

# Основные характеристики ковалентной связи.

Молчанова Елена Робертовна.

МБОУ СОШ 144

Красноярск 2009.



Основными характеристиками ковалентной (КС) связи являются длина, энергия, полярность, поляризуемость, направленность в пространстве, насыщенность.

Длина связи - расстояние между химически связанными атомами называют длиной связи.

- Как правило, длина химической связи меньше, чем сумма радиусов атомов, за счет перекрывания электронных облаков.

	HF	HCl	HBr	HI
Длина связи, пм	92	128	141	160
Энергия связи, кДж/моль	565	431	364	217

- При образовании химической связи всегда происходит сближение атомов – расстояние между ними меньше, чем сумма радиусов изолированных атомов.

- 1. Длина химической связи элемент-водород в ряду соединений
  - $\text{CH}_4 - \text{BH}_3 - \text{BeH}_2 - \text{LiH}$ :
  - 1) уменьшается;
  - 2) увеличивается;
  - 3) сначала увеличивается, затем уменьшается;
  - 4) сначала уменьшается, затем увеличивается.
- 2. Химическая связь наименее прочна в молекуле:
  - 1) бромоводорода;
  - 2) хлороводорода;
  - 3) иодоводорода;
  - 4) фтороводорода.

- 3. Длина связи уменьшается в ряду

- 1) HF, H<sub>2</sub>, HCl;

- 2) CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, J<sub>2</sub>O<sub>5</sub>;

- 3) H<sub>2</sub>O, NH<sub>3</sub>, SiH<sub>4</sub>;

- 4) ClF, HCl, HF.

- 4. Длина связи наименьшая в молекуле:

- 1) H<sub>2</sub>S

- 2) SF<sub>6</sub>

- 3) SO<sub>2</sub>

- 4) SO<sub>3</sub>

- 5. Длина связи увеличивается в ряду :

- 1)  $\text{CCl}_4$  -  $\text{CBr}_4$  -  $\text{CF}_4$  ;
- 2)  $\text{SO}_2$  -  $\text{SeO}_2$  -  $\text{TeO}_2$  ;
- 3)  $\text{H}_2\text{S}$  -  $\text{H}_2\text{O}$  -  $\text{H}_2\text{Se}$  ;
- 4)  $\text{P}_2\text{O}_5$  -  $\text{P}_2\text{S}_5$  -  $\text{PCl}_5$  .

- 6. Длина связи увеличивается в ряду:

- 1)  $\text{PCl}_5$ ,  $\text{PF}_5$  ;
- 2)  $\text{ClF}_3$ ,  $\text{BrF}_3$  ;
- 3)  $\text{SnCl}_4$ ,  $\text{SiCl}_4$  ;
- 4)  $\text{C}_2\text{H}_6$ ,  $\text{C}_2\text{H}_4$  .

- 7. Длина связи в ряду  $\text{H}_2\text{Te} \rightarrow \text{H}_2\text{Se} \rightarrow \text{H}_2\text{S}$

- 1) не изменяется;
- 2) увеличивается;
- 3) уменьшается;
- 4) сначала уменьшается, затем растёт.

- 8. Длина ковалентной связи увеличивается в ряду

- 1)  $\text{PCl}_3, \text{PBr}_3, \text{PH}_3$ ;
- 2)  $\text{NH}_3, \text{NF}_3, \text{NCl}_3$ ;
- 3)  $\text{SO}_2, \text{CO}_2, \text{NO}_2$ ;
- 4)  $\text{BrCl}_3, \text{BrF}_3, \text{HBr}$ .

- 9. Длина связи Э-Cl увеличивается в ряду
- 1) хлорид углерода (IV), хлорид сурьмы (III);
- 2) хлорид мышьяка (III), хлорид фосфора (III);
- 3) хлорид олова (IV), хлорид фосфора (V);
- 4) хлорид ванадия (III), хлорид бора (III).

- 10. Длина связи Э-О увеличивается в ряду
- 1) оксид кремния (IV), оксид углерода (IV); 2) оксид серы (IV), оксид теллура (IV);
- 3) оксид стронция, оксид бериллия;
- 4) оксид серы (IV), оксид углерода (IV).

## Энергия связи.

Существенной характеристикой химической связи является ее прочность. Для оценки прочности связей обычно пользуются понятием *энергии связей*.

*Энергия связи* – энергия,  
выделяющаяся при ее  
образовании, или необходимая  
для разъединения двух  
связанных атомов.

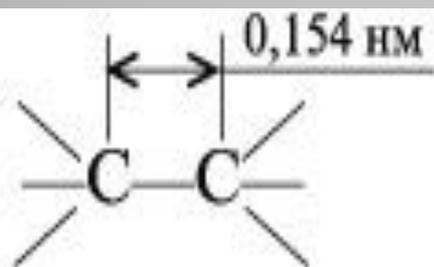
- Химическое соединение образуется из отдельных атомов только в том случае, если это энергетически выгодно.
- Чем выше энергия химической связи, тем прочнее связь.
- Таким образом, при образовании химической связи энергия выделяется, при ее разрыве – поглощается. Энергия  $E_0$ , необходимая для того, чтобы разъединить атомы и удалить их друг от друга на расстояние, на котором они не взаимодействуют, называется **энергией связи**.

Связь	Энергия (кДж/моль)	Связь	Энергия (кДж/моль)
C-C	343	C-O	351
C=C	615	C=O	711
C≡C	812	C≡O	1096

Энергия связи характеризует ее прочность.

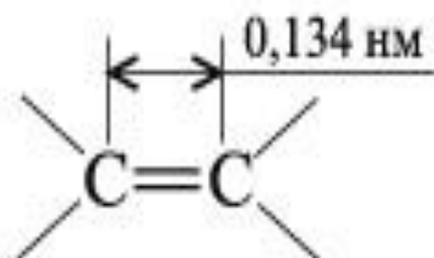
- Энергия ковалентной связи зависит от размеров связываемых атомов (длины связи) и от кратности связи. Чем меньше атомы и больше кратность связи, тем больше ее энергия.

$sp^3$   
валентный  
угол  $109^{\circ}28'$



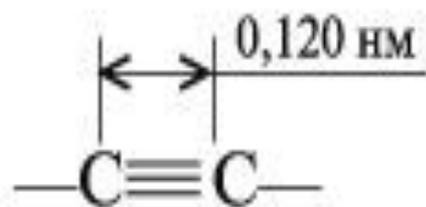
$$E_{\text{св}}(\text{C}-\text{C}) = 352 \text{ кДж/моль},$$

$sp^2$   
валентный  
угол  $120^{\circ}$



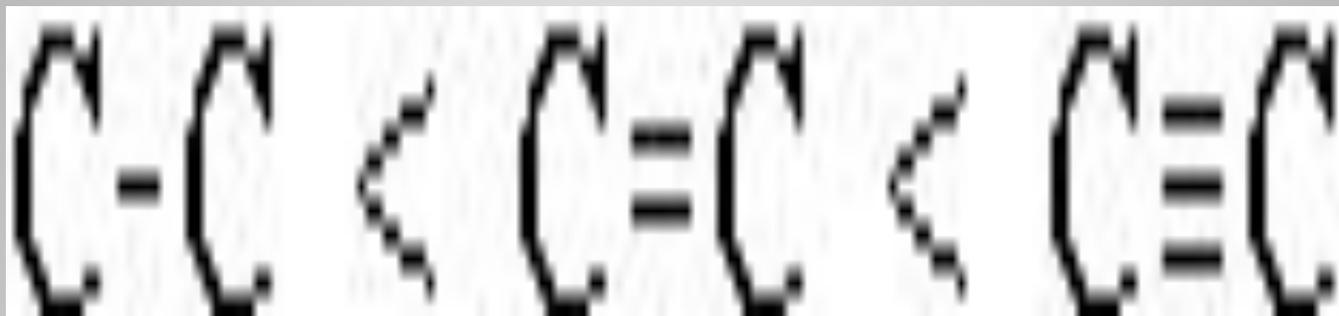
$$E_{\text{св}}(\text{C}=\text{C}) = 587 \text{ кДж/моль},$$

$sp$   
валентный  
угол  $180^{\circ}$



$$E_{\text{св}}(\text{C}\equiv\text{C}) = 839 \text{ кДж/моль}.$$

Энергия связи увеличивается в  
ряду:



# Как изменяется энергия связи и межъядерное расстояние в рядах:

- А) HF, HCl, HBr, HI
- *Увеличивается размер галогенов, следовательно увеличивается межъядерное расстояние. Это значит, что происходит уменьшение энергии связи.*
- Б) NH<sub>3</sub>, PH<sub>3</sub>, AsH<sub>3</sub>
- *Увеличивается размер элементов 5-й группы с увеличением порядкового номера, следовательно увеличивается межъядерное расстояние. Это значит, что происходит уменьшение энергии связи.*

# Наименее прочная химическая связь в молекуле

- 1)  $O_2$
- 2)  $N_2$
- 3)  $Cl_2$
- 4)  $F_2$

•

• *Ответ: 4*

• *У кислорода связь двойная, у азота – тройная. Фтор, казалось бы, должен иметь более прочную связь, но на самом деле связь более прочная у хлора. Это связано с тем, что хлор является элементом третьего периода и у него имеется возможность для дополнительного размещения электронов на d-подуровне.*

- 1. Молекула, в которой наиболее прочная химическая связь:

- 1) HF;
- 2) F<sub>2</sub>;
- 3) H<sub>2</sub>S;
- 4) O<sub>2</sub>.

- 

- 2. Прочность связи увеличивается в ряду: 1) CBr<sub>4</sub>, CCl<sub>4</sub>, CF<sub>4</sub>;

- 2) CO<sub>2</sub>, CS<sub>2</sub>, CCl<sub>4</sub>;
- 3) CF<sub>4</sub>, CH<sub>4</sub>, CO;
- 4) CCl<sub>4</sub>, CF<sub>4</sub>, CBr<sub>4</sub>.

- 3. Прочность углеродной-углеродной связи в ряду этан– бензол–этилен–ацетилен
  - 
  - 1) увеличивается
  - 2) уменьшается
  - 3) сначала увеличивается, затем уменьшается
  - 4) сначала уменьшается, затем увеличивается
  - 
  -

#### 4. Установите соответствие между химической связью и ее энергией

ХИМИЧЕСКАЯ СВЯЗЬ	ЭНЕРГИЯ СВЯЗИ, кДж/моль
А) H-Cl	1) 298
Б) H-Br	2) 569
В) H-F	3) 366
Г) H-I	4) 432

- 5. Прочность связи увеличивается в ряду:

- а)  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{H}_2\text{S}$
- б)  $\text{NH}_3$ ,  $\text{PH}_3$
- в)  $\text{CS}_2$ ,  $\text{CO}_2$
- г)  $\text{N}_2$ ,  $\text{O}_2$

- 6. Наименее прочная химическая связь в молекуле

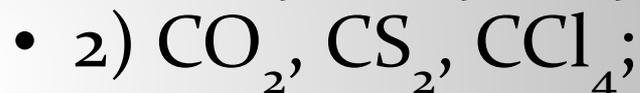
- 1) фтора
- 2) хлора
- 3) брома
- 4) иода

- 7. Прочность связи увеличивается в ряду



- 

- 8. Прочность связи увеличивается в ряду



# Кратность связи- число общих электронных пар, образующих СВЯЗЬ.

Связь	Длина (пм)	Связь	Длина (пм)
C-C	154	C-O	143
C=C	133	C=O	123
C≡C	131	C≡O	113

- Расстояние между атомами существенно уменьшается при образовании кратных связей. **Чем выше кратность связи, тем короче межатомное расстояние.**

- 1. Число химических связей в молекулах увеличивается в ряду

- 1)  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ;
- 2)  $\text{N}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{O}_2$ ;
- 3)  $\text{NH}_3$ ,  $\text{C}_2\text{H}_4$ ,  $\text{PCl}_3$ ;
- 4)  $\text{SO}_3$ ,  $\text{C}_2\text{H}_6$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .

- 

- 2. Число химических связей в молекулах увеличивается в ряду

- 1)  $\text{HClO}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{HClO}_3$ ;
- 2)  $\text{O}_2$ ,  $\text{CF}_4$ ,  $\text{Cl}_2$ ;
- 3)  $\text{NF}_3$ ,  $\text{C}_2\text{H}_2$ ,  $\text{PCl}_5$ ;
- 4)  $\text{SO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ .

- 3. Число химических связей в молекулах увеличивается в ряду

- 1)  $\text{HClO}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{HCl}$ ;

- 2)  $\text{O}_2$ ,  $\text{CF}_4$ ,  $\text{C}_2\text{H}_6$ ;

- 3)  $\text{HF}$ ,  $\text{C}_2\text{H}_2$ ,  $\text{PF}_3$ ;

- 4)  $\text{SO}_2$ ,  $\text{CCl}_4$ ,  $\text{Na}_2\text{S}$ .

- 

- 4. Число химических связей в молекулах уменьшается в ряду

- 1)  $\text{HClO}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{HClO}_3$ ;

- 2)  $\text{O}_2$ ,  $\text{CF}_4$ ,  $\text{PCl}_5$ ;

- 3)  $\text{NF}_3$ ,  $\text{C}_2\text{H}_2$ ,  $\text{PCl}_5$ ;

- 4)  $\text{SO}_3$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{H}_2\text{S}$

- 5. Число химических связей в молекулах уменьшается в ряду

- 1)  $\text{HCl}$ ,  $\text{CS}_2$ ,  $\text{HClO}_2$ ;

- 2)  $\text{CF}_4$ ,  $\text{Cl}_2$ ,  $\text{Ar}$ ;

- 3)  $\text{NH}_3$ ,  $\text{C}_2\text{H}_4$ ,  $\text{PCl}_5$ ;

- 4)  $\text{S}$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{SO}_2$ .

- 6. Число  $\sigma$ -связей увеличивается в ряду

- 1)  $\text{CO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_2$ ;

- 2)  $\text{C}_2\text{H}_6$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{SO}_3$ ;

- 3)  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{C}_2\text{H}_2$ ,  $\text{N}_2$ ;

- 4)  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ,  $\text{CrO}_3$ ,  $\text{C}_2\text{H}_4$ .

• 7. Число химических связей в молекулах увеличивается в ряду

- 1)  $\text{NCl}_3$ ,  $\text{C}_2\text{H}_6$ ,  $\text{PCl}_5$ ;
- 2)  $\text{CCl}_4$ ,  $\text{Cl}_2$ ,  $\text{O}_2$ ;
- 3)  $\text{HI}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{HClO}_4$ ;
- 4)  $\text{As}_2\text{O}_3$ ,  $\text{F}_2$ ,  $\text{SO}_2$ .

• 8. Число  $\pi$ -связей уменьшается в ряду

- 1)  $\text{CO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_2$ ;
- 2)  $\text{C}_2\text{H}_2$ ,  $\text{C}_2\text{H}_4$ ,  $\text{C}_2\text{H}_6$ ;
- 3)  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{C}_2\text{H}_2$ ,  $\text{N}_2$ ;
- 4)  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ,  $\text{CrO}_3$ ,  $\text{C}_2\text{H}_4$ .
-

- 9. Число двойных связей увеличивается в ряду

- 1)  $\text{SO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ;
- 2)  $\text{C}_2\text{H}_4$ ,  $\text{C}_2\text{H}_2$ ,  $\text{NO}$ ;
- 3)  $\text{NO}$ ,  $\text{CS}_2$ ,  $\text{SO}_3$ ;
- 4)  $\text{N}_2$ ,  $\text{PCl}_3\text{O}$ ,  $\text{C}_3\text{H}_6$ .

- 10. Вещество, имеющее молекулу с кратной связью

- 1) оксид углерода (IV); 2) хлор;
- 3) аммиак;
- 4) сероводород.
-

• 11. Число  $\sigma$ -связей уменьшается в ряду

- 1)  $SF_6$ ,  $SO_2$ ,  $SO_3$ ;
- 2)  $H_3PO_4$ ,  $WF_6$ ,  $SiCl_4$ ;
- 3)  $NH_3$ ,  $HClO_4$ ,  $SiF_4$ ;
- 4)  $H_2SO_4$ ,  $PCl_5$ ,  $JF_7$ .

• 12. Число двойных связей уменьшается в ряду

- 1)  $NO$ ,  $CS_2$ ,  $SO_3$ ;
- 2)  $C_2H_4$ ,  $C_2H_2$ ,  $NO$ ;
- 3)  $SO_3$ ,  $H_2SO_4$ ,  $H_3PO_4$ ;
- 4)  $N_2$ ,  $PCl_3O$ ,  $C_3H_6$ .

• 13. Число двойных связей увеличивается в ряду

- 1)  $\text{SO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_3$ ,  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ;
- 2)  $\text{C}_2\text{H}_6$ ,  $\text{C}_2\text{H}_4$ ,  $\text{NO}$ ;
- 3)  $\text{CO}$ ,  $\text{CS}_2$ ,  $\text{SO}_3$ ;
- 4)  $\text{N}_2$ ,  $\text{PCl}_3\text{O}$ ,  $\text{C}_3\text{H}_6$ .

• 14. Число  $\sigma$ -связей увеличивается в ряду

- 1)  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{PCl}_5$ ,  $\text{HJ}$ ;
- 2)  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ,  $\text{WF}_6$ ,  $\text{SiCl}_4$ ;
- 3)  $\text{NH}_3$ ,  $\text{HClO}_4$ ,  $\text{SiF}_4$ ;
- 4)  $\text{SO}_2$ ,  $\text{SO}_3$ ,  $\text{SF}_6$ .

• 15. Число двойных связей уменьшается в ряду

- 1)  $\text{NO}$ ,  $\text{CS}_2$ ,  $\text{SO}_3$ ;
- 2)  $\text{C}_2\text{H}_4$ ,  $\text{C}_2\text{H}_2$ ,  $\text{NO}$ ;
- 3)  $\text{SO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ;
- 4)  $\text{N}_2$ ,  $\text{PCl}_3\text{O}$ ,  $\text{C}_3\text{H}_6$ .

• 16. Число двойных связей увеличивается в ряду

- 1)  $\text{SO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_3$ ,  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ;
- 2)  $\text{C}_2\text{H}_6$ ,  $\text{C}_2\text{H}_4$ ,  $\text{NO}$ ;
- 3)  $\text{CO}$ ,  $\text{CS}_2$ ,  $\text{SO}_3$ ;
- 4)  $\text{N}_2$ ,  $\text{PCl}_3\text{O}$ ,  $\text{C}_3\text{H}_6$ .

# Полярность связи.

- Полярность химической связи зависит от разности электроотрицательностей связываемых атомов.
- Полярность связи обусловлена неравномерным распределением электронной плотности вследствие различий в электроотрицательностях атомов. По этому признаку ковалентные связи подразделяются на неполярные и полярные.

Связь	Энергия, кДж/моль	Длина связи, нм	Дипольный момент, D
$C\equiv C$	814	0,120	0
$C-H$	435	0,107	1,1

	$\Delta$		$\Delta$
Si-H . . . . .	0,3	C-H . . . . .	0,4
N-H . . . . .	0,9	C-N . . . . .	0,5
O-H . . . . .	1,4	C-O . . . . .	1,0
H-F . . . . .	1,9	C-S . . . . .	0,5
H-Cl . . . . .	0,9	C-F . . . . .	1,5
H-Br . . . . .	0,7	C-Cl . . . . .	0,5
H-I . . . . .	0,4	C-Br . . . . .	0,3
Br-Cl . . . . .	0,2	C-I . . . . .	0,0

- 1. Полярность связи

- С-Э уменьшается в ряду

- 1)  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CS}_2$ ,  $\text{CCl}_4$ ;

- 2)  $\text{CF}_4$ ,  $\text{C}_2\text{H}_6$ ,  $\text{CO}_2$ ;

- 3)  $\text{AlCl}_3$ ,  $\text{CCl}_4$ ,  $\text{CF}_4$ ;

- 4)  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CCl}_4$ ,  $\text{CS}_2$ .

- 

- 2. Полярность химической связи Э-Н увеличивается в ряду

- 1)  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{HCl}$ ;

- 2)  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{HF}$ ;

- 3)  $\text{NH}_3$ ,  $\text{C}_2\text{H}_6$ ;

- 4)  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{H}_2\text{Se}$ .

-

- 3. Полярность химической связи O-H увеличивается в ряду

- 1)  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ;
- 2)  $\text{HClO}_4$ ,  $\text{HClO}_3$ ;
- 3)  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{Al}(\text{OH})_3$ ;
- 4)  $\text{H}_3\text{AsO}_4$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .

- 

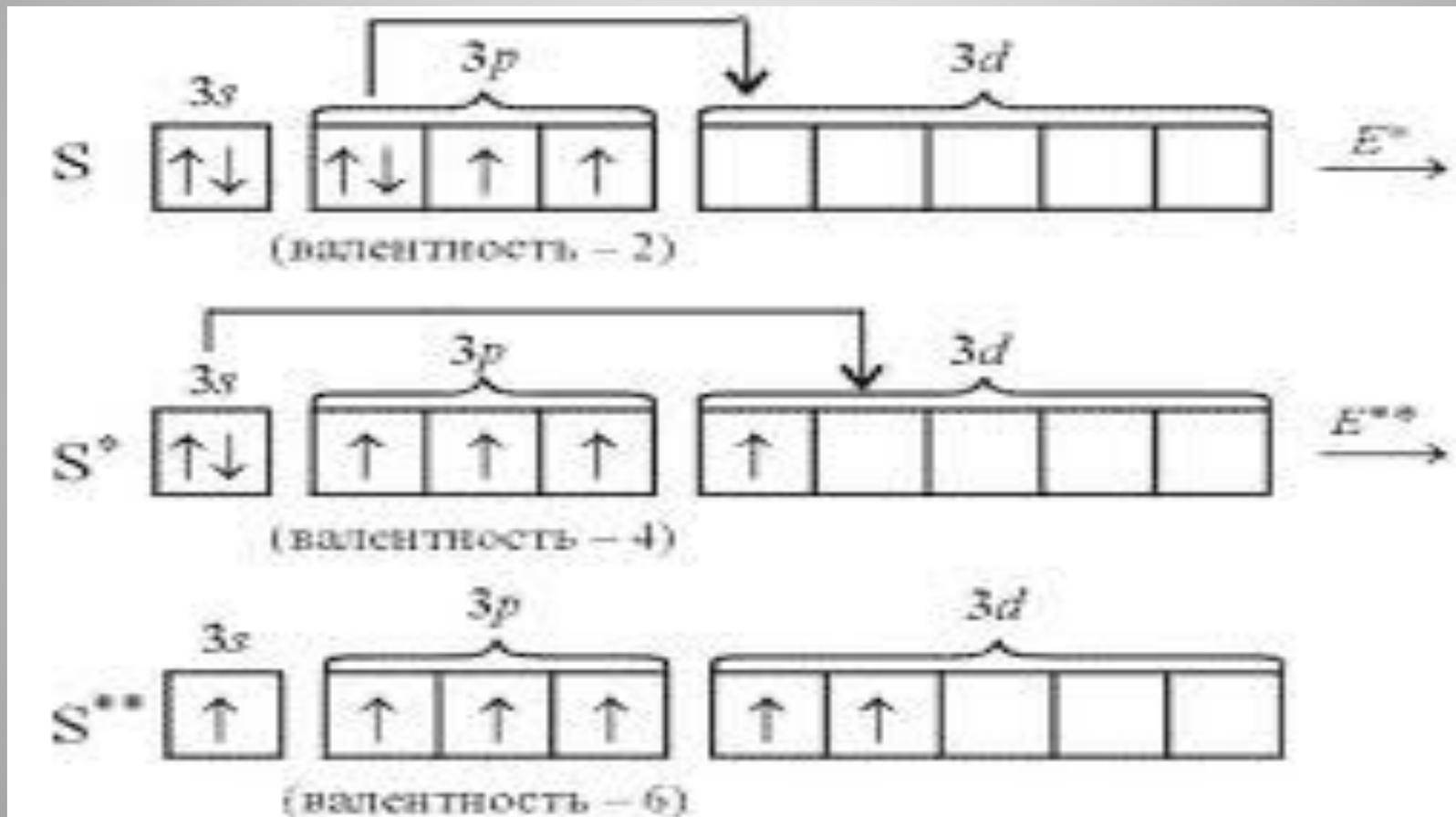
- 4. Полярность химической связи увеличивается в ряду

- 1)  $\text{CO}_2$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{ZnO}$ ,  $\text{CaO}$ ; 2)  $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{ZnSO}_4$ ,  $\text{CuCl}_2$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ;
- 3)  $\text{NaBr}$ ,  $\text{NaCl}$ ,  $\text{KBr}$ ,  $\text{LiF}$ ; 4)  $\text{FeCl}_2$ ,  $\text{CoCl}_2$ ,  $\text{NiCl}_2$ ,  $\text{MnCl}_2$ .

-

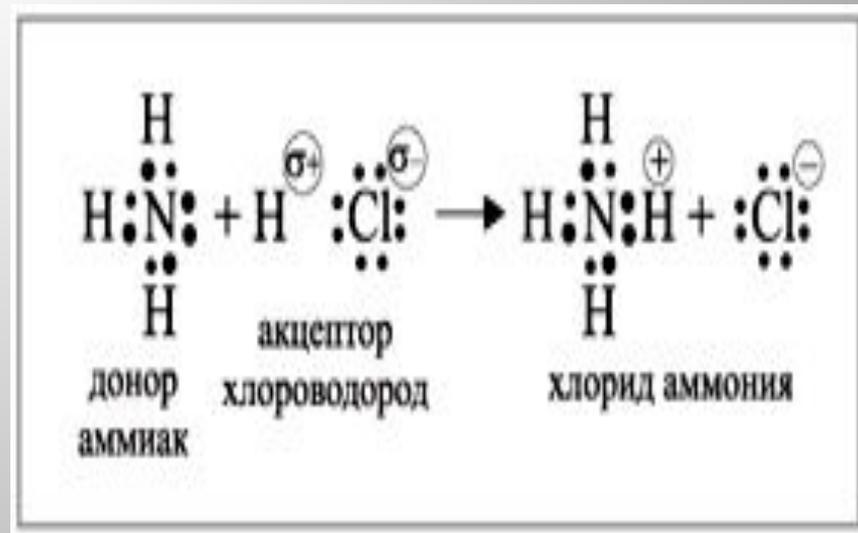
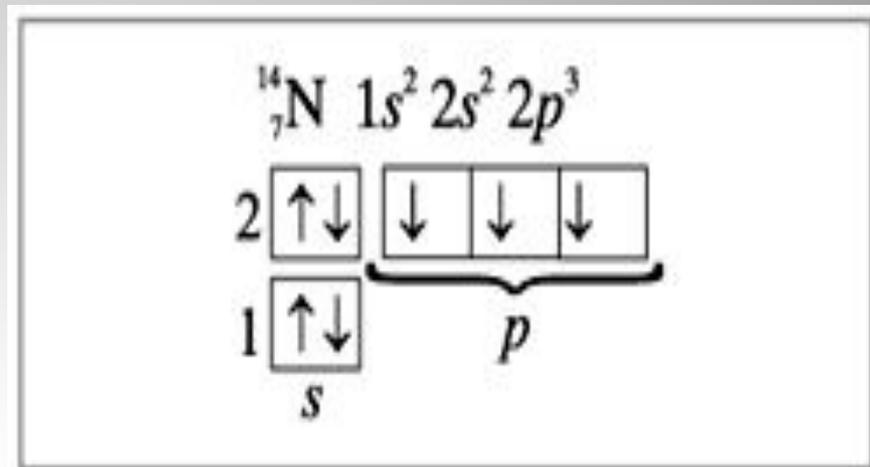
**Насыщаемость** ковалентной связи обусловлена ограниченными валентными возможностями атомов, т.е. их способностью к образованию строго определенного числа связей, которое обычно лежит в пределах от 1 до 6. Общее число валентных орбиталей в атоме, т.е. тех, которые могут быть использованы для образования химических связей, определяет максимально возможную валентность элемента. Число уже использованных для этого орбиталей определяет валентность элемента в данном соединении.

# Валентные возможности атома серы:



# Образование иона аммония.

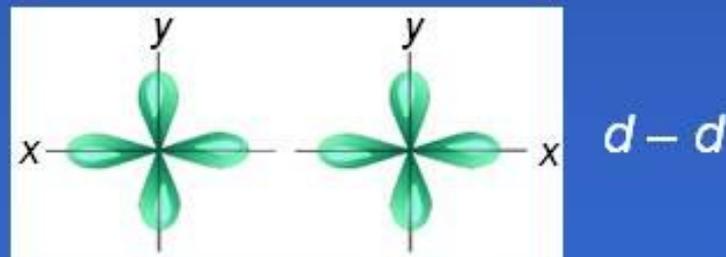
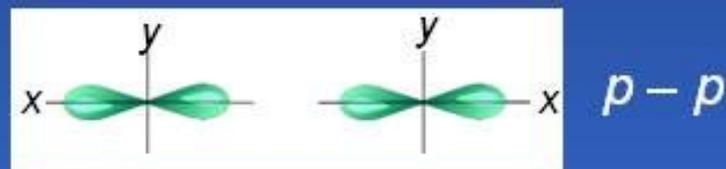
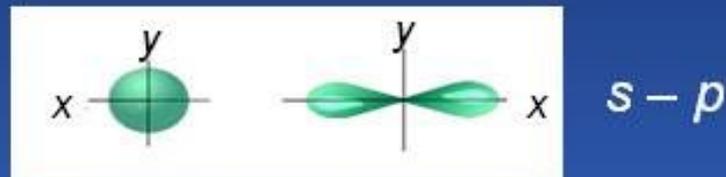
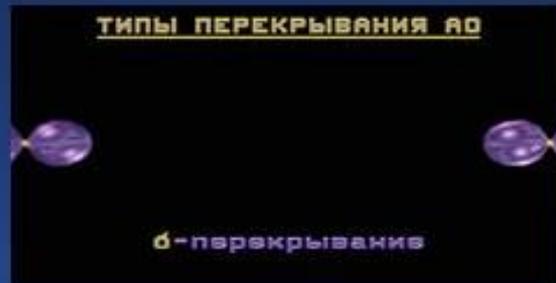
- Число общих электронных пар может быть увеличено за счет образования связи по донорно-акцепторному механизму.



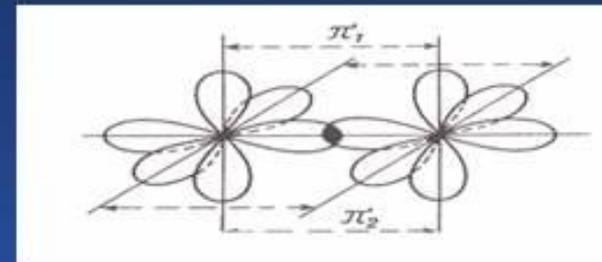
# Направленность-

- – определенное направление химической связи, которое возникает в результате перекрывания электронных облаков. Направленность определяется строением молекулы. *Направленность* ковалентной связи определяет пространственную структуру молекул.

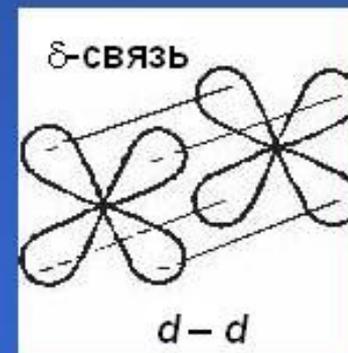
# Направленность ковалентной связи



## $\pi$ -перекрывание



## $\delta$ -перекрывание



# СТРОЕНИЕ МОЛЕКУЛ. РХТУ.

3. Молекула  $\text{BF}_3$  неполярна, молекула  $\text{NF}_3$  - полярна. Объясните причину этого различия в свойствах данных молекул.

**Ответ.** Атом бора в соединении  $\text{BF}_3$  находится в состоянии  $sp^2$ -гибридизации. Эта молекула имеет плоское строение. Углы между химическими связями составляют  $120^\circ$ . Векторная сумма трех дипольных моментов связей В-Ф равна нулю. Таким образом молекула  $\text{BF}_3$  – неполярна.

Атом азота в молекуле  $\text{NF}_3$  находится в состоянии  $sp^3$ -гибридизации с одной неподеленной электронной парой. В результате молекула  $\text{NF}_3$  имеет форму пирамиды с атомом азота в её вершине. Поэтому эта молекула полярна.

3. Определите строение молекул  $\text{SO}_2$  и  $\text{CO}_2$ . Объясните причину различия в строении данных молекул. Какая из этих молекул является полярной и почему?

**Ответ.** Молекула  $\text{CO}_2$  имеет линейное строение (атом углерода находится в  $sp$ -гибридном состоянии), поэтому расположенные на одной прямой противоположно направленные дипольные моменты связей  $\text{C}=\text{O}$  компенсируют друг друга ( $\text{O}\leftarrow\text{C}\rightarrow\text{O}$ ), т.е. молекула  $\text{CO}_2$  **неполярна**.

Поскольку у атома серы в молекуле  $\text{SO}_2$  имеется одна неподеленная электронная пара, эта молекула не является линейной. Дипольные моменты связей  $\text{S}=\text{O}$  складываются (по правилу сложения двух векторов). Следовательно, молекула сернистого ангидрида **полярна**.





