа номера выбранных веществ.

Ответ: | | |



Na2CO3 - ионная
HBr - молекулярная
SO2 - молекулярная
PCl3 - молекулярная
(NH4)2SO4 - ионная
Ответ: 15

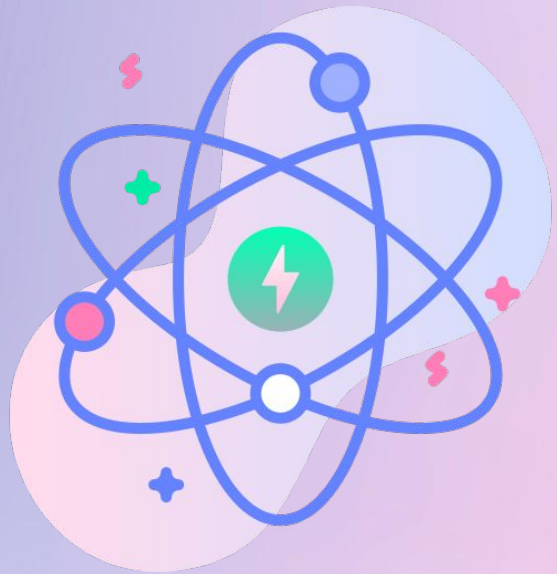
**4** Из предложенного перечня выберите два вещества молекулярного строения, в которых одна из связей образована по донорно-акцепторному механизму:

1) азотная кислота
2) нитрат натрия
3) фосфор белый
4) угарный газ
5) хлорид аммония

Запишите в поле ответа номера выбранных веществ.

Ответ: | | |

ЕГЭ 100 БАЛЛОВ
РОССИЙСКИЙ ШКОЛЬНЫЙ ПРОЕКТ
VK.COM/EGE100BALLOV



$HNO_3$ - соответствует условию
$NaNO_3$ - немолекулярное строение
$P_4$ - молекулярное строение, но не донорно-акцепторной связи
CO - соответствует условию
$NH_4Cl$ - немолекулярное строение
Ответ: 14