



## Лекция 2-2

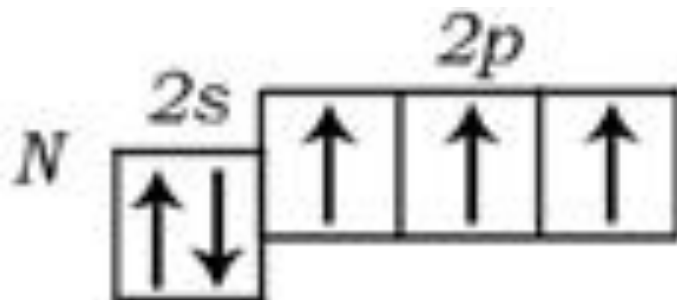
### «Химическая связь»

## Способы образования ковалентной связи.

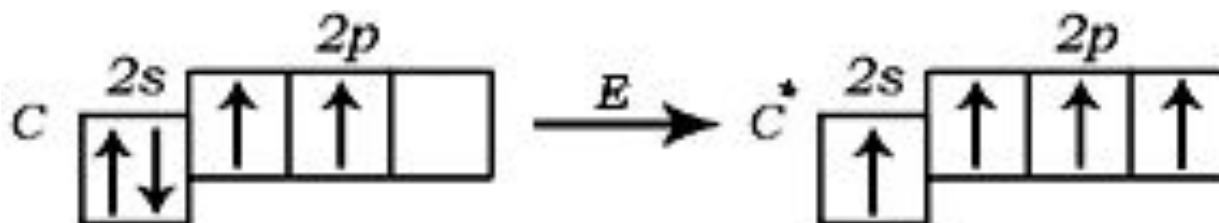
### *а) обменный*

Общая электронная пара, осуществляющая ковалентную связь, образуется за счет неспаренных электронов, имеющих во взаимодействующих атомах.

Атом азота может участвовать в образовании трех ковалентных связей ( $N_2$  или  $NH_3$ ).



Число ковалентных связей может быть и больше числа имеющихся у невозбужденного атома неспаренных электронов за счет процесса возбуждения, сопровождающегося «распариванием» электронов.



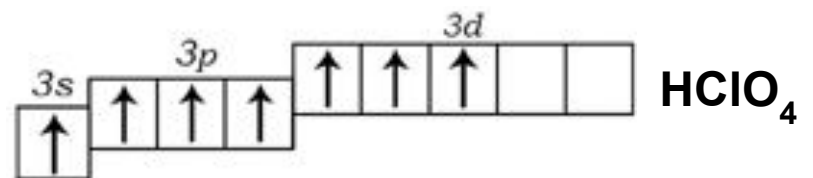
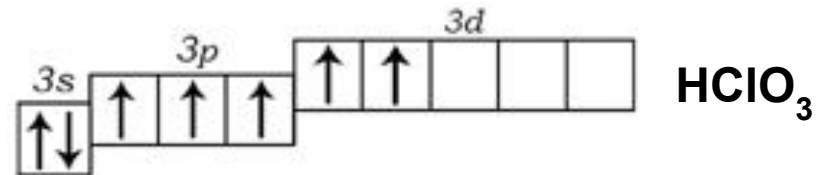
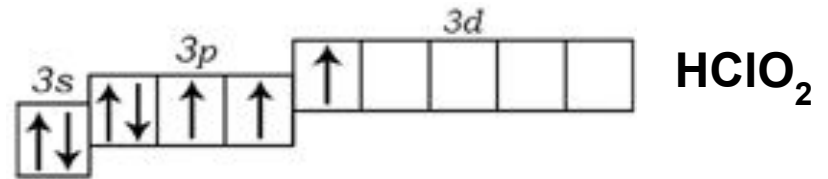
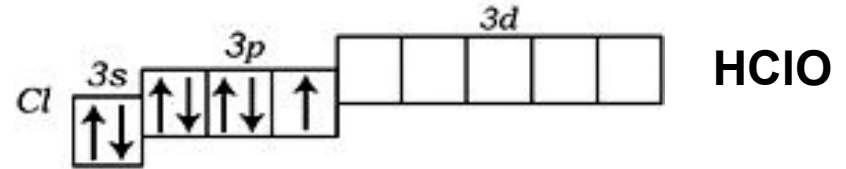
Затраты на «распаривание» электронов компенсируются энергией образования связей в молекуле.

Для углерода характерны соединения с четырьмя ковалентными связями ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ).

		ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ЭЛЕМЕНТОВ Д.И. МЕНДЕЛЕЕВА						VII (H)		VIII					
		II		III		IV		V		VI					
1	1	<b>H</b> <sup>1</sup> водород									<b>He</b> <sup>2</sup> гелий				
2	2	<b>Li</b> <sup>3</sup> литий	<b>Be</b> <sup>4</sup> бериллий	<b>B</b> <sup>5</sup> бор	<b>C</b> <sup>6</sup> углерод	<b>N</b> <sup>7</sup> азот	<b>O</b> <sup>8</sup> кислород	<b>F</b> <sup>9</sup> фтор	<b>Ne</b> <sup>10</sup> неон						
3	3	<b>Na</b> <sup>11</sup> натрий	<b>Mg</b> <sup>12</sup> магний	<b>Al</b> <sup>13</sup> алюминий	<b>Si</b> <sup>14</sup> кремний	<b>P</b> <sup>15</sup> фосфор	<b>S</b> <sup>16</sup> сера	<b>Cl</b> <sup>17</sup> хлор	<b>Ar</b> <sup>18</sup> аргон						
4	4	<b>K</b> <sup>19</sup> калий	<b>Ca</b> <sup>20</sup> кальций	<b>Sc</b> <sup>21</sup> скандий	<b>Ti</b> <sup>22</sup> титан	<b>V</b> <sup>23</sup> ванадий	<b>Cr</b> <sup>24</sup> хром	<b>Mn</b> <sup>25</sup> марганец	<b>Fe</b> <sup>26</sup> железо	<b>Co</b> <sup>27</sup> кобальт	<b>Ni</b> <sup>28</sup> никель				
	5	<b>Cu</b> <sup>29</sup> медь	<b>Zn</b> <sup>30</sup> цинк	<b>Ga</b> <sup>31</sup> галлий	<b>Ge</b> <sup>32</sup> германий	<b>As</b> <sup>33</sup> мышьяк	<b>Se</b> <sup>34</sup> селен	<b>Br</b> <sup>35</sup> бром	<b>Kr</b> <sup>36</sup> криптон						
5	6	<b>Rb</b> <sup>37</sup> рубидий	<b>Sr</b> <sup>38</sup> стронций	<b>Y</b> <sup>39</sup> иттрий	<b>Zr</b> <sup>40</sup> цирконий	<b>Nb</b> <sup>41</sup> ниобий	<b>Mo</b> <sup>42</sup> молибден	<b>Tc</b> <sup>43</sup> технеций	<b>Ru</b> <sup>44</sup> рутений	<b>Rh</b> <sup>45</sup> родий	<b>Pd</b> <sup>46</sup> палладий				
	7	<b>Ag</b> <sup>47</sup> серебро	<b>Cd</b> <sup>48</sup> кадмий	<b>In</b> <sup>49</sup> индий	<b>Sn</b> <sup>50</sup> олово	<b>Sb</b> <sup>51</sup> сурьма	<b>Te</b> <sup>52</sup> теллур	<b>I</b> <sup>53</sup> йод	<b>Xe</b> <sup>54</sup> ксенон						
6	8	<b>Cs</b> <sup>55</sup> цезий	<b>Ba</b> <sup>56</sup> барий	<b>La</b> <sup>57</sup> лантан	<b>Hf</b> <sup>72</sup> гафний	<b>Ta</b> <sup>73</sup> тантал	<b>W</b> <sup>74</sup> вольфрам	<b>Re</b> <sup>75</sup> рений	<b>Os</b> <sup>76</sup> осмий	<b>Ir</b> <sup>77</sup> иридий	<b>Pt</b> <sup>78</sup> платина				
	9	<b>Au</b> <sup>79</sup> золото	<b>Hg</b> <sup>80</sup> ртуть	<b>Tl</b> <sup>81</sup> таллий	<b>Pb</b> <sup>82</sup> свинец	<b>Bi</b> <sup>83</sup> висмут	<b>Po</b> <sup>84</sup> полоний	<b>At</b> <sup>85</sup> астат	<b>Rn</b> <sup>86</sup> радон						
7	10	<b>Fr</b> <sup>87</sup> франций	<b>Ra</b> <sup>88</sup> радий	<b>Ac</b> <sup>89</sup> актиний	<b>Ku</b> <sup>104</sup> курчатовий	<b>Ns</b> <sup>105</sup> нильсборгий	<b>Sg</b> <sup>106</sup> сиборгий	<b>Bh</b> <sup>107</sup> борий	<b>Hs</b> <sup>108</sup> хассий	<b>Hs</b> <sup>109</sup> мейтнерий					
* ЛАНТАНОИДЫ															
	58	<b>Ce</b> <sup>140,12</sup> церий	<b>Pr</b> <sup>140,91</sup> празеодим	<b>Nd</b> <sup>144,24</sup> неодим	<b>Pm</b> <sup>[145]</sup> прометий	<b>Sm</b> <sup>150,40</sup> самарий	<b>Eu</b> <sup>151,96</sup> европий	<b>Gd</b> <sup>157,25</sup> гадолиний	<b>Tb</b> <sup>158,93</sup> тербий	<b>Dy</b> <sup>162,50</sup> диспрозий	<b>Ho</b> <sup>164,93</sup> гольмий	<b>Er</b> <sup>167,26</sup> эрбий	<b>Tm</b> <sup>168,93</sup> тулий	<b>Yb</b> <sup>173,04</sup> иттербий	<b>Lu</b> <sup>174,97</sup> лютеций
** АКТИНОИДЫ															
	90	<b>Th</b> <sup>232,04</sup> торий	<b>Pa</b> <sup>231,04</sup> протактиний	<b>U</b> <sup>238,03</sup> уран	<b>Np</b> <sup>237,05</sup> нептуний	<b>Pu</b> <sup>[244]</sup> плутоний	<b>Am</b> <sup>[243]</sup> амерций	<b>Cm</b> <sup>[247]</sup> кюрий	<b>Bk</b> <sup>[247]</sup> берклий	<b>Cf</b> <sup>[251]</sup> калифорний	<b>Es</b> <sup>[254]</sup> эйнштейний	<b>Fm</b> <sup>[257]</sup> фермий	<b>Md</b> <sup>[258]</sup> менделевий	<b>(No)</b> <sup>[255]</sup> нобелий	<b>(Lr)</b> <sup>[256]</sup> лоуренсий



У атомов элементов третьего и последующих периодов появляется d-подуровень, на который при возбуждении могут переходить s и p электроны внешнего слоя.



Для кислорода и фтора возрастание числа неспаренных электронов возможно только путем перехода одного из электронов на  $3s$  уровень.

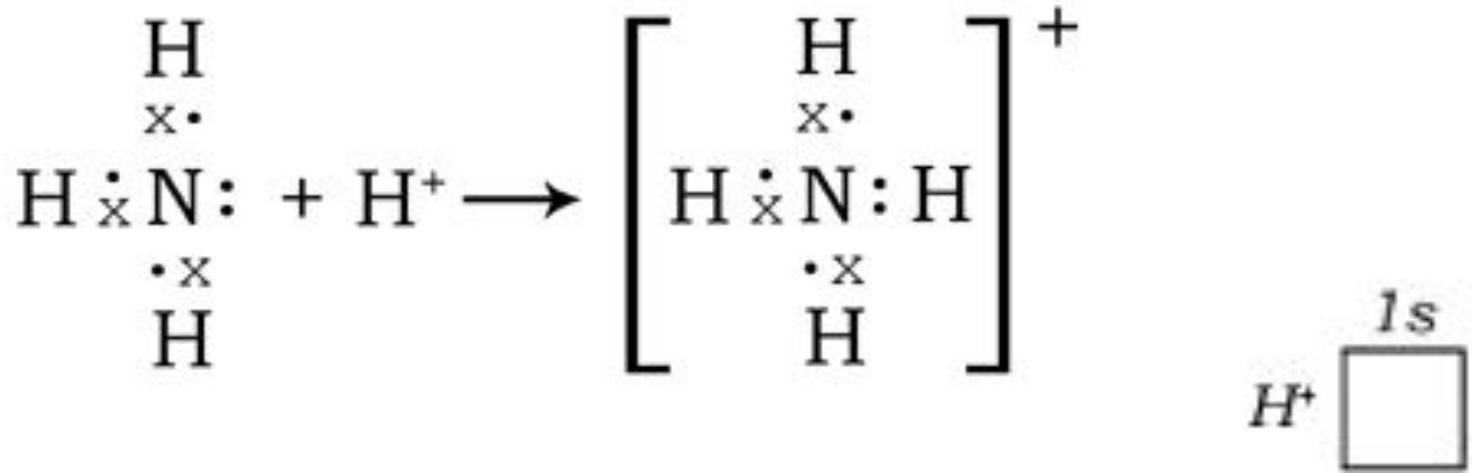


Эти затраты не компенсируются энергией образования новых связей и процесс, в целом, оказывается энергетически невыгодным.

Для этих элементов характерна постоянная ковалентность, равная двум для кислорода и единице - для фтора.

## б) донорно-акцепторный

Ковалентная связь образуется за счет неподеленных электронных пар, имеющих во внешнем электронном слое одного атома со свободной орбиталью другого атома .



**донор** - атом азота;  
**акцептор** - атом водорода.

Четыре связи N - H в ионе аммония  $\text{NH}_4^+$  во всех отношениях равноценны.

Связь, образованная донорно-акцепторным механизмом, не отличается по своим свойствам от ковалентной связи, создаваемой по обменному механизму!!!

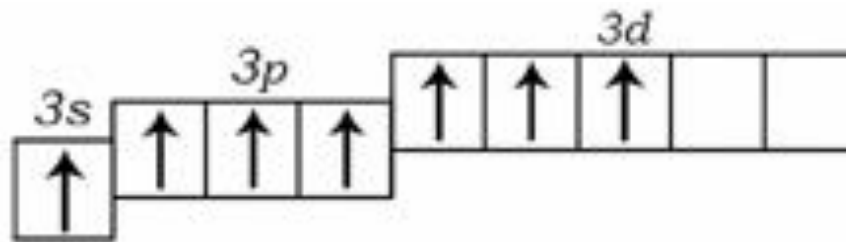
## **Метод валентных связей (ВС)**

**В методе валентных связей (ВС) образуется двухэлектронная двухцентровая связь, в которой электроны в равной степени принадлежат каждому из атомов.**

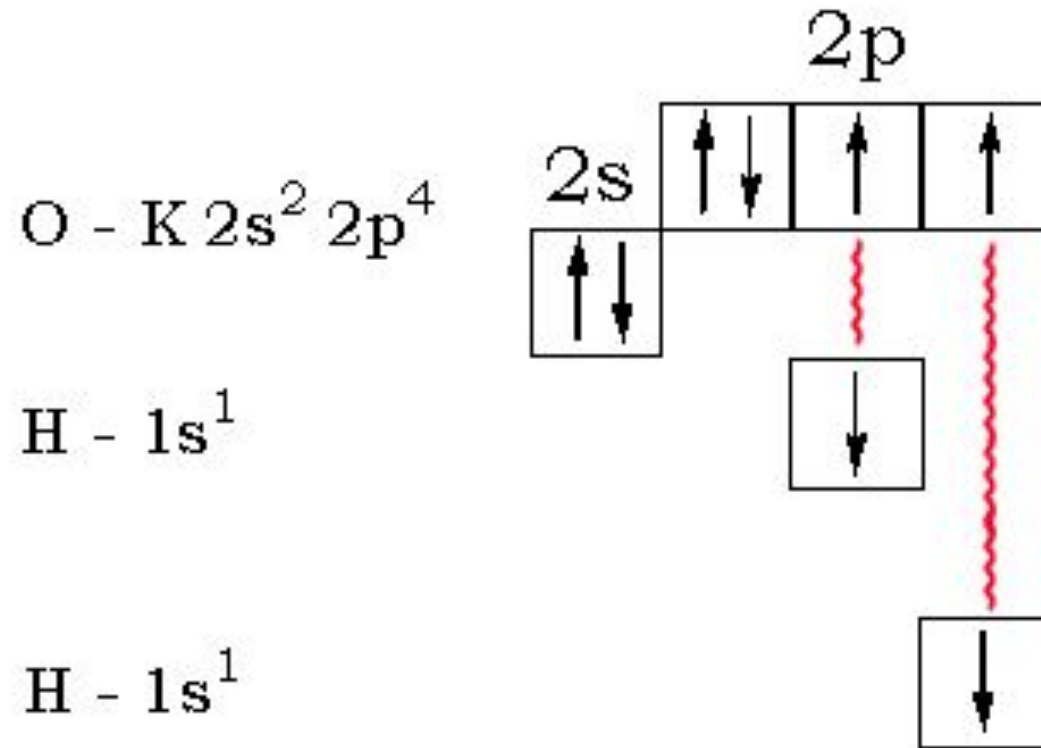
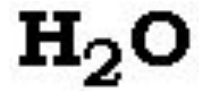


## Условия образования химической связи:

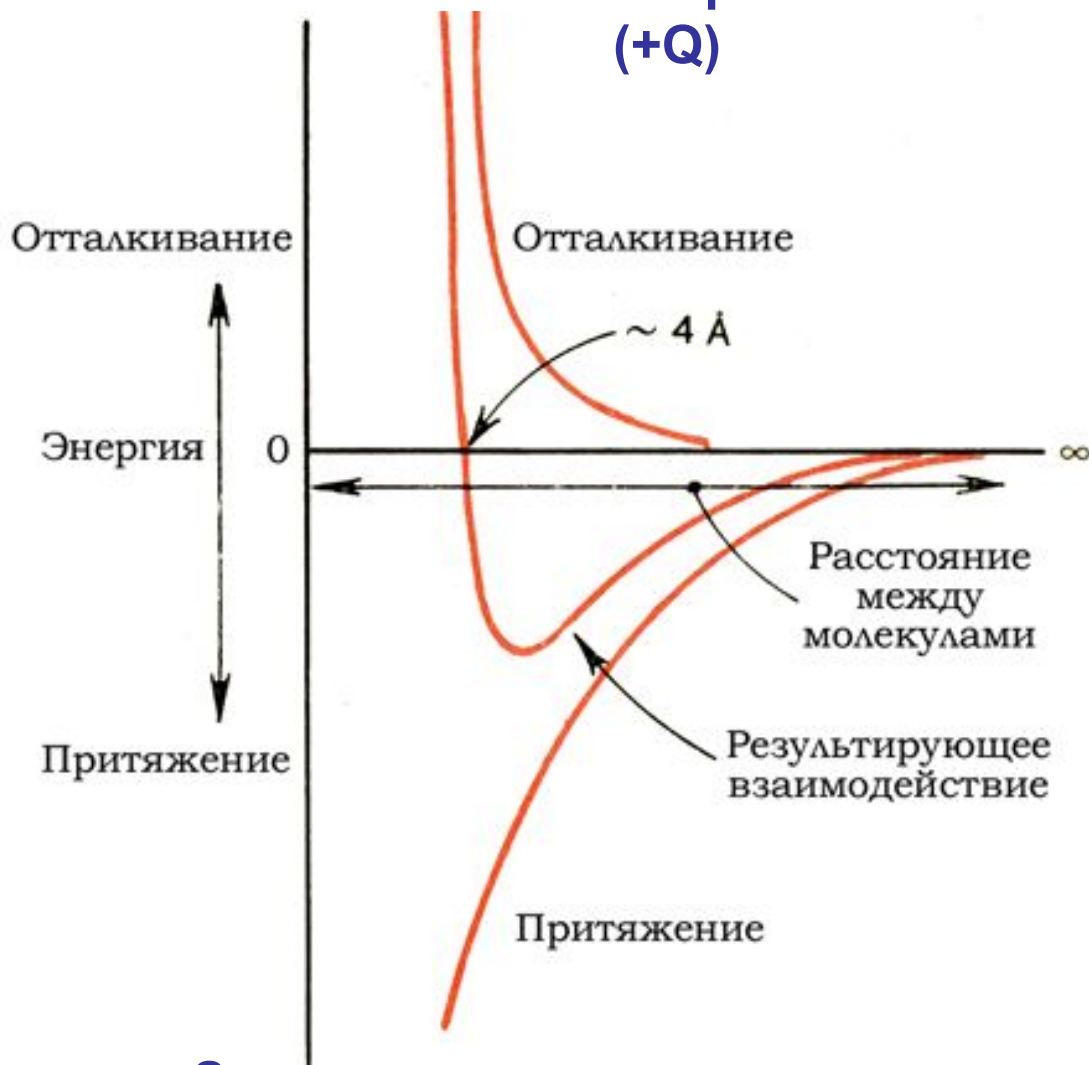
### 1. Наличие неспаренных электронов ( $\bar{e}$ )



2. Противоположно направленные спины  $\uparrow\downarrow$



**3. Энергия молекулы меньше суммарной энергии атомов - процесс экзотермический (+Q)**



$$E_{AB} < E_A + E_B$$

**Зависимость энергии вандерваальсова взаимодействия сближающихся молекул от расстояния между ними**

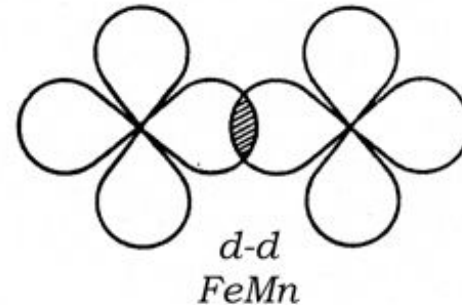
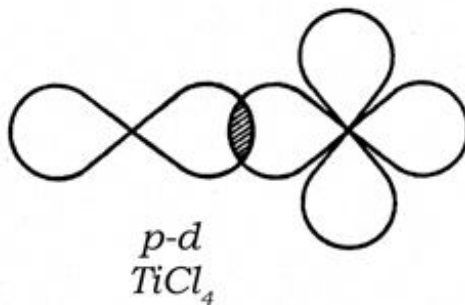
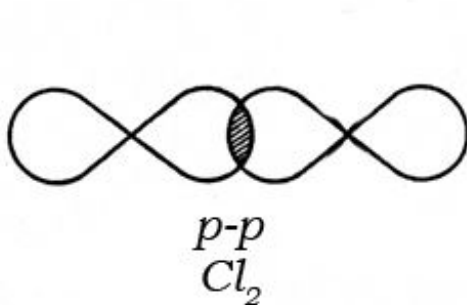
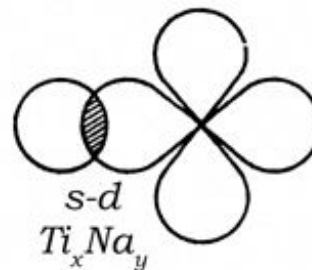
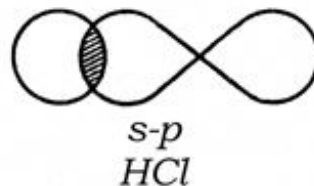
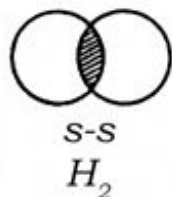
Для более прочных молекул расстояние между центрами атомов (длина связи) уменьшается, энергия связи увеличивается

Длины и энергии некоторых связей

Связь	Длина связи, Å	Энергия, кДж/моль	Связь	Длина связи, Å	Энергия, кДж/моль
C-C	1.54	348	H-N	1.03	393
C=C	1.35	620	H-O	0.96	460
C≡C	1.20	811	H-S	1.34	368
C-O	1.43	360	H-Cl	1.27	431
C=O	1.17	724	N-N	1.45	160
C-N	1.47	276	N=N	1.10	418
C=N	1.34	615	N≡N	1.01	947
C≡N	1.16	761	N-O	1.46	176
C-S	1.81	255	O-O	1.45	146
C=S	1.55	477	S-S	2.05	226
H-C	1.09	374	P-O	1.62	502

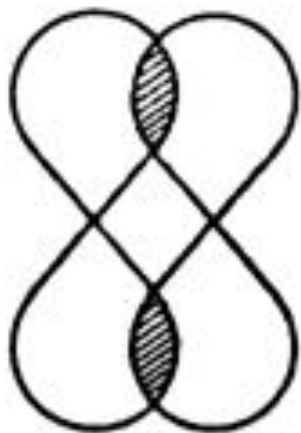
## σ- и π-СВЯЗИ

**σ-СВЯЗЬ** образуется за счет взаимного перекрывания атомных орбиталей вдоль линии, соединяющей центры взаимодействующих атомов.

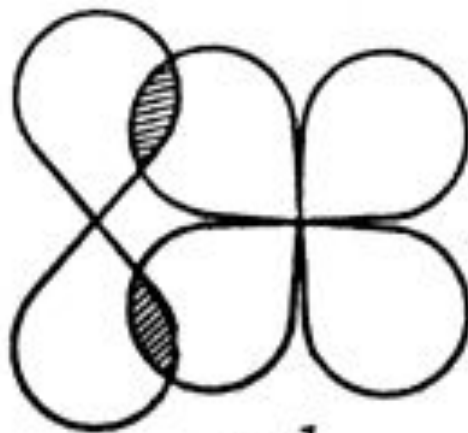


**π-СВЯЗЬ** образуется за счет двукратного взаимного перекрывания атомных орбиталей перпендикулярно линии, соединяющей центры взаимодействующих атомов.

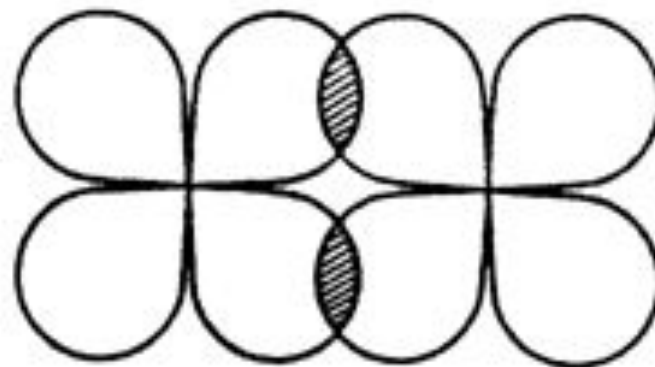
**π-связь образуется только после образования σ-связи!**



*p-p*  
 $N \equiv N$



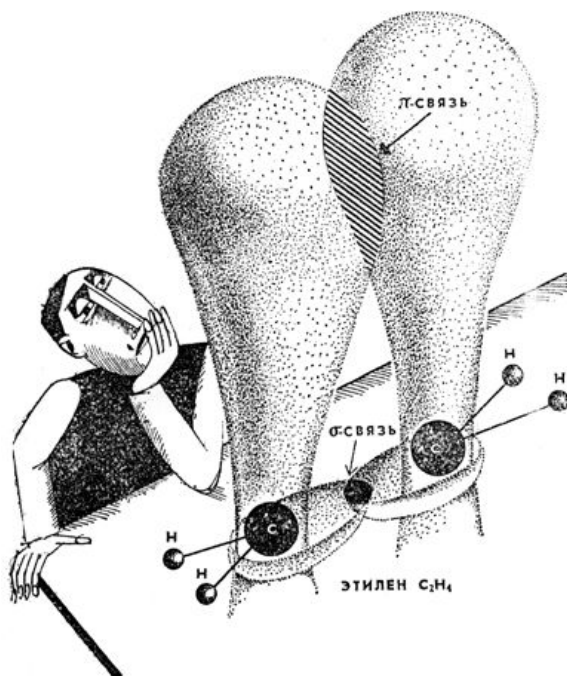
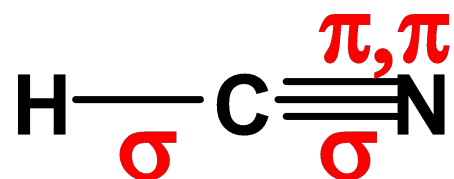
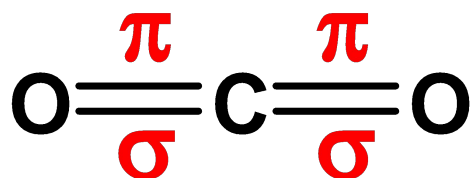
*p-d*  
 $Fe_xSi_y$



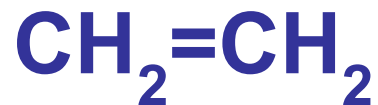
*d-d*  
сплавы  $Fe, Co, Ni$

**$\sigma$ -связь более прочная, чем  $\pi$ -связь!!!!**

**Сначала образуется  $\sigma$ -связь и только  
потом  $\pi$ -связи (максимум две)!!!!!!**



**Связи между двумя атомами углерода  
в молекуле этилена**



**осуществляется перекрыванием двух  
облаков по оси молекулы ( $\sigma$ -связь) и  
боковым перекрыванием двух других  
электронных облаков ( $\pi$ -связь).**

**Полярность** - характеризует смещение электронной плотности к более электроотрицательному атому.



**Для оценки смещения электронной плотности к одному из атомов  
используется шкала относительных  
электроотрицательностей (ЭО) атомов (шкала Полинга)**

$$\text{ЭО} = \frac{\text{Потенциалионизации(ПИ)} + \text{Энергиясродства(ЭС)}}{2}$$

$$\text{ПИ} = A - \bar{e} = A^+$$

- энергия, необходимая для отрыва электрона от атома с образованием катиона;

$$\text{ЭС} = B + \bar{e} = B^-$$

- энергия, выделяющаяся при присоединении электрона к атому с образованием аниона.

	IA	IIA	IIIA	IVA	VA	VIA	VIIA	VIIIA
Period 1	H							He
Period 2	Li	Be	B	C	N	O	F	Ne
Period 3	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	Ar
Period 4	K	Ca	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
Period 5	Rb	Sr	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
Period 6	Cs	Ba	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn

**Энергия присоединения или отрыва электронов зависит от радиуса атомов**

### Значения относительной электроотрицательности элементов (по Л. Полингу)

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII		
1	<b>H</b> 2,20						<b>(H)</b>	<b>He</b>		
2	<b>Li</b> 0,98	<b>Be</b> 1,57	<b>B</b> 2,04	<b>C</b> 2,55	<b>N</b> 3,04	<b>O</b> 3,44	<b>F</b> 3,98	<b>Ne</b>		
3	<b>Na</b> 0,93	<b>Mg</b> 1,31	<b>Al</b> 1,61	<b>Si</b> 1,90	<b>P</b> 2,19	<b>S</b> 2,58	<b>Cl</b> 3,16	<b>Ar</b>		
4	<b>K</b> 0,82	<b>Ca</b> 1,00	<b>Sc</b> 1,36	<b>Ti</b> 1,54	<b>V</b> 1,63	<b>Cr</b> 1,66	<b>Mn</b> 1,55	<b>Fe</b> 1,83	<b>Co</b> 1,88	<b>Ni</b> 1,91
	<b>Cu</b> 1,90	<b>Zn</b> 1,65	<b>Ga</b> 1,81	<b>Ge</b> 2,01	<b>As</b> 2,18	<b>Se</b> 2,55	<b>Br</b> 2,96	<b>Kr</b>		
5	<b>Rb</b> 0,82	<b>Sr</b> 0,95	<b>Y</b> 1,22	<b>Zr</b> 1,4	<b>Nb</b> 1,6	<b>Mo</b> 2,16	<b>Tc</b> 1,9	<b>Ru</b> 2,2	<b>Rh</b> 2,28	<b>Pd</b> 2,20
	<b>Ag</b> 1,93	<b>Cd</b> 1,69	<b>In</b> 1,78	<b>Sn</b> 1,96	<b>Sb</b> 2,05	<b>Te</b> 2,1	<b>I</b> 2,66	<b>Xe</b> 2,6		
6	<b>Cs</b> 0,79	<b>Ba</b> 0,89	<b>La</b> 1,10	<b>Hf</b> 1,3	<b>Ta</b> 1,5	<b>W</b> 2,36	<b>Re</b> 1,9	<b>Os</b> 2,2	<b>Ir</b> 2,20	<b>Pt</b> 2,28
	<b>Au</b> 2,54	<b>Hg</b> 2,00	<b>Tl</b> 1,62	<b>Pb</b> 2,33	<b>Bi</b> 2,02	<b>Po</b> 2,0	<b>At</b> 2,2	<b>Rn</b>		

Значения электроотрицательности нужно! использовать для оценки направления смещения электронов при образовании молекул.

# Химическая связь в молекуле фтороводорода:

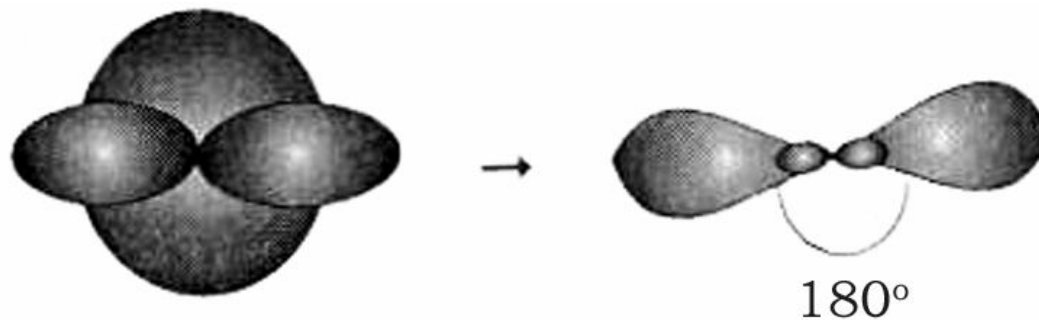
- 1) ковалентная полярная
- 2) ковалентная неполярная
- 3) ионная
- 4) водородная

## Гибридизация -

процесс взаимодействия двух или нескольких разных по форме и энергии орбиталей с образованием такого же количества одинаковых по форме и энергии орбиталей.

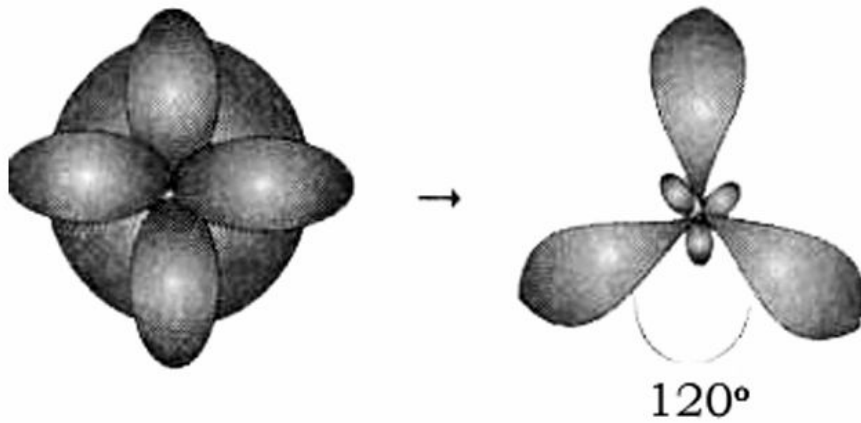
### 1. sp-гибридизация (s+p)

(BeH<sub>2</sub>)

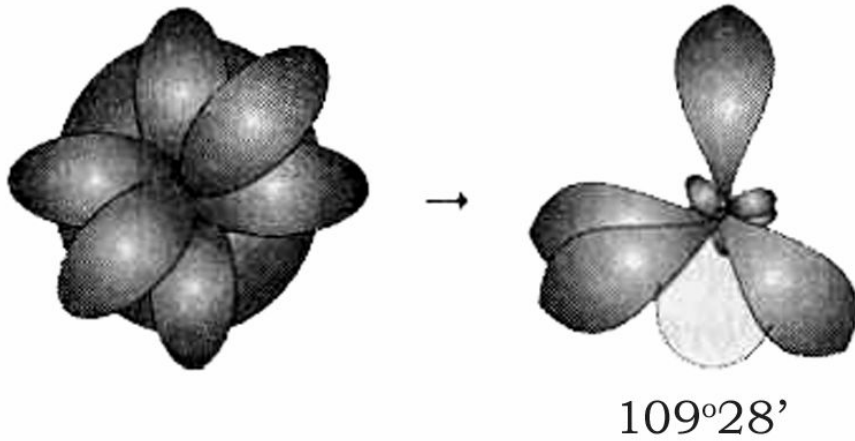


## 2. $sp^2$ -гибридизация ( $s+p+p$ )

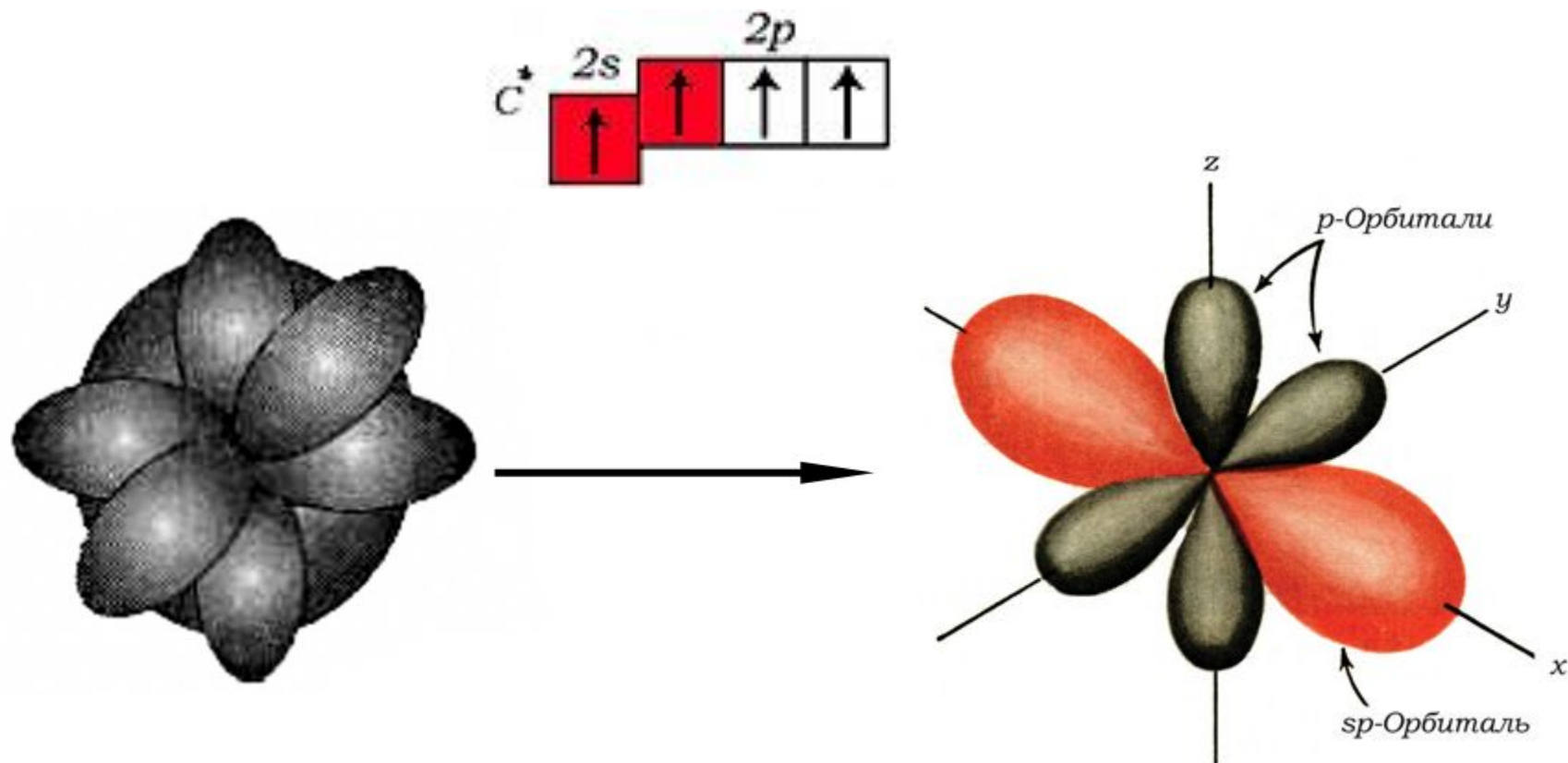
( $BF_3$ )



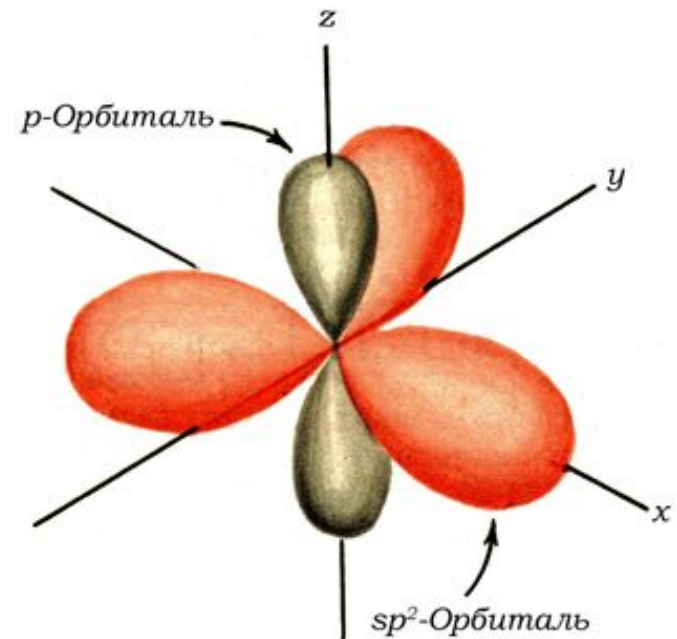
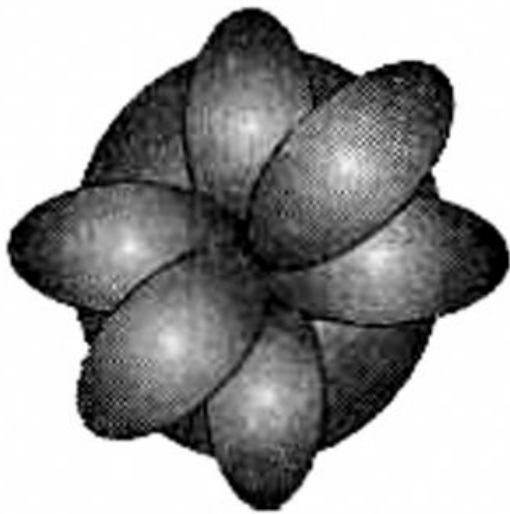
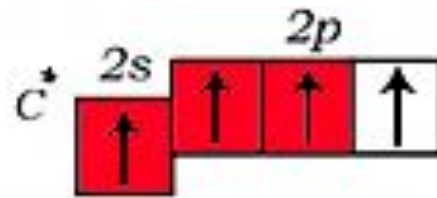
### 3. $sp^3$ -гибридизация ( $s+p+p+p$ )



Гибридизации могут подвергаться не все s- и p-орбитали.  
Негибридизованные p-орбитали участвуют в образовании  $\pi$ -связей



Две sp-гибридные орбитали и две p-орбитали

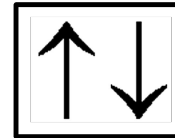


Три  $sp^2$ -гибридные орбитали и одна  $p$ -орбиталь



**Тип гибридизации** (число орбиталей, участвующих в гибридизации) **определяется** суммой  $\sigma$  - связей и неподелённых электронных пар!!!!!!!

$$n = \sigma +$$



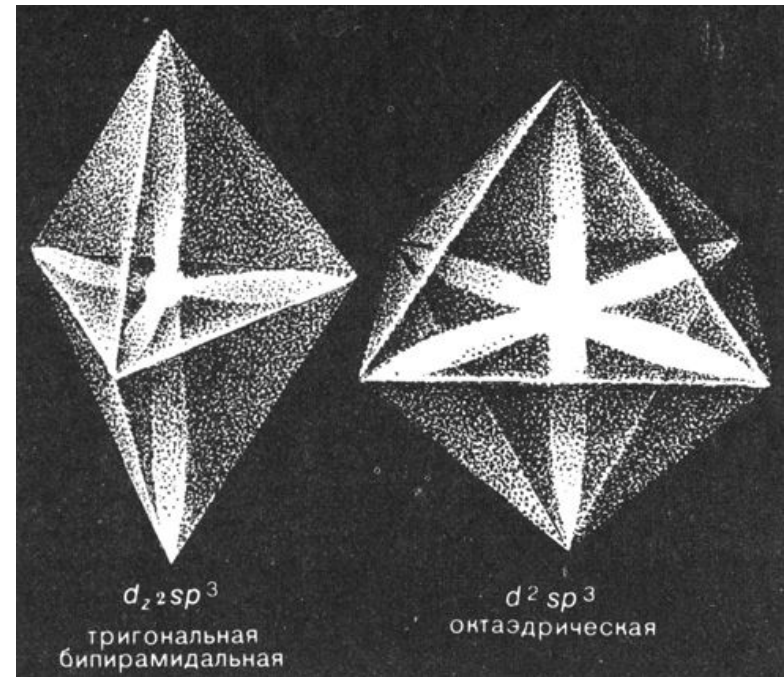
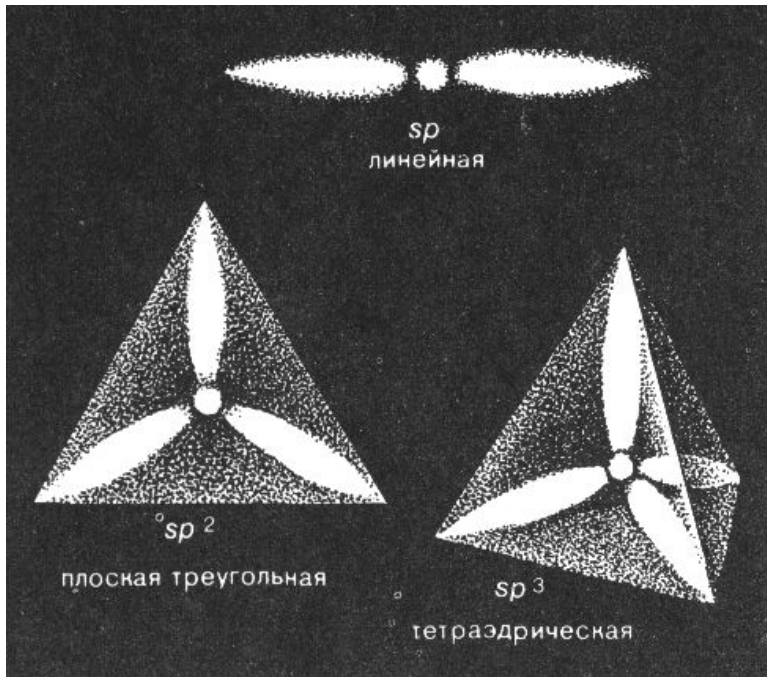
$n=2$   
 $sp$

$n=3$   
 $sp^2$

$n=4$   
 $sp^3 (dsp^2)$

$n=5$   
 $dsp^3$

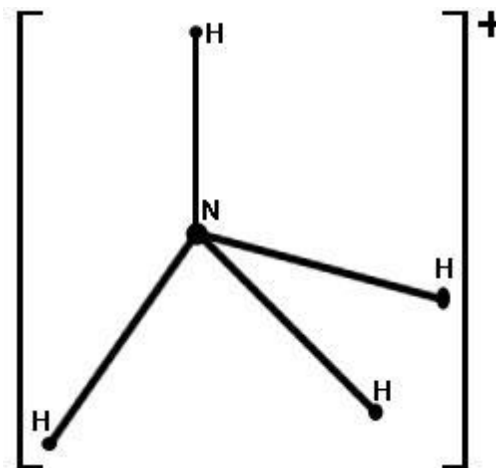
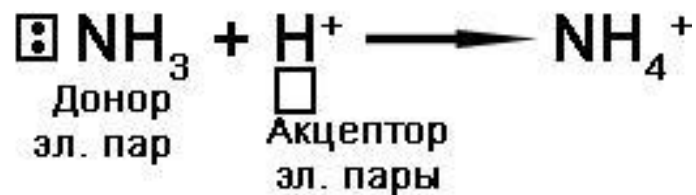
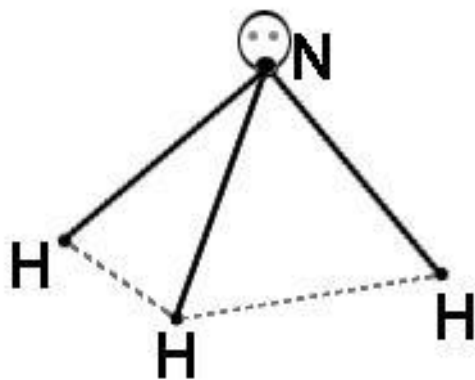
$n=6$   
 $d^2sp^3$



Пространственная ориентация гибридизованных орбиталей

# Донорно-акцепторный механизм

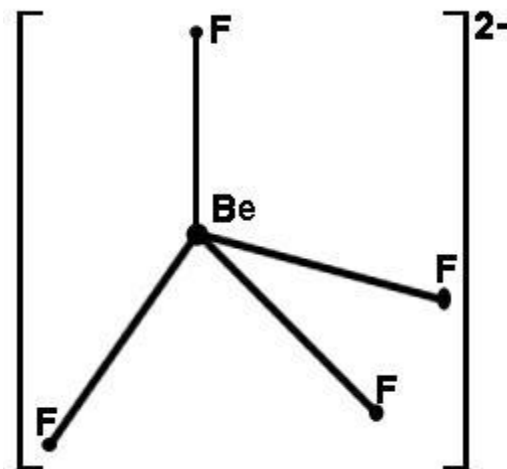
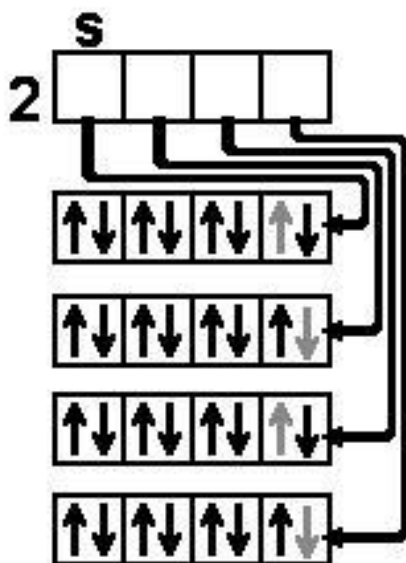
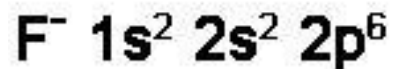
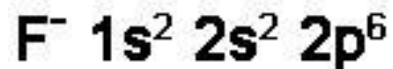
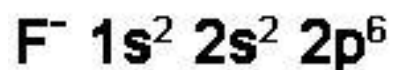
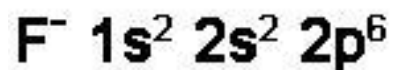
Образование химической связи в  $\text{NH}_4^+$



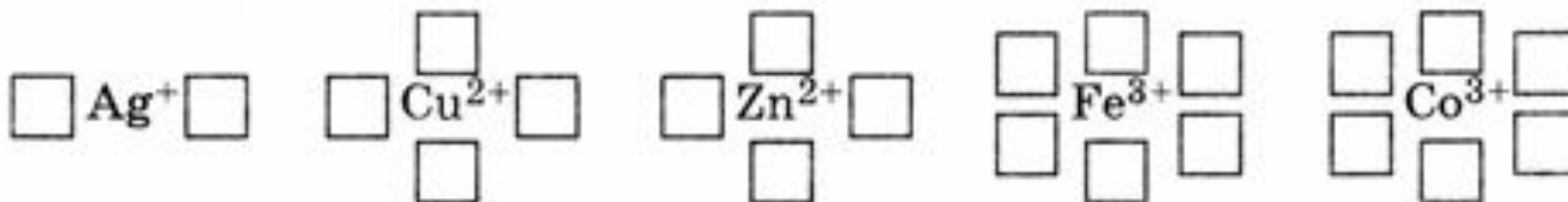
# Образование химической связи в $\text{BeF}_4^{2-}$

$\text{BeF}_4^{2-}$  - описать химическую связь в этом ионе можно, как и в предыдущем

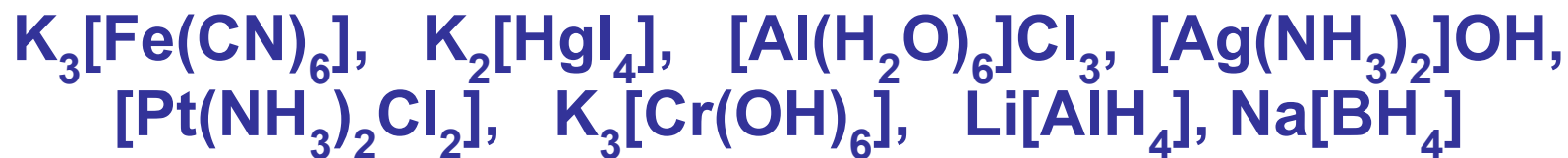
Второй подход предполагает, что Be – центральный атом имеет заряд  $+2$ , а окружающие его атомы F отрицательно заряжены ( $\text{F}^-$  - лиганды).



## Акцепторы электронов.



## Доноры электронов.



# Наизусть!!!!

## Донорно-акцепторный механизм образования связи:

Ионы:  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{H}_3\text{O}^+$ ,  $\text{PH}_4^+$ ,  $\text{AsH}_4^+$ ,  $\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_3^+$ ,  $\text{BF}_4^-$ ;

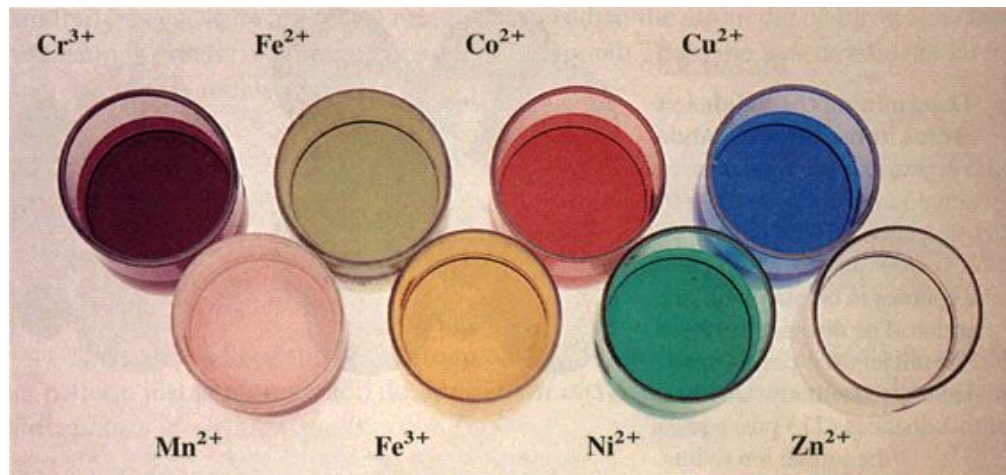
Молекулы:  $\text{O}_3$ ,  $\text{CO}$ ,

Кислоты:  $\text{H}_2[\text{SiF}_6]$ ,

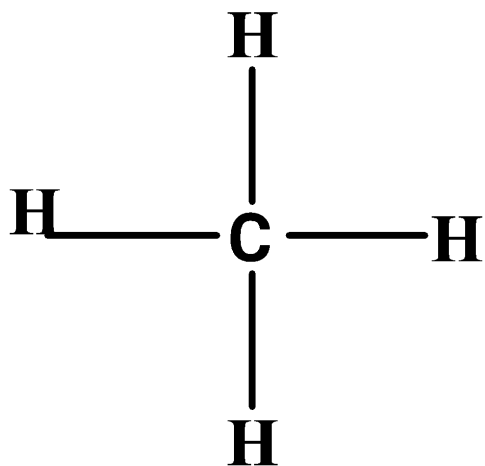
Комплексные соли –  $\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$ ,  $\text{Na}_2[\text{Zn}(\text{OH})_4]$ ,  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH}$ .

$[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4$ ,  $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ ,  $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ ,  $\text{Na}_3[\text{AlF}_6]$  (криолит),

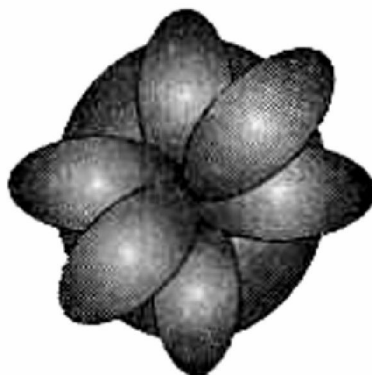
**Большинство комплексных соединений,  
как и сами ионы металлов, имеют окраску**



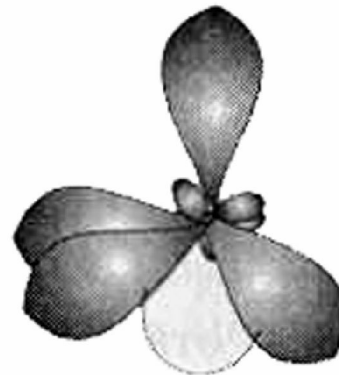
Для углерода (C) легко запомнить, что:



**4σ-связи –  
sp<sup>3</sup>-гибридизация  
(тетраэдр)**

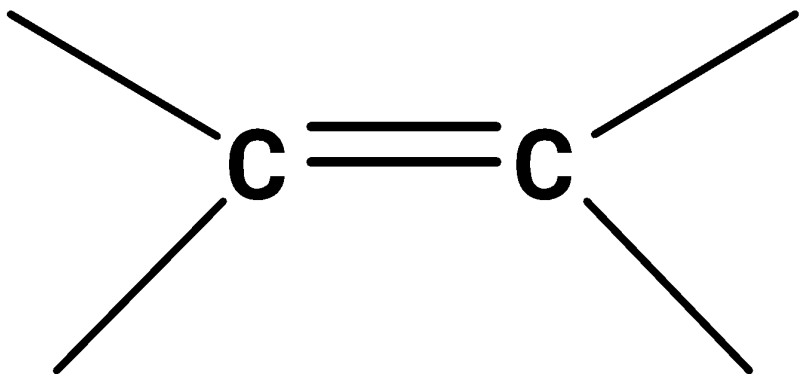


→

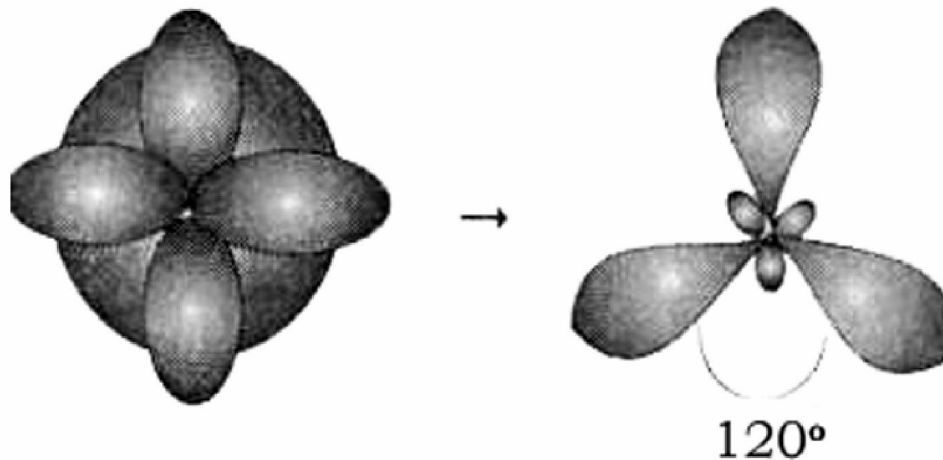


109°28'

30

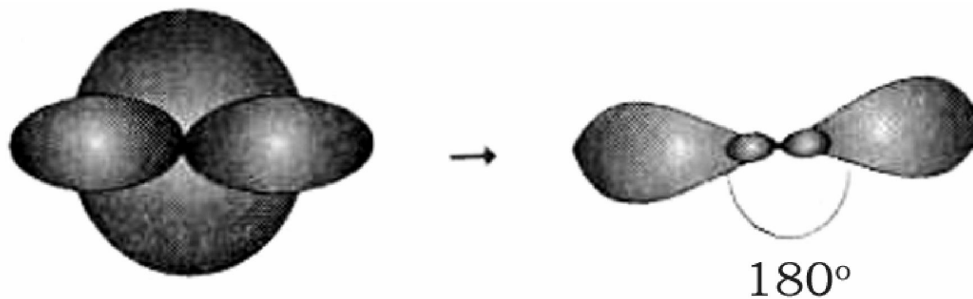


**3σ- СВЯЗИ И 1 π-СВЯЗЬ –  
sp<sup>2</sup>-гибридизация  
(плоскостно-тригональная)**





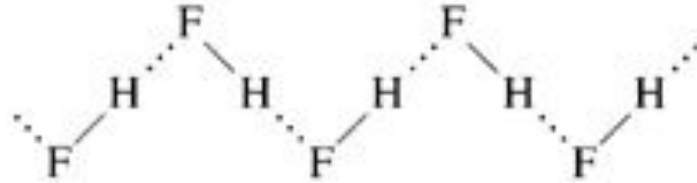
**2σ- СВЯЗИ И 2π-СВЯЗИ –  
sp-гибридизация  
(линейная)**





# Водородная связь

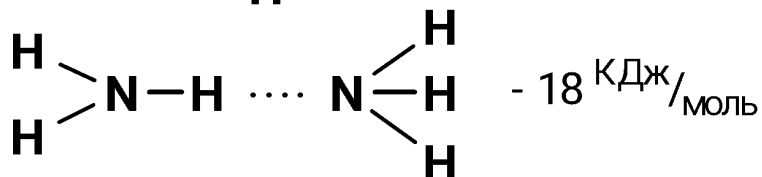
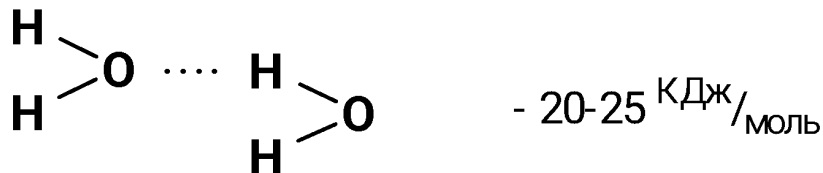
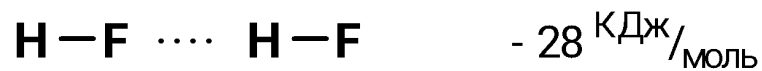
- связь между атомом водорода и сильно электроотрицательным элементом.



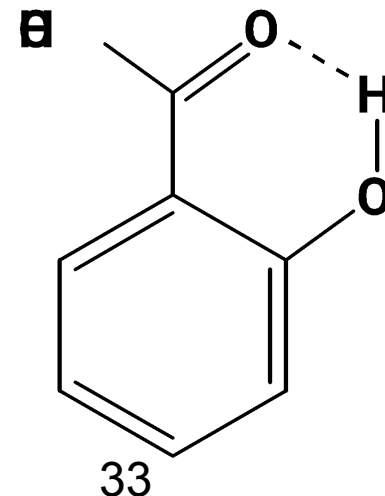
## Механизм:

частично электростатический,  
частично донорно-акцепторный.

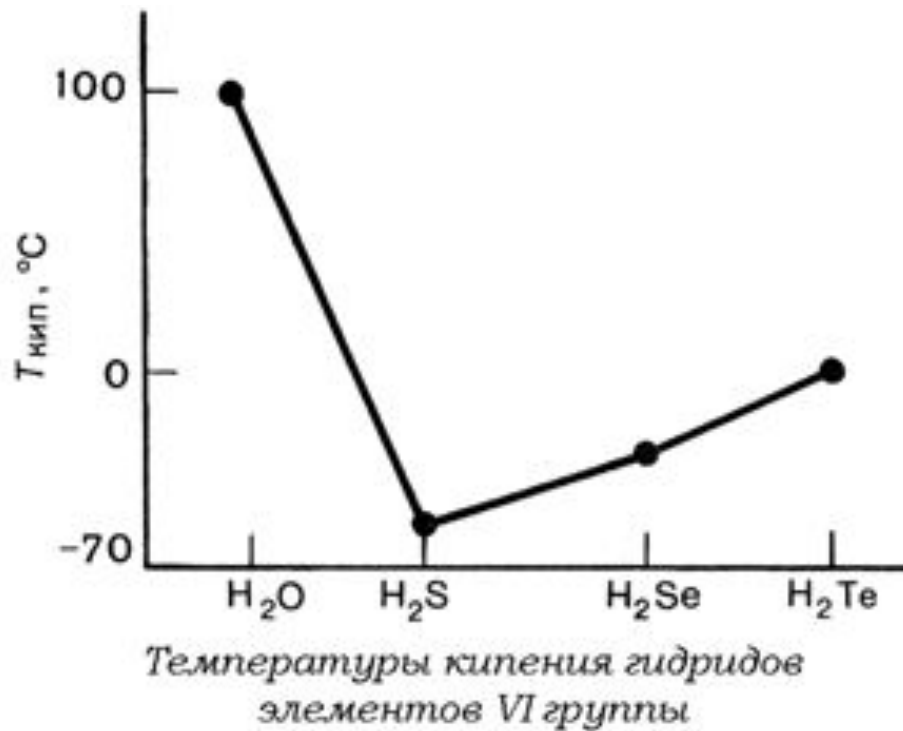
а) межмолекулярная



б) внутримолекулярная



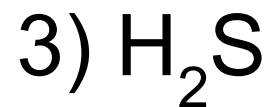
**Образование водородной связи может существенно изменять физические свойства вещества - теплоты плавления и испарения, температуры кипения, вязкость, твердость!!!!**



**Именно из-за прочных водородных связей плавиковая кислота HF – слабая, т.к. образует ассоциаты !!!!**



**Наибольшую температуру плавления  
имеет вещество:**



**Высокая теплота испарения воды обусловлена водородными связями и делает ее эффективным средством охлаждения!**

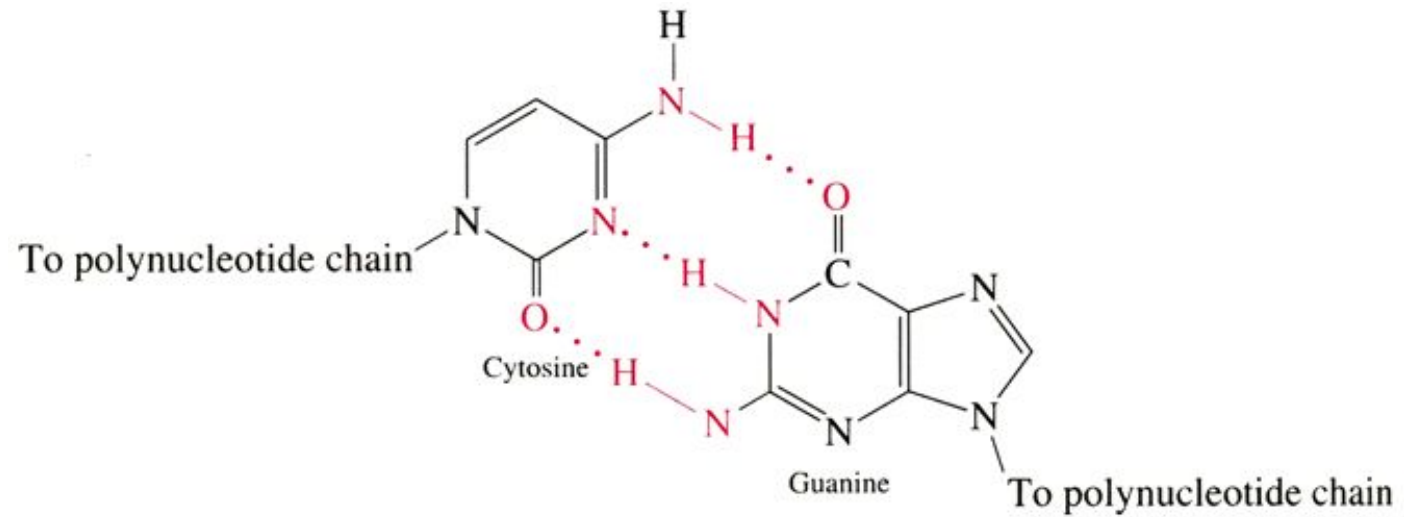
**Способность льда плавиться при повышенном давлении позволяет кататься на коньках по льду, так как образующаяся под коньками жидкая вода играет роль смазки.**



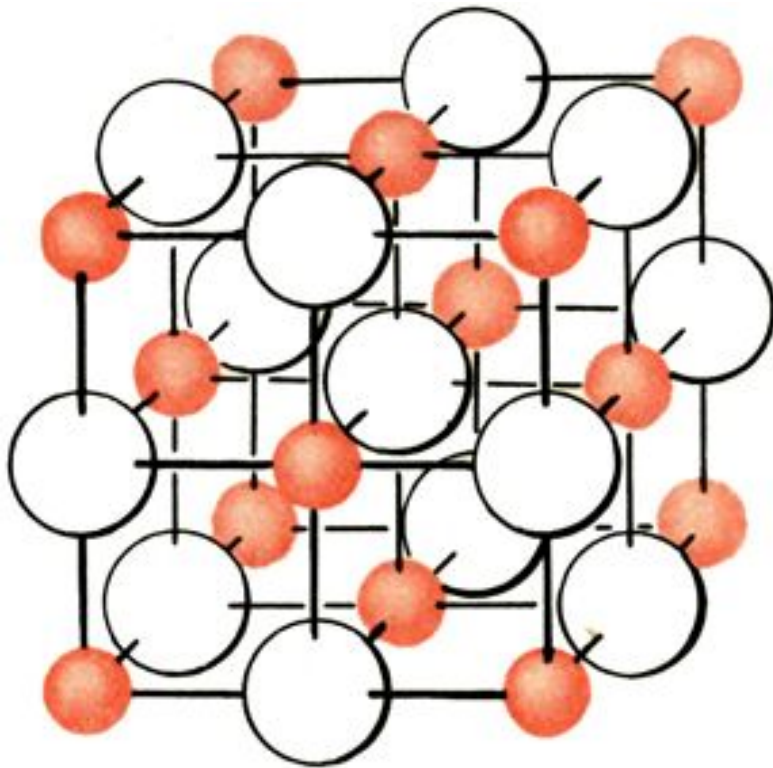
# Водородные связи в органической химии

<b>Класс соединений</b>	<b>Наличие водородных связей</b>
<b>Спирты</b>	<b>да</b>
<b>Фенолы</b>	<b>да</b>
<b>Эфиры</b>	<b>нет</b>
<b>Альдегиды</b>	<b>нет</b>
<b>Кетоны</b>	<b>нет</b>
<b>Карбоновые кислоты</b>	<b>да</b>
<b>Амины</b>	<b>да</b>
<b>Аминокислоты</b>	<b>да</b>

## Межмолекулярные водородные связи реализуются в полинуклеотидах



## Ионная связь



кристалл NaCl

Предельный случай полярной ковалентной связи.

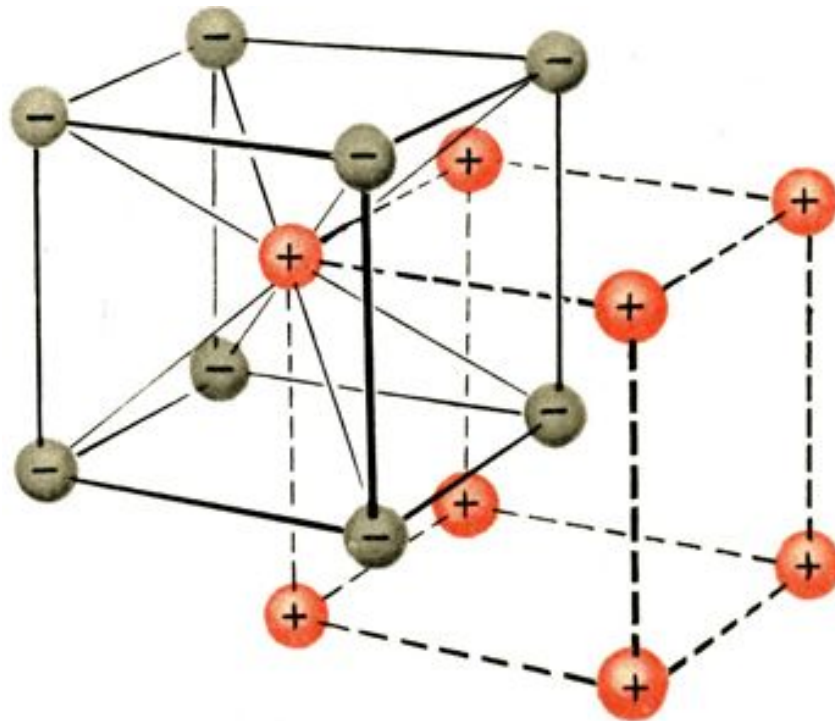
Образуется при взаимодействии двух атомов, резко различающихся электроотрицательностью.

Наблюдается только в твердом состоянии, для кристаллов (CsF, KBr, NaCl) .



**В воде ионные соединения легко диссоциируют на ионы.**

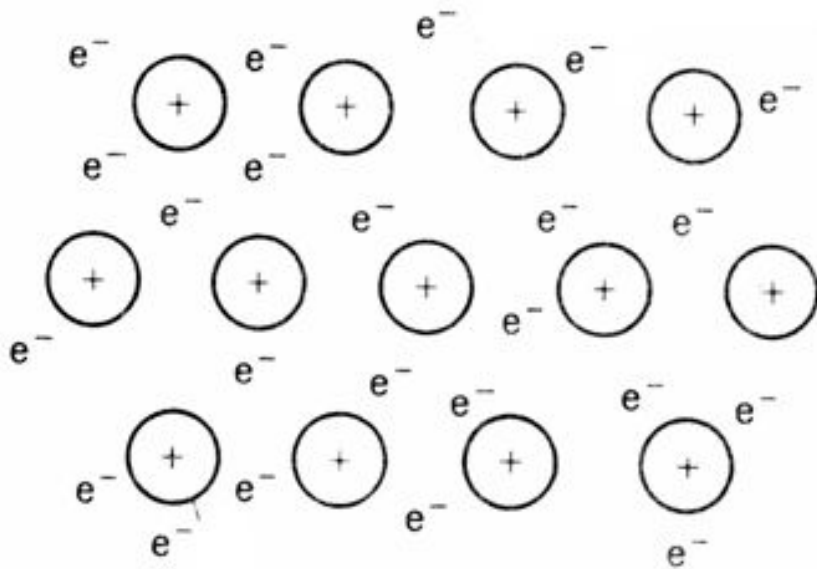
**Для них характерны высокие температуры плавления и кипения, их расплавы и растворы проводят электрический ток.**



**кристалл CsCl**

## Металлическая связь

Характеризуется небольшим числом электронов на внешнем уровне, слабо удерживаемых ядром, и большим числом свободных атомных орбиталей, близких по энергии.



Делокализованное «море»  
валентных электронов

Электроны делокализованы (распределены) между всеми атомами в кристалле, что обеспечивает устойчивость данной связи.

Металлы имеют особую кристаллическую решетку, в узлах которой находятся как атомы, так и ионы металла, а между ними свободно перемещаются обобществленные электроны («электронный газ»).

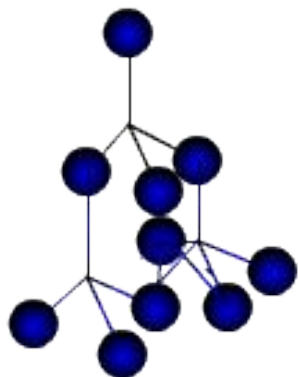
**Эти особенности строения металлов определяют их высокую электропроводимость, теплопроводность, а также ковкость и особый металлический блеск.**

**Металлическая связь характерна для металлов не только в твердом состоянии, но и в расплаве.**

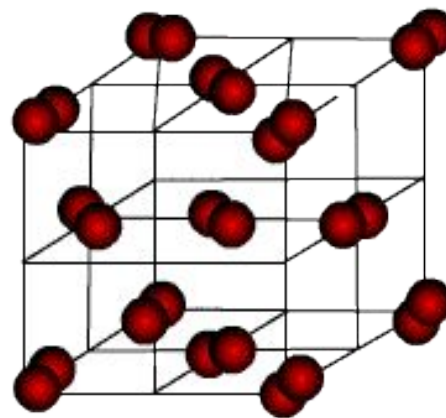
**NB!!!**

**В газообразном состоянии атомы металлов в молекулах связаны между собой ковалентной связью.**

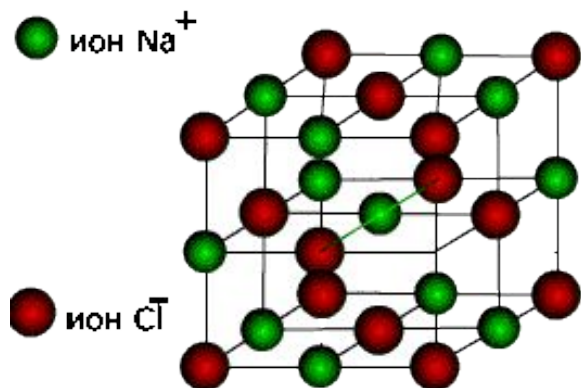
# Типы кристаллических решеток



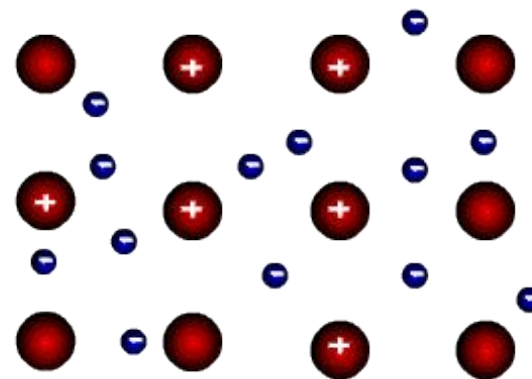
**Атомная**



**Молекулярная**



**Ионная**



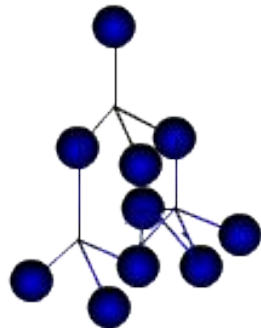
**Металлическая**

## АТОМНЫЕ

1. Атомными называют кристаллические решётки, в узлах которых находятся отдельные атомы, которые соединены **очень прочными** ковалентными связями в протяженную пространственную сеть
2. Вещества с АКР имеют высокие температуры плавления, обладают повышенной твёрдостью.
3. В природе встречается **немного веществ** с атомной кристаллической решёткой.

К ним относятся:

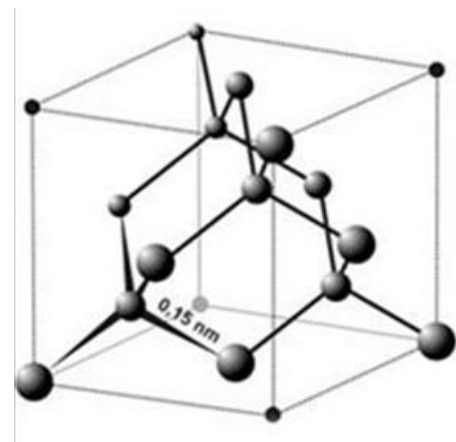
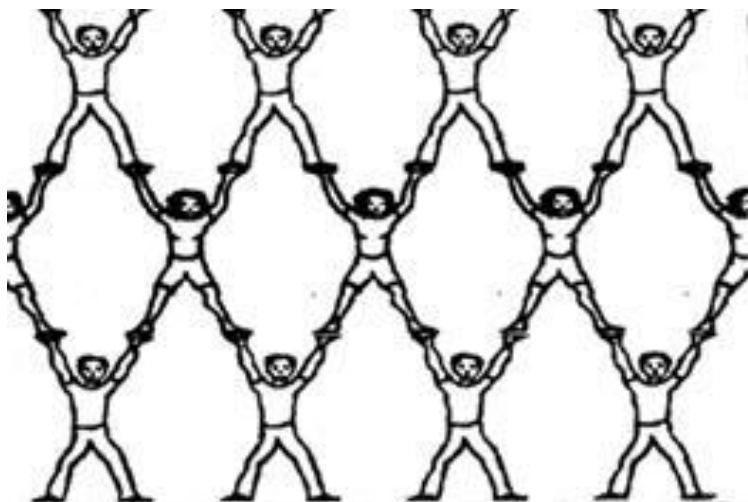
**алмаз(C), графит(C), кремний(Si), германий(Ge), бор (B), песок (SiO<sub>2</sub>), карборунд (SiC), нитрид бора (BN), черный и красный фосфор**



Кристаллическая решётка алмаза.

Структура отличается таким внутренним единством, что можно сказать, что весь кристалл представляет одну молекулу.

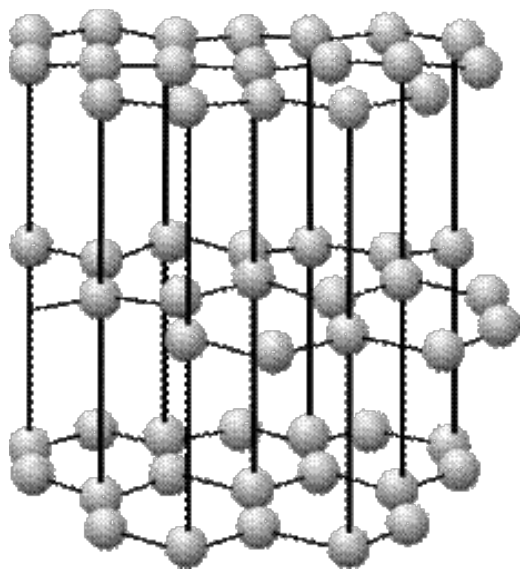
Представим эту структуру в виде гимнастической пирамиды



**Кристаллическая  
решётка алмаза.**

Каждый гимнаст на ней символизирует атом углерода, связанный четырьмя ковалентными связями с соседними атомами. Целостность структуры поддерживается исключительно благодаря усилиям каждого из гимнастов. Пирамида демонстрирует также высокую взаимосвязанность узлов атомной кристаллической решетки: стоит одному из гимнастов ослабить только одну связку, и вся структура может рухнуть.

В кристалле графита атомы углерода связаны несколько по-иному. Они объединены в плоские слои, состоящие из правильных шестиугольников.



**Кристаллическая  
структура графита**

Расстояние между слоями в графите довольно велико, а силы взаимодействия между ними довольно слабы (в основном это слабые межмолекулярные связи, показанные пунктирными линиями), поэтому графит может расщепляться на тонкие чешуйки.

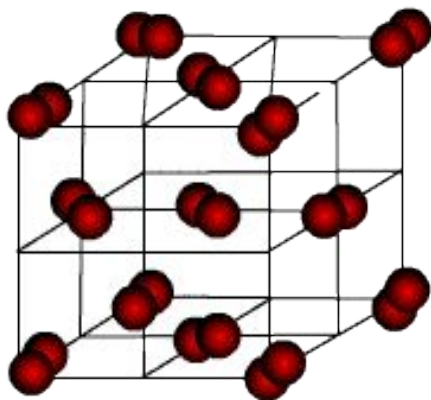
Чешуйки легко прилипают к бумаге – вот почему из графита делают грифели карандашей.





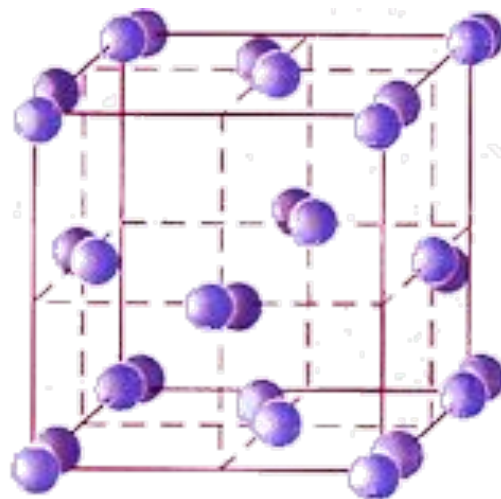
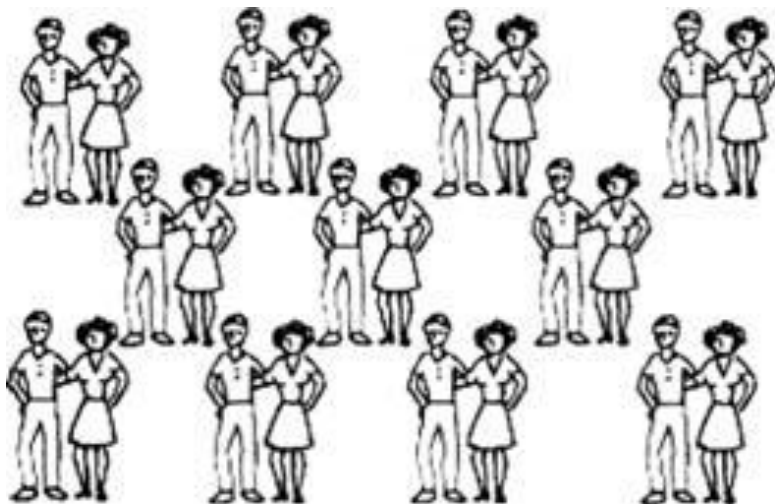
## МОЛЕКУЛЯРНЫЕ

1. Молекулярными называют кристаллические решётки, в узлах которых располагаются молекулы. Химические связи в них ковалентные, как полярные, так и неполярные. Связи в молекулах прочные, но **между молекулами связи не прочные.**
2. Вещества с МКР имеют малую твёрдость, плавятся при низкой температуре, летучие, при обычных условиях находятся в газообразном или жидком состоянии
3. К ним относятся: **«сухой лед»(твёрдый  $\text{CO}_2$ ), вода( $\text{H}_2\text{O}$ ), аммиак ( $\text{NH}_3$ ),  $\text{HCl}$ , галогены,  $\text{Ar}$ , сера  $\text{S}_8$ , этанол( $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ ), глюкоза ( $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ ), фенол ( $\text{C}_6\text{H}_5\text{-OH}$ ) белый фосфор  $\text{P}_4$ .**  
**NB!!! Практически все органические вещества также образуют молекулярные кристаллы.**



- молекулярная  
кристаллическая решётка  $\text{I}_2$

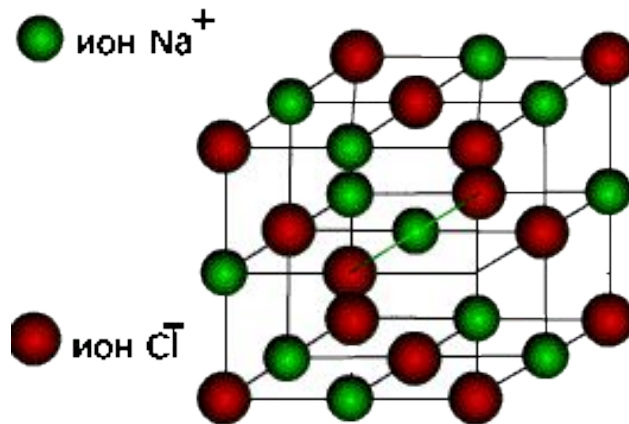
Можно уподобить эту структуру группе семейных пар В каждой паре супругов связывают прочные узы брака (подобно прочной связи атомов внутри молекулы), а вот отношения между парами носят поверхностный характер: они могут дружить семьями, испытывать дружеские чувства, но довольно свободно могут обойтись и друг без друга.



**Группа супружеских пар (аналогия молекулярного кристалла).**

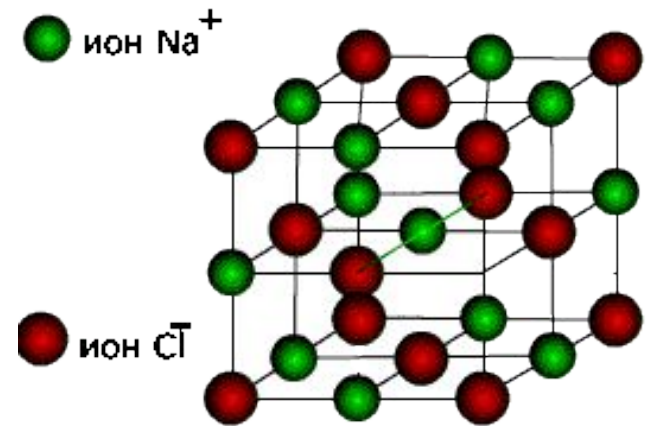
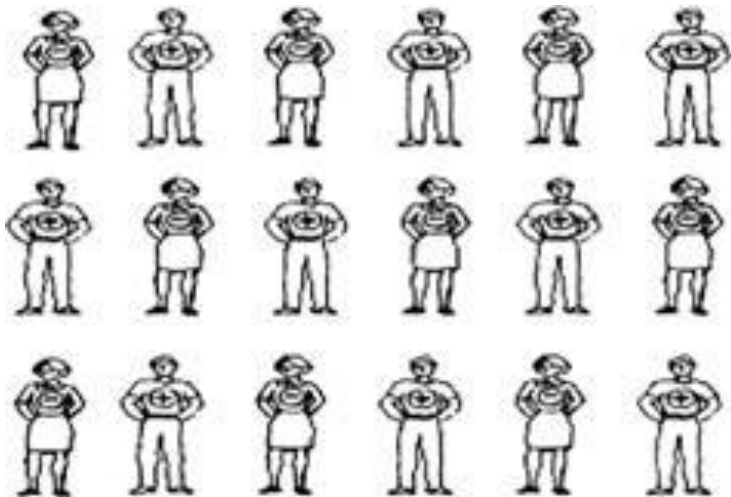
## ИОННЫЕ

1. Ионными называют кристаллические решетки, в узлах которых находятся ионы. Их образуют вещества с ионной связью.
2. Ионные кристаллические решётки имеют:  
основные оксиды, щелочи, соли, гидриды ( $\text{NaN}$ ,  $\text{CaH}_2$ ), нитриды ( $\text{Na}_3\text{N}$ ,  $\text{Ca}_3\text{N}_2$ ), фосфиды ( $\text{Na}_3\text{P}$ ,  $\text{Mg}_3\text{P}_2$ ,  $\text{AlP}$ ).
3. Связи между ионами в кристалле очень прочные и устойчивые. Поэтому: вещества с ионной решёткой обладают высокой твёрдостью и прочностью, тугоплавки и нелетучи.



Строение кристалла поваренной соли, в узлах которого находятся ионы хлора и натрия:

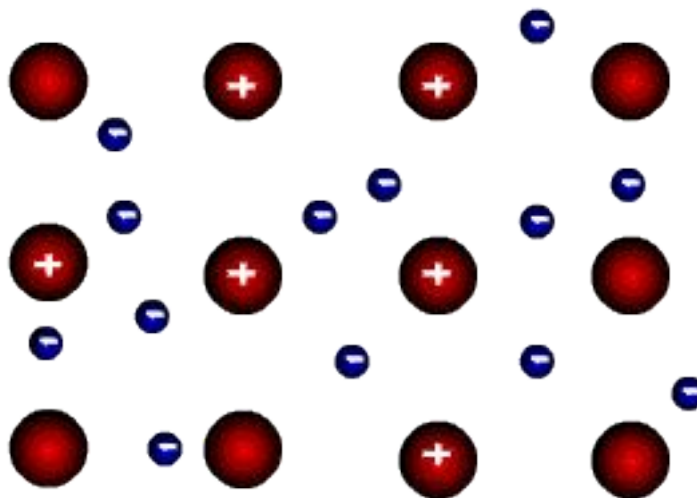
Уподобим ионную структуру группе расположенных в шахматном порядке мужчин и женщин. Пусть мужчины символизируют катионы, а женщины - анионы. Тогда каждый человек оказывается в зоне действия обаяния окружающих его представителей противоположного пола, к которым он (она) в силу закона притяжения противоположностей испытывает интерес. Интерес этот одинаково выражен во всех направлениях, поскольку на рисунке - холостые мужчины и незамужние женщины. Этим и объясняется повышенная прочность ионного кристалла.



**Романтическая сила влечения – аналогия ионного кристалла.**

## МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ

Металлическими называют решётки, в узлах которых находятся атомы и ионы металла.



Для металлов характерны физические свойства: пластичность, ковкость, металлический блеск, высокая электро- и теплопроводность.

s-металлы обычно имеют низкие температуры плавления, d-металлы – более высокие.

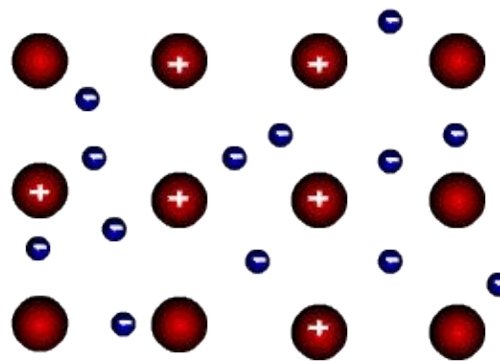
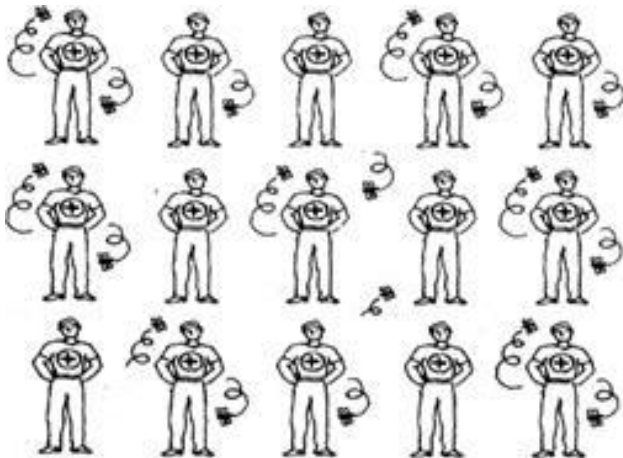
Для иллюстрации строения металлов в твердом состоянии можно провести экстравагантную аналогию:

Группа мужчин изображает катионы металлов (узлы металлической кристаллической решетки).

Все пространство между ними заполнено летающими пчелами (это, понятно, свободные электроны).

Рисунок убедительно иллюстрирует силы, удерживающие одноименно заряженные катионы в узлах решетки:

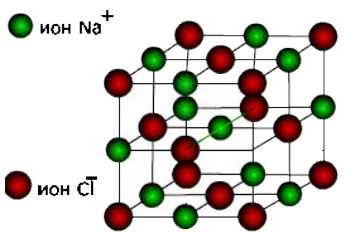
**при всем желании деваться некуда – всюду пчелы!**



**Среди пчел - аналогия структуры металла.**

# Типы кристаллических решеток

<b>Тип решетки</b>	<b>Краткая характеристика</b>	<b>Свойства веществ с данным типом решетки</b>
<p><b>Атомная</b> Алмаз, графит, кремний, германий, бор, черный фосфор и красный фосфор <math>\text{SiO}_2</math>, <math>\text{SiC}</math>, <math>\text{BN}</math></p> 	<p>В узлах решетки находятся отдельные атомы, соединенные между собой ковалентными прочными связями</p>	<p>Большая прочность, твердость, высокие температуры плавления и кипения, практически нерастворимы в воде</p>
<p><b>Молекулярная</b> «Сухой лед» (твердый <math>\text{CO}_2</math>), аммиак, <math>\text{HCl}</math>, галогены, белый фосфор, этанол, глюкоза, фенол</p> 	<p>В узлах решетки находятся молекулы, связанные друг с другом слабыми межмолекулярными силами</p>	<p>В обычных условиях – газы, жидкости или легкоплавкие твердые вещества, плохо растворимые в воде, летучи</p> <p>55</p>

Тип решетки	Краткая характеристика	Свойства веществ с данным типом решетки
<p><b>Ионная</b></p> <p>Основные оксиды, щелочи, соли, гидриды металлов (<math>\text{NaNH}_2</math>, <math>\text{CaH}_2</math>), нитриды (<math>\text{Na}_3\text{N}</math>, <math>\text{Ca}_3\text{N}_2</math>), фосфиды (<math>\text{Na}_3\text{P}</math>, <math>\text{Mg}_3\text{P}_2</math>, <math>\text{AlP}</math>),</p> 	<p>В узлах решетки находятся разноименно заряженные атомные или молекулярные ионы, прочно связанные между собой силами электростатического притяжения</p> <p><b>NB! Понятие «молекула» для веществ с ионной кристаллической решеткой неприменимо!</b></p>	<p>Тугоплавки, мало летучи, без запаха, хорошо растворимы в воде, в твердом состоянии не проводят электрический ток, т.к в ионных кристаллах нет свободных электронов, а сами ионы не могут свободно перемещаться по кристаллу</p>
<p><b>Металлическая</b></p> <p>Металлы</p> 	<p>В узлах решетки находятся нейтральные и ионизированные атомы, окруженные свободными электронами («электронный газ»)</p>	<p>Высокая электро- и теплопроводность (переходные Me в сравнении с металлами главных подгрупп имеют более высокие <math>T_{\text{пл.}}</math> и <math>T_{\text{кип.}}</math>, плотность.</p>



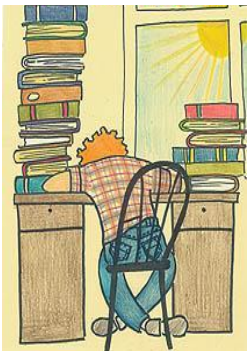


атомная решетка

молекулярная решетка

ионная решетка

металлическая решетка



# Тест №7

## Химическая связь

(один вариант ответа)

**1) Атомы химических элементов 2-го периода периодической системы Д. И. Менделеева образуют соединения с ионной химической связью состава:**



**2) В веществах, образованных путем соединения одинаковых атомов, химическая связь:**

- 1) ионная
- 2) ковалентная полярная
- 3) ковалентная неполярная
- 4) водородная

### **3) Химическая связь в молекуле фтороводорода:**

- 1) ковалентная полярная
- 2) ковалентная неполярная
- 3) ионная
- 4) водородная

## 4) В нитриде калия химическая связь:

- 1) ковалентная неполярная
- 2) ковалентная полярная
- 3) металлическая
- 4) ионная

**5) Число  $\pi$ -связей между атомами углерода в молекуле ацетилена равно:**

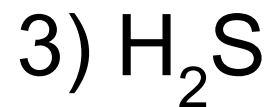
1) 1

2) 2

3) 3

4) 4

**6) Наибольшую температуру  
плавления имеет вещество:**

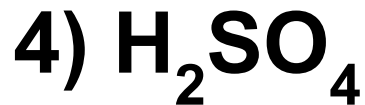




**7) В каком соединении ковалентная связь между атомами образуется по донорно-акцепторному механизму?**



**8 ) Отрицательная степень окисления у атома серы в соединении:**



**9) Степень окисления железа в соединении  $\text{FeSO}_3$  равна:**

1) +1

2) +2

3) +3

4) +6

**10) Степень окисления молибдена в соединении  $\text{Na}_2\text{MoO}_4$  равна:**

**1) +4**

**2) +6**

**3) -4**

**4) -6**

# 11) Ионную кристаллическую решетку имеет:

- 1) фторид натрия
- 2) вода
- 3) серебро
- 4) бром

**12) Кристаллическая решетка оксида углерода (IV)  $\text{CO}_2$  является:**

- 1) ионной
- 2) атомной
- 3) молекулярной
- 4) металлической

**13) Утверждение о том, что структурной частицей данного вещества является молекула, справедливо только для:**

- 1) алмаза
- 2) азота
- 3) кремния
- 4) поваренной соли

**14) Для какой пары веществ структурной единицей является ион?**

- 1)  $\text{CH}_4$  и  $\text{I}_2$
- 2)  $\text{SO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$
- 3)  $\text{Cl}_2$  и  $\text{NH}_3$
- 4)  $\text{LiF}$  и  $\text{KCl}$



**15) Только молекулярную кристаллическую решетку имеют простые вещества, образованные элементами главной подгруппы:**

- 1) VII группы
- 2) VI группы
- 3) V группы
- 4) IV группы

## **16) Простые вещества, образованные элементами главной подгруппы I группы:**

- 1) имеют молекулярное строение
- 2) имеют металлическую кристаллическую решетку
- 3) образуют кристаллы с ионной кристаллической решеткой
- 4) являются аморфными веществами

**17) Наибольшую температуру  
плавления имеет вещество,  
формула которого:**

- 1)  $\text{CH}_4$
- 2)  $\text{SiO}_2$
- 3) Sn
- 4) KF

**18) К числу веществ с молекулярным строением принадлежит:**

- 1) алмаз  $C$
- 2) известняк  $CaCO_3$
- 3) кварц  $SiO_2$
- 4) сахароза  $C_{12}H_{22}O_{11}$

## **19) Атомную кристаллическую решетку имеет**

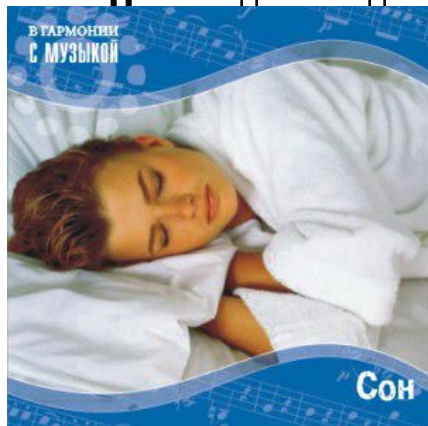
- 1) азот
- 2) кремний
- 3) красный фосфор
- 4) олово

## 20. Молекулярное строение имеет:

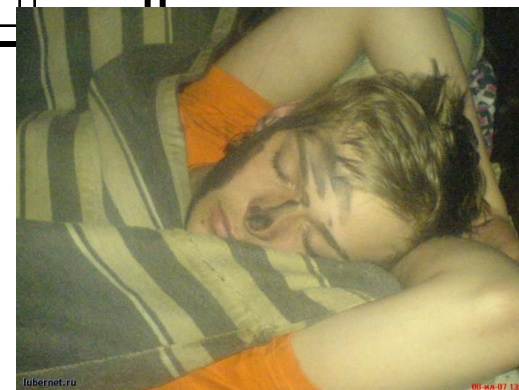
- 1) графит
- 2) сульфат железа(III)
- 3) оксид железа(III)
- 4) оксид углерода(IV)

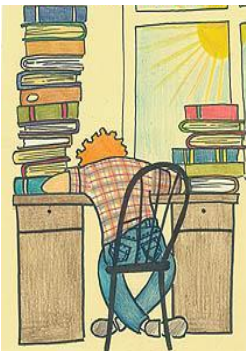
# Отвѣты (Тест 7)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
14	13	14	14	12	14	13	14	19	20
1	2	3	4	5	6	7	8	9	0



2 4 1 2 2 4 2





# Тест №8

## Химическая связь

(один вариант ответа)



**1. Число водородных связей, которое может образовать каждая молекула глицерина, равно**

1) 3

2) 1

3) 2

4) 0

**2. Степень окисления железа в соединении  $K_4[Fe(CN)_6]$  равна**

- 1) 0
- 2) +3
- 3) +2
- 4) +1

**3. Верны ли следующие суждения о веществах с молекулярной кристаллической решеткой?**

**А) эти вещества тугоплавкие;**

**Б) эти вещества обладают высокой электропроводностью.**

1) верно только А

2) верно только Б

3) оба суждения верны

4) оба суждения неверны

## 4. Из предложенных веществ выберите соли:

А) $\text{NH}_4\text{Cl}$	В) $\text{N}_2\text{H}_2$	Д) $\text{CS}_2$	Ж) $\text{Al}_4\text{C}_3$
Б) $\text{NaN}$	Г) $\text{K}[\text{Al}(\text{OH})_4]$	Е) $\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_3\text{Cl}$	З) $\text{CH}_3\text{COH}$

- 1) Б, Д, Е
- 2) А, В, Ж
- 3) А, Г, Е
- 4) Г, Е, З

## 5. Высший гидроксид хрома

- 1) проявляет кислотные свойства
- 2) проявляет основные свойства
- 3) проявляет амфотерные свойства
- 4) не проявляет кислотно-основных свойств

## 6. Какому из указанных оксидов не соответствует гидроксид?

- 1) оксиду серы (IV)
- 2) оксиду углерода (IV)
- 3) оксиду углерода (II)
- 4) оксиду азота(III)

# 7. Энергия связи между атомами углерода в ряду одинарная-двойная-тройная

- 1) уменьшается
- 2) увеличивается
- 3) не изменяется
- 4) увеличивается, а затем уменьшается

**8. Степень окисления атома углерода  
в соединении  $\text{CH}_2\text{Cl}_2$  равна**

1) -4

2) 0

3) +4

4) +2



## 9. Понятие «молекула» неприменимо по отношению к структурной единице вещества

- 1) хлороформа
- 2) кислорода
- 3) алмаза
- 4) озона

# **10. Длина связи и энергия связи Э-Н у элементов VA группы Периодической системы химических элементов Д.И. Менделеева соответственно**

- 1) уменьшается и уменьшается
- 2) увеличивается и увеличивается
- 3) увеличивается и уменьшается
- 4) уменьшается и увеличивается

# 11. Атомная кристаллическая решетка характерна для

- 1) алюминия и карбида кремния
- 2) серы и иода
- 3) оксида кремния и хлорида натрия
- 4) алмаза и бора

## 12. Соединения, образованные только ковалентной полярной связью



- 1) А, В, Г    2) Б, Г, Д    3) А, Б, Д    4) В, Г, Д

**13. Если вещество хорошо растворимо в воде, имеет высокую температуру плавления, неэлектропроводно, то его кристаллическая решетка**

- 1) молекулярная
- 2) атомная
- 3) ионная
- 4) металлическая

# 14. Вещества, которые не могут образовывать межмолекулярные водородные связи



**15. Атомы азота в нитрате аммония, находящиеся в составе катиона и аниона, проявляют степени окисления соответственно**

1) +3 и 5

2) -3 и +5

3) +1 и +3

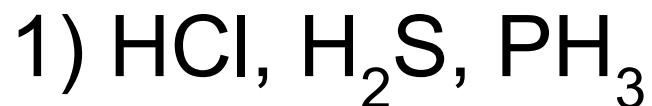
4) +5 и -3

**16. При комнатной температуре  
вещество газообразное, плохо  
растворимое в воде,  
неэлектропроводное. Его  
кристаллическая решетка**

- 1) Атомная
- 2) Молекулярная
- 3) Ионная
- 4) Металлическая



**17. Вещества расположены в соответствии с увеличением полярности связи Э-Н в ряду**



**18. Верны ли следующие суждения о веществах с ковалентной полярной связью?**

**А. В узлах кристаллической решетки находятся атомы.**

**Б. Как правило, вещества с ковалентной полярной связью тугоплавки.**

- 1) верно только А
- 2) верно только Б
- 3) оба суждения верны
- 4) оба суждения неверны

## 19. Атомную кристаллическую решетку не образует

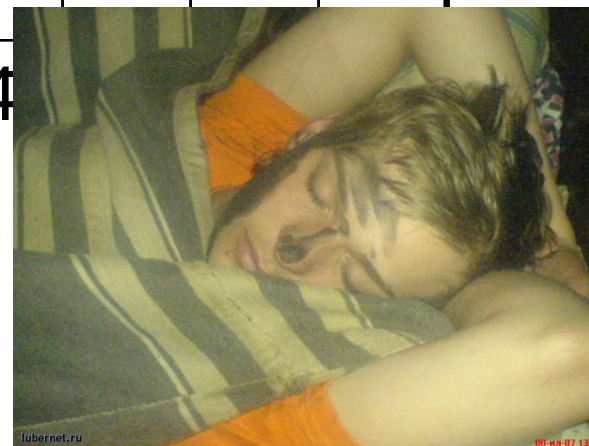
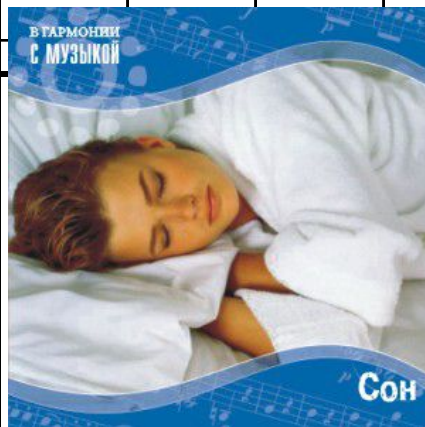
- 1) кремний
- 2) германий
- 3) алюминий
- 4) углерод

## 20. В ряду HF, HClO, HBr, HI кислотные свойства

- 1) изменяются периодически
- 2) ослабевают
- 3) не изменяются
- 4) усиливаются

# ОТВЕТЫ (Тест 8)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	3	4	3	1	3	2	2	3	3
4	2	3	4						





**Спасибо за внимание!**