

«Валентный
штрих –
символическое,
абстрагированное
изображение
квантово-
механических
взаимодействий
электрона и
атомных ядер.

**В.М.
Волькинштейн**



ТОМСКИЙ
ПОЛИТЕХ

«ХИМИЧЕСКАЯ СВЯЗЬ»


Лекция № 2

Дисциплина «Химия 1.7»

—
для студентов очного отделения

Лектор: к.т.н., доцент, Мачехина Ксения Игоревна

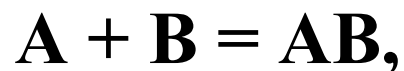
ПЛАН ЛЕКЦИИ

- 
1. Общие сведения о химической связи.
 2. Ковалентная связь.
 3. Ионная связь.
 4. Металлическая связь.
 5. Водородная связь.
 6. Межмолекулярные связи.
 7. Агрегатное состояние веществ
 8. Влияние структуры вещества на его свойства

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ХИМИЧЕСКОЙ СВЯЗИ

Химическая связь – это любое взаимодействие между частицами, при котором выделяется больше 20 кДж энергии.

Основное условие образование химической связи – **понижение полной энергии** многоатомной системы по сравнению с энергией изолированных атомов.



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

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ХИМИЧЕСКОЙ СВЯЗИ

1927 г. Гейтлер и Лондон, применив квантово-механические расчеты, вычислили E и длину связи в молекуле H_2 .



1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ХИМИЧЕСКОЙ СВЯЗИ



Виды химической связи

- Ковалентная
- Ионная
- Металлическая
- Водородная
- Межмолекулярные силы
(силы Ван-дер-Ваальса)

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ХИМИЧЕСКОЙ СВЯЗИ

Характеристики

1) Длина ($l_{\text{св}}$) – межъядерное расстояние между двумя химическими связанными атомами

➤ Длина связи зависит от радиусов атомов:

	HF	HCl	HBr	HI
$l_{\text{св.}}$, нм	0,092	0,128	0,142	0,162

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ХИМИЧЕСКОЙ СВЯЗИ

Характеристики

1) **Длина ($l_{\text{св}}$)** – межъядерное расстояние между двумя химическими связанными атомами

➤ Длина связи зависит от кратности связи:

Связь	C–C	–C=C–	–C≡C–
$l_{\text{св.}}$, нм	0,154	0,134	0,120

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ХИМИЧЕСКОЙ СВЯЗИ

2) Энергия — энергия, затрачиваемая на разрыв химической связи, [кДж/моль]

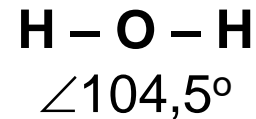
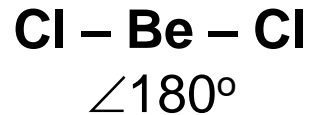
Чем больше длина связи, тем меньше её энергия.

	HF	HCl	HBr	HI
$l_{\text{св.}}$, нм	0,092	0,127	0,142	0,162
$E_{\text{св.}}$, кДж/моль	536	432	360	299

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ХИМИЧЕСКОЙ СВЯЗИ

3) Валентный угол –

угол между связями, которые образуют атомы в молекуле



4) Полярность связи –

смещение электронной плотности к более электроотрицательному атому

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ХИМИЧЕСКОЙ СВЯЗИ

Дипольный момент (μ)

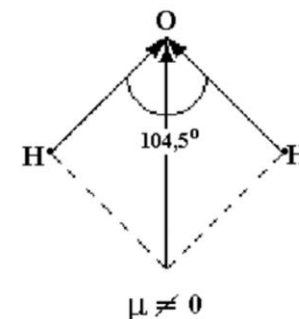
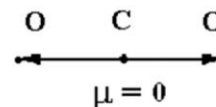
$\mu = \ell \cdot q$, где

ℓ - расстояние между центрами тяжести зарядов, м.

q - абсолютное значение заряд, Кл.

$[\mu] = \text{Кл} \cdot \text{м}$ или D (Дебай)

$1 \text{ D} = 3,33 \cdot 10^{-30} \text{ Кл} \cdot \text{м}$



1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ХИМИЧЕСКОЙ СВЯЗИ

Эффективный заряд (δ) – реальные заряды, определенные из измерения дипольных моментов или других физических величин.

Например: $\mu_{\text{эксп.}}(\text{HCl}) = 3,64 \cdot 10^{-30}$ Кл·м.

$\delta^+(\delta^-) = \mu' / \mu$ = дипольный момент экспериментальный/дипольный момент посчитанный

$$\delta = 3,64 \cdot 10^{-30} / 20,2 \cdot 10^{-30} = \pm 0,18$$



Степень ионности (i) - это условный заряд, который приписывается атому в предположении, что все связи в молекуле или ионе предельно поляризованы.

2. КОВАЛЕНТНАЯ СВЯЗЬ (КС)

$$E_{\text{св}} = 100-800 \text{ кДж/моль}$$

- это химическая связь, образованная атомами двух неметаллов или Me и неMe, при условии $\Delta\chi < 1,8$.

Два метода образования КС:

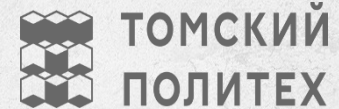
- метод валентных связей (ВС)
- метод молекулярных орбиталей (МО).

2. КОВАЛЕНТНАЯ СВЯЗЬ

Метод валентных связей (Метод ВС)

Обобществление электронов происходит таким образом, что в пространстве между атомами возникает повышенная электронная плотность, обеспечивающая их СВЯЗЬ.

2. КОВАЛЕНТНАЯ СВЯЗЬ (КС)



Основные положения метода ВС

1. Взаимодействующие атомы могут обмениваться между собой \bar{e} -ми, образующими связывающие пары.
2. Два обменивающихся \bar{e} -а должны (принцип Паули) иметь противоположные (антипараллельные) спины.
3. $E_{св}$ обусловлена обменом \bar{e} -ми между атомами.

2. КОВАЛЕНТНАЯ СВЯЗЬ (КС)

Основные положения метода ВС

4. КС тем прочнее, чем больше область перекрывания АО.
5. Перекрывающиеся АО должны быть близки по энергии и симметрии.
6. Характеристики хим. связи ($E_{св}$, $l_{св}$, полярность) определяется типом перекрывания АО.
7. КС направлена в сторону максимального перекрывания АО реагирующих атомов.



2. КОВАЛЕНТНАЯ СВЯЗЬ (КС)

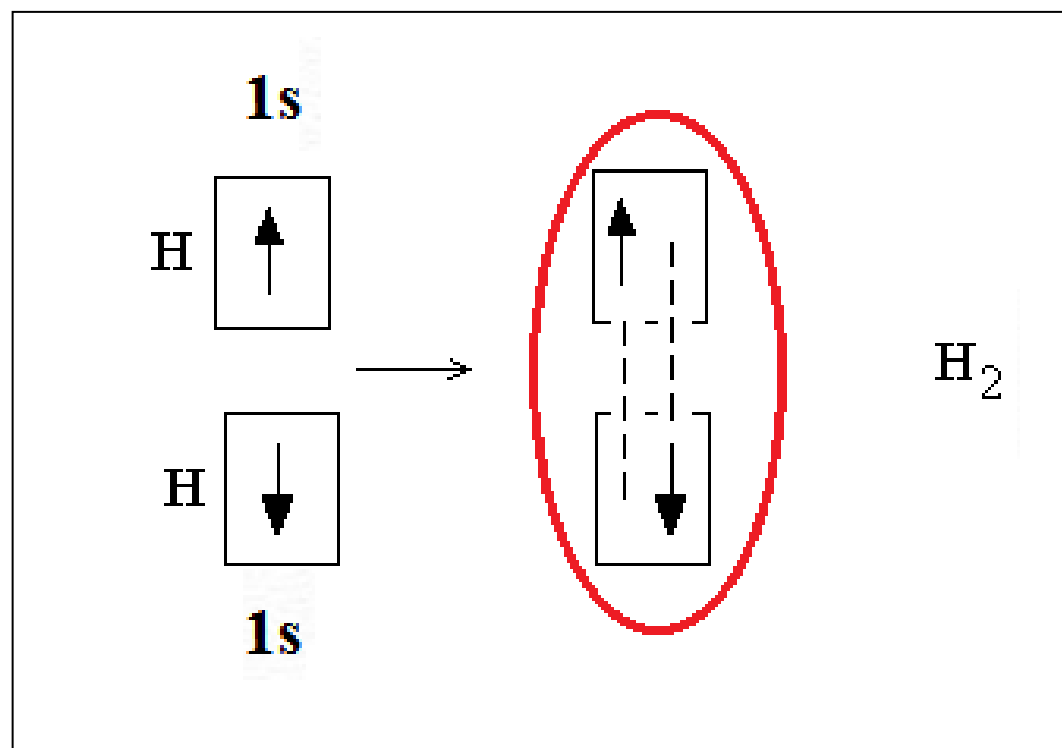


Основные выводы:

1. Связь обусловлена образованием общей электронной пары путем обобществления 2-ух электронов с антипараллельными спинами.
2. Связь 2-ух электронная, 2-ух ядерная, локализованная.

2. КОВАЛЕНТНАЯ СВЯЗЬ

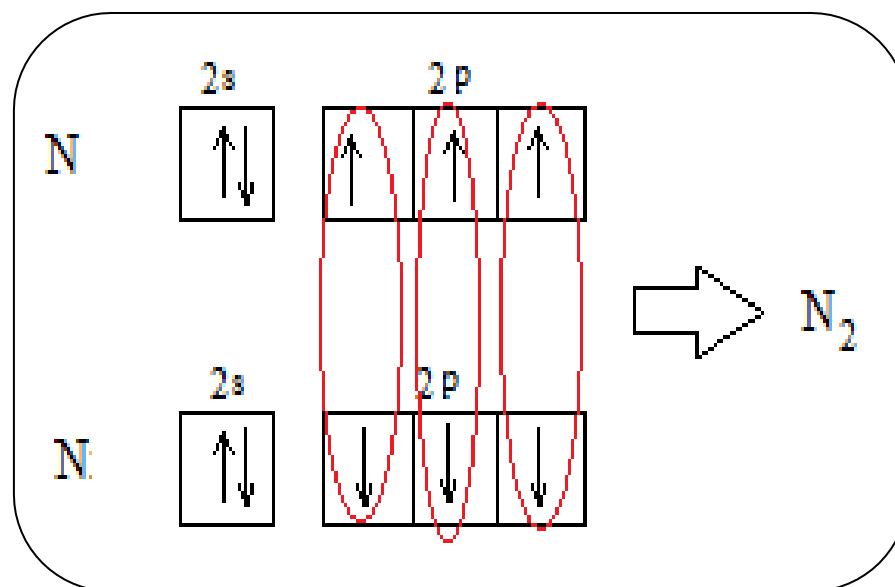
Образование КС в
молекуле водорода



2. КОВАЛЕНТНАЯ СВЯЗЬ

1) обменный

Механизмы
образования
химической связи

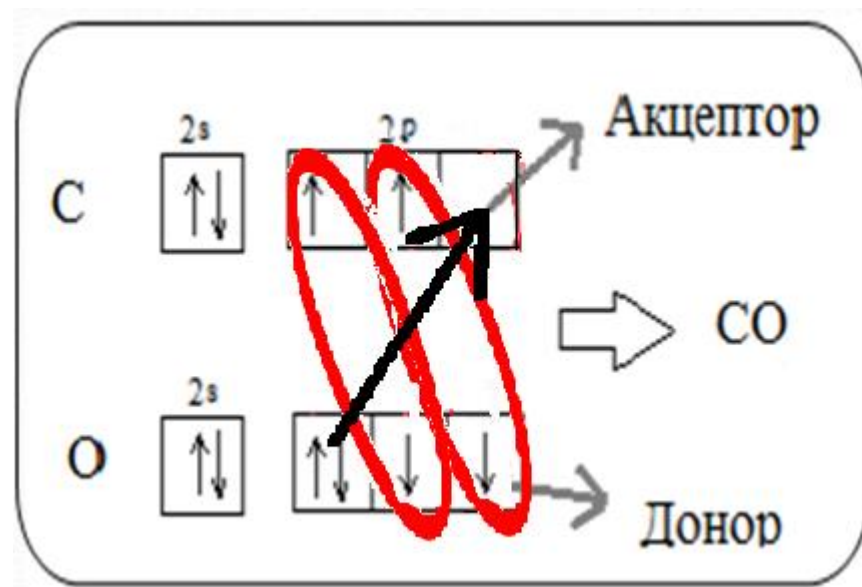


Кратность связи = 3

2. КОВАЛЕНТНАЯ СВЯЗЬ

Механизмы
образования
химической связи

2) донорно-акцепторный

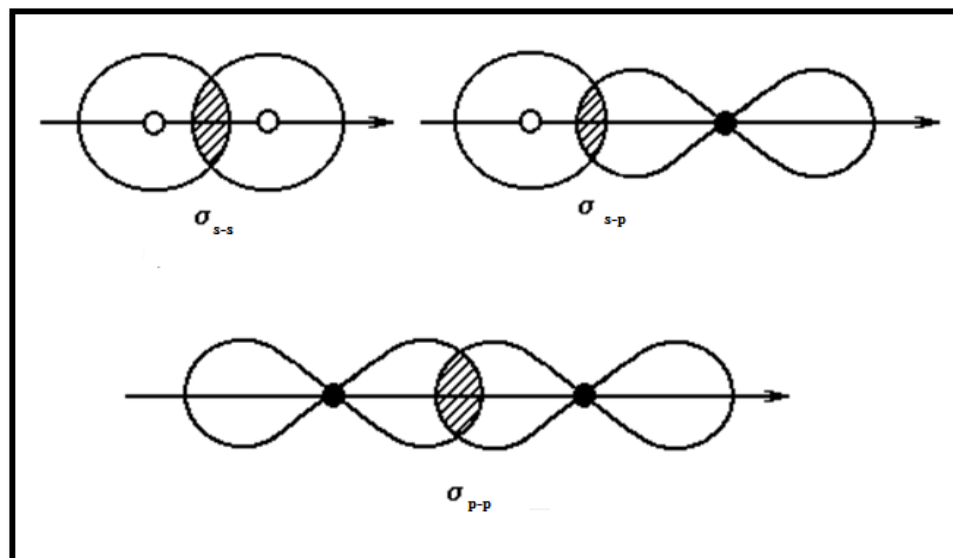


Кратность связи = 3

2. КОВАЛЕНТНАЯ СВЯЗЬ

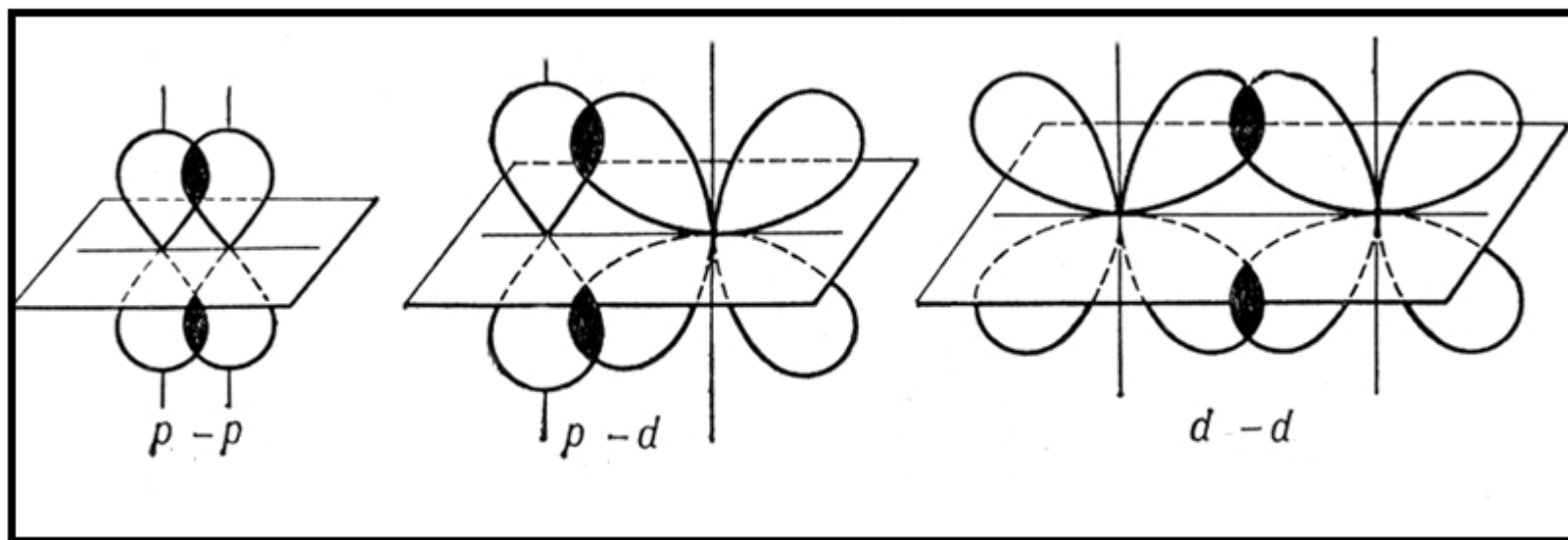
Перекрывание электронных облаков:

σ – Связь (Сигма-связь):
область общей \bar{e} плотности
лежит на линии связи ядер
атомов



2. КОВАЛЕНТНАЯ СВЯЗЬ

π – Связь (Пи-связь): область общей \bar{e} плотности перпендикулярна линии связи ядер атомов.



2. КОВАЛЕНТНАЯ СВЯЗЬ

СВОЙСТВА КС

1. полярность

обусловлена неравномерным
распределением электронной плотности
вследствие различий в
электроотрицательностях атомов

Ковалентная связь

полярная

HCl, CO, H₂O

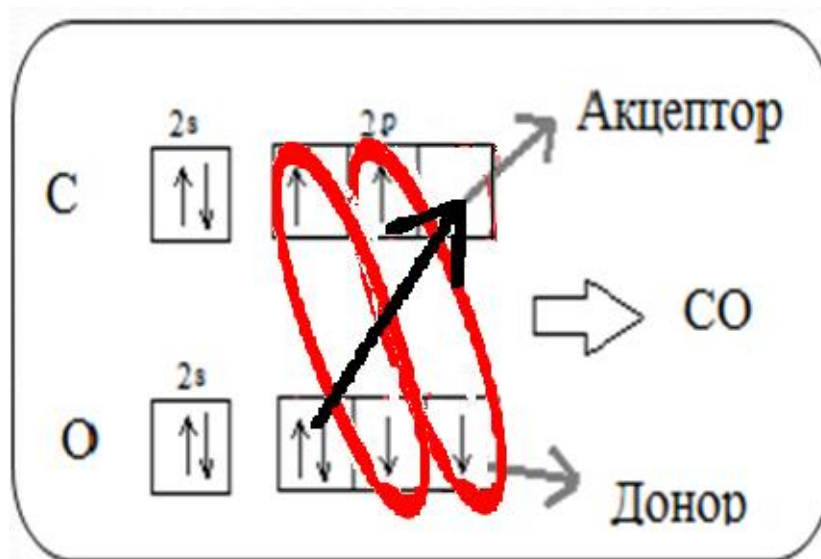
неполярная

H₂, O₂, N₂

2. КОВАЛЕНТНАЯ СВЯЗЬ

2. насыщаемость

стремление атомов полностью реализовать свои валентные возможности

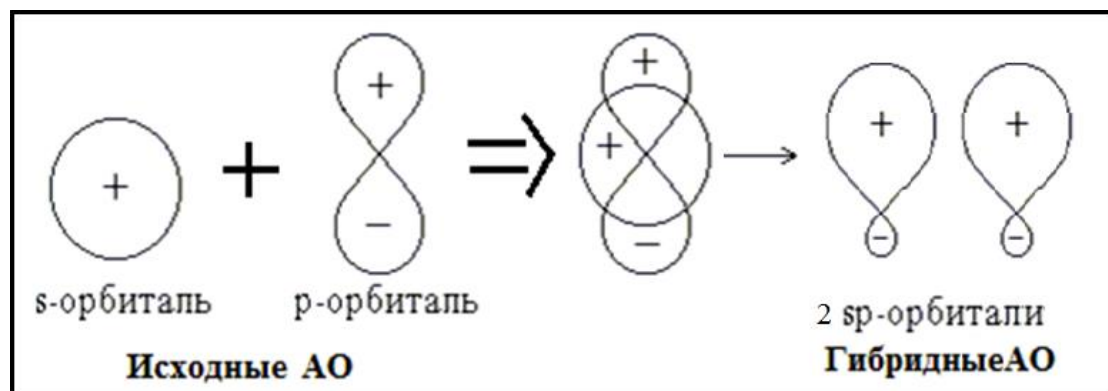


2. КОВАЛЕНТНАЯ СВЯЗЬ

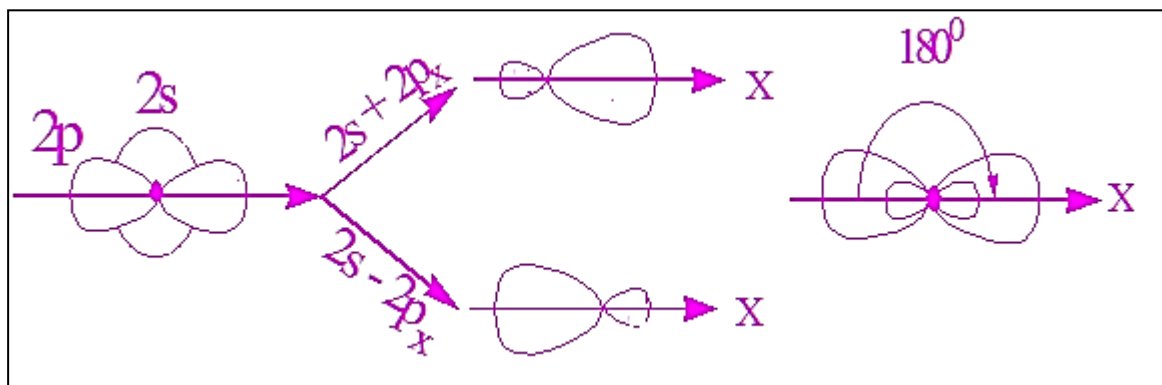
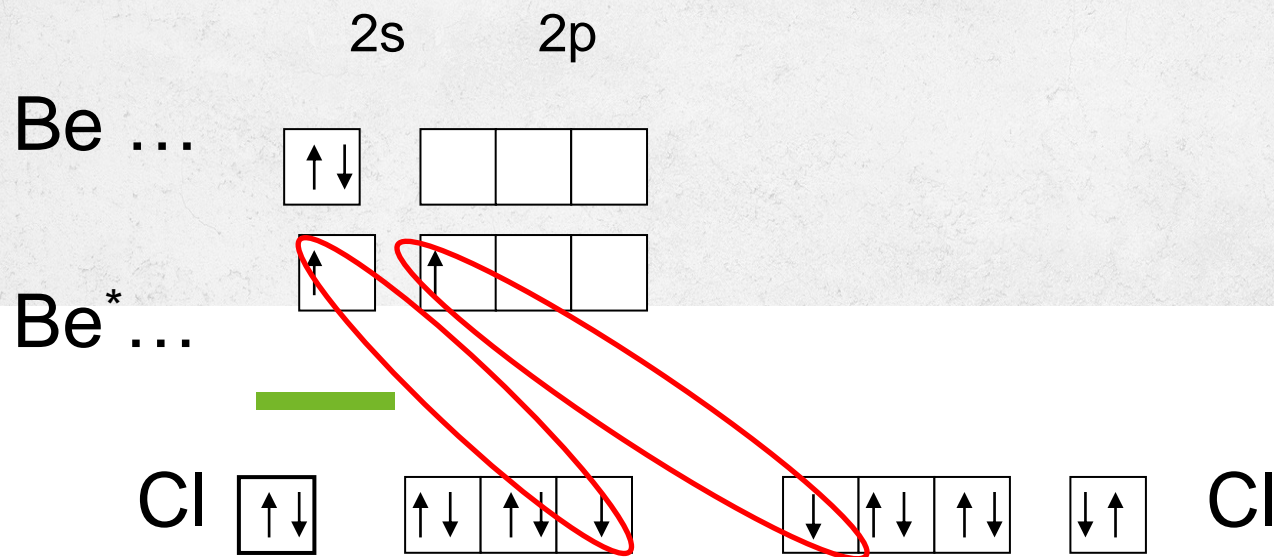
3. направленность

обуславливает геометрическую форму молекул

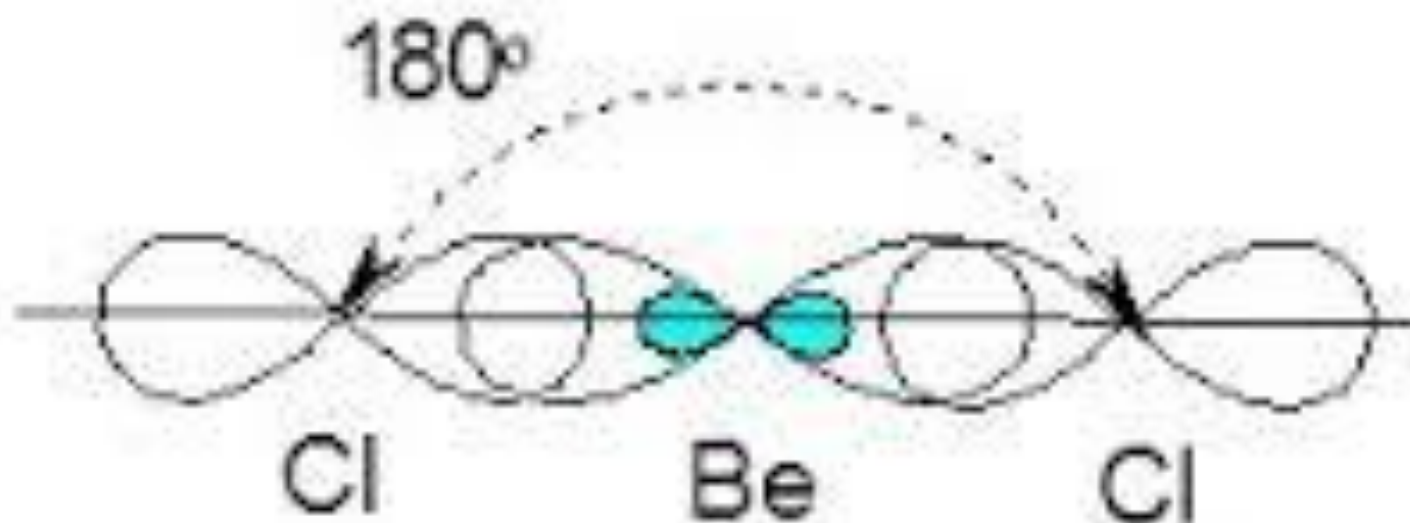
Гибридизация АО – выравнивание по форме и энергии АО для достижения более эффективного их перекрывания.



Строение молекулы BeCl_2



Строение молекулы BeCl_2



Тип гибридизации АО(Be): sp .

Строение молекулы: линейное, угол – 180°

2. КОВАЛЕНТНАЯ СВЯЗЬ

Тип гибридизации	Геометрическое строение молекулы	Валентный угол
sp	линейное	180
sp^2	треугольное	120
sp^3	тетраэдрическое	109,28
sp^3d	тригональная бипирамида	120 и 90
sp^3d^2	октаэдрическое	90

2. КОВАЛЕНТНАЯ СВЯЗЬ

Теория Гиллеспи (Метод ОЭПВО)

ОЭПВО – отталкивание электронных пар валентных оболочек.

Теория описывает строение молекул (ионов), атомы которых имеют неподделённые (несвязывающие) электронные пары.

2. КОВАЛЕНТНАЯ СВЯЗЬ

Связывающей называется такая пара электронов, которая образует связь между двумя атомами.

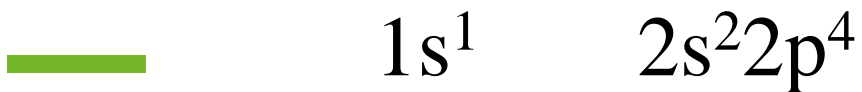
Несвязывающая пара электронов принадлежит только одному центральному атому и не принимает участия в образовании химической связи.

2. КОВАЛЕНТНАЯ СВЯЗЬ

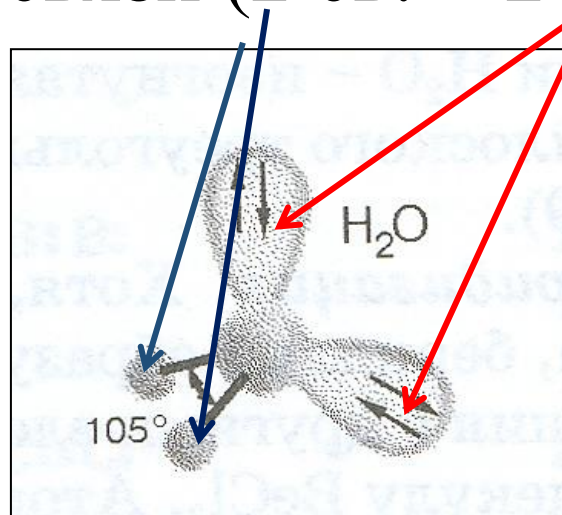
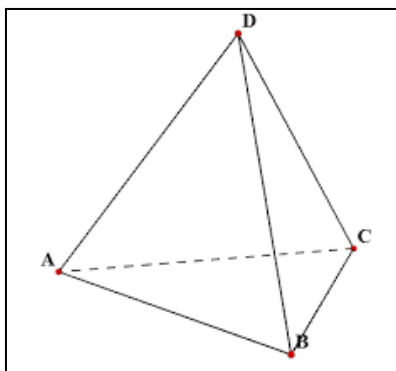
Основные положения:

1. Электронные пары, окружающие центральный атом, должны занимать такое пространственное положение, чтобы сводить к минимуму их взаимное отталкивание.
2. Наиболее сильное межэлектронное отталкивание происходит между несвязывающими электронными парами.
3. АО несвязывающей электронной пары занимает больше места в пространстве, чем связывающей электронной пары.

2. КОВАЛЕНТНАЯ СВЯЗЬ



$2\bar{e} + 6\bar{e} = 8\bar{e} / 2\bar{e} = 4$ СВЯЗИ (2 св. + 2 несв.)



2. КОВАЛЕНТНАЯ СВЯЗЬ

4. Чем больше число несвязывающих электронных пар, тем меньше валентный угол:

Молекула:

CH₄ NH₃ H₂O

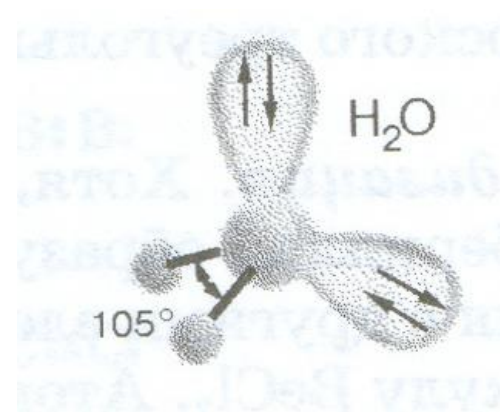
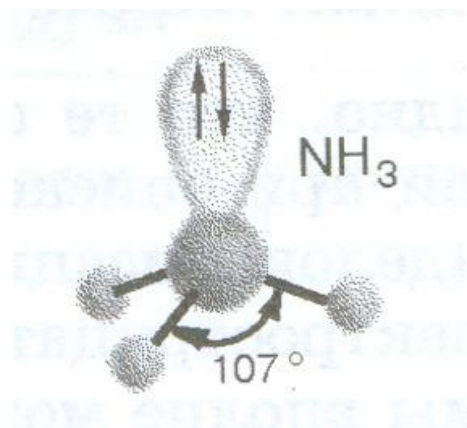
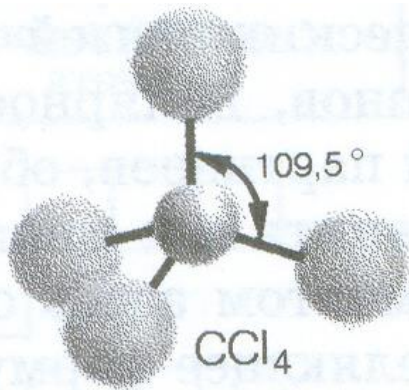
Число несвязывающих электронных пар:

0 1 2

Валентный угол:


109,28° 107° 104,5°

Строение молекулы:



2. КОВАЛЕНТНАЯ СВЯЗЬ

5. Влияние **несвязывающей** электронной пары тем сильнее, чем дальше от ядра она находится:



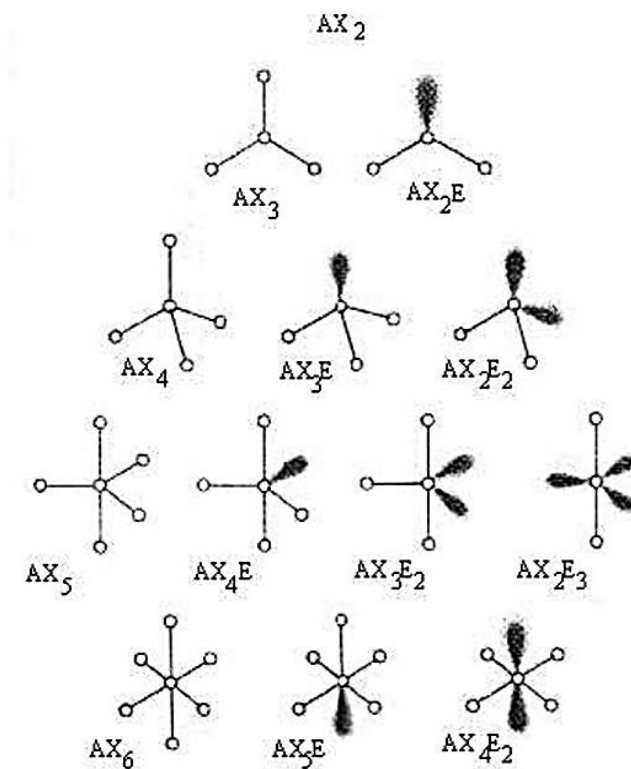
Молекула	H_2O	H_2S	H_2Se
Валентный угол	$104,5^\circ$	92°	91°

6. Влияние **несвязывающей** электронной пары тем сильнее, чем больше электроотрицательность атома – партнёра:

Молекула	OH_2	OF_2
Валентный угол	$104,5^\circ$	$103,2^\circ$

2. КОВАЛЕНТНАЯ СВЯЗЬ

- A** – центральный атом
X – связывающие электронные пары
E – несвязывающие электронные пары



2. КОВАЛЕНТНАЯ СВЯЗЬ



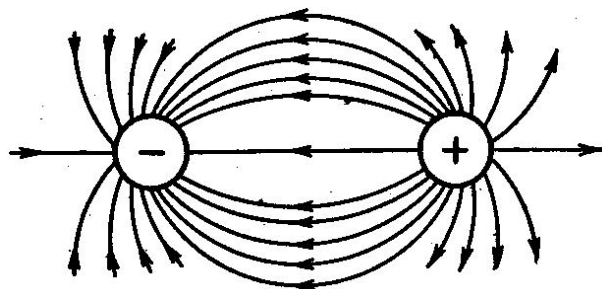
Недостатки метода ВС

1. Не объясняет существование ионов: H_2^+ и O_2^-
2. Не объясняет магнитные свойства.
3. Не объясняет увеличение прочности связи при отрыве электрона от молекул.
4. Не позволяет проводить расчет порядка связи.

3. ИОННАЯ СВЯЗЬ (ИС)

- образуется за счет электростатического взаимодействия между ионами противоположного знака.

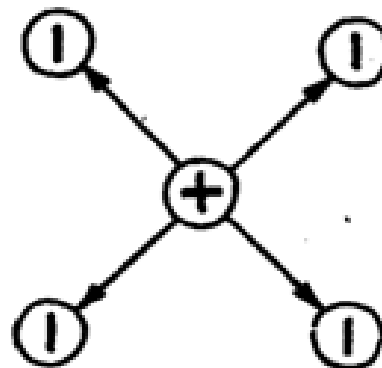
Ненаправленность ИС связана с тем, что электростатическое поле иона обладает сферической симметрией и способно притягивать ионы противоположного знака в любом направлении.



3. ИОННАЯ СВЯЗЬ (ИС)



Ненасыщаемость – это способность иона данного знака притягивать к себе переменное количество ионов противоположного знака.



3. ИОННАЯ СВЯЗЬ (ИС)

При разности электроотрицательностей атомов

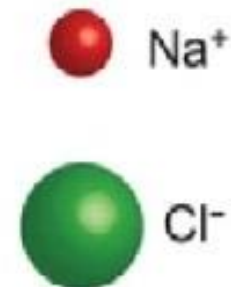
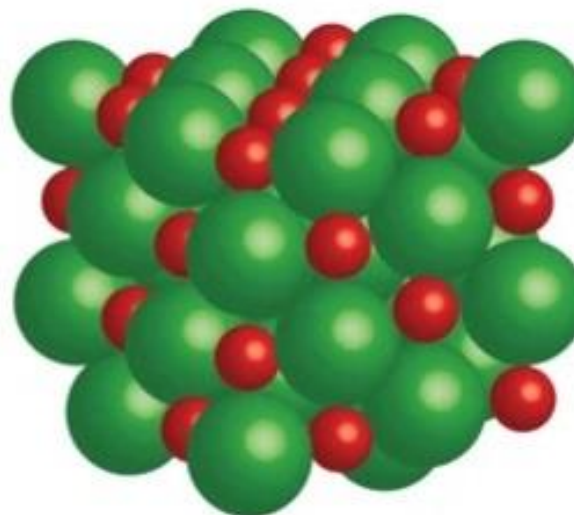
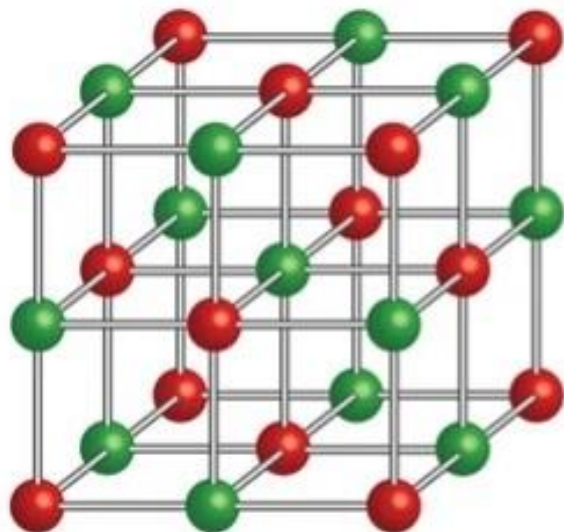
$\Delta\chi > 1,8$ (по шкале Полинга) - это ионная связь,

$\Delta\chi < 1,8$ – ковалентная связь.

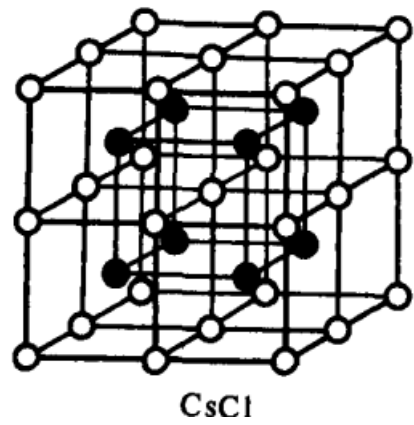
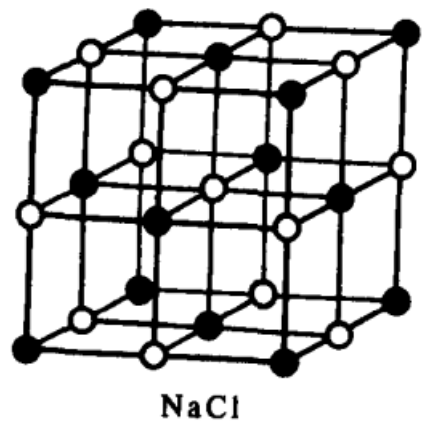
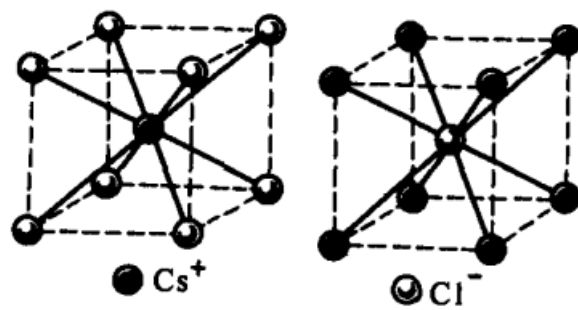
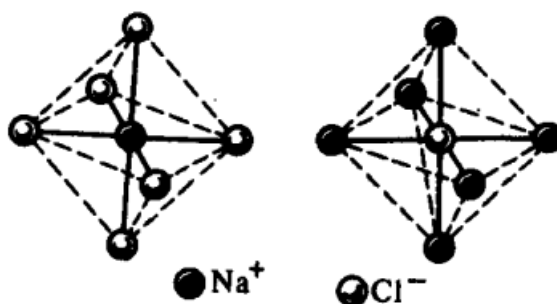
NaCl

—

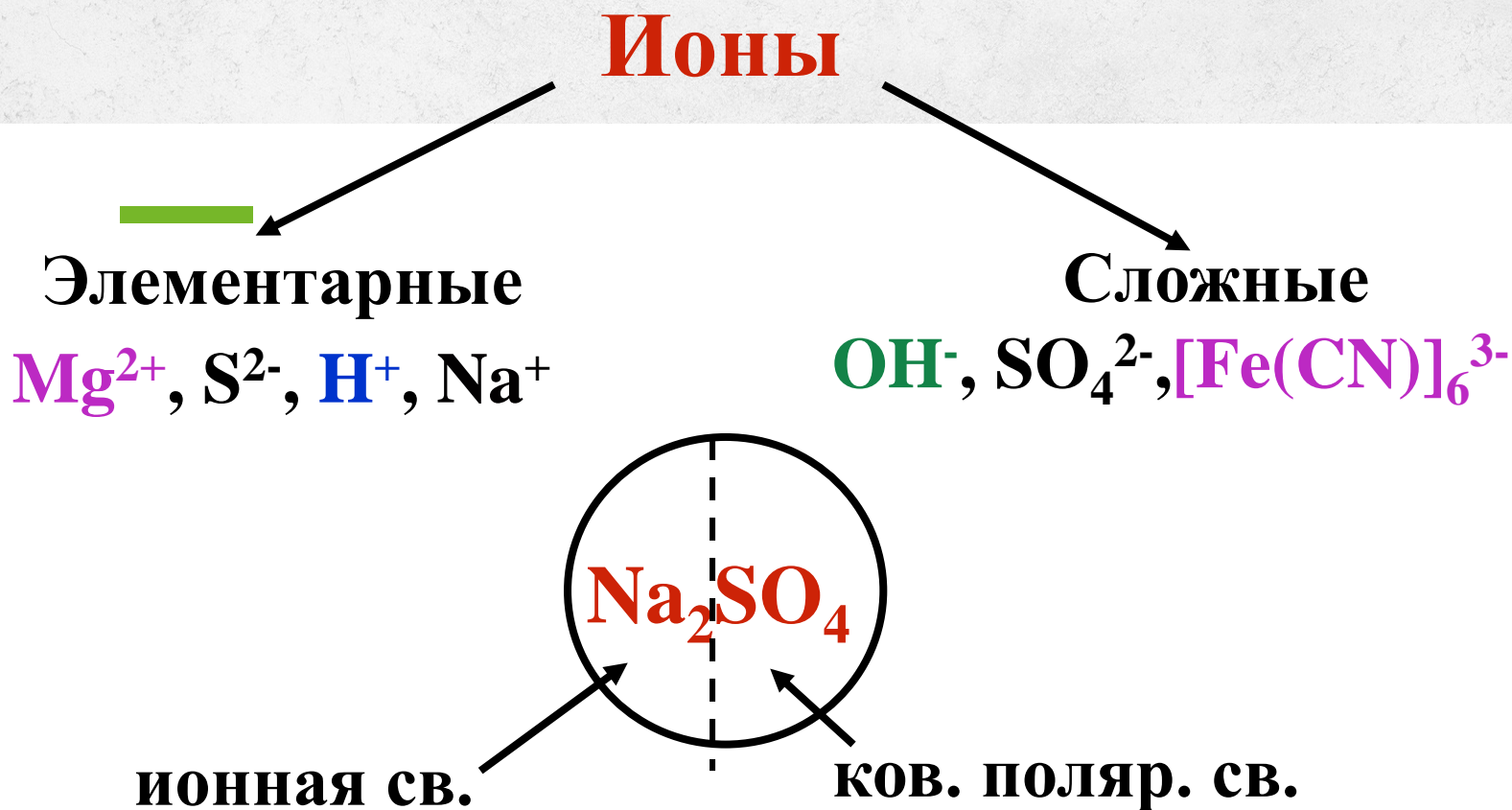
$$\Delta\chi = 3,0 (\text{Cl}) - 0,9 (\text{Na}) = 2,1$$



3. ИОННАЯ СВЯЗЬ (ИС)



3. ИОННАЯ СВЯЗЬ (ИС)



3. ИОННАЯ СВЯЗЬ (ИС)



- При обычной температуре соединения с ИС существуют в твёрдом состоянии.
- Ионные кристаллы имеют высокие температуры плавления и кипения.
- Ионные кристаллы плавятся с увеличением объёма.
- Соединения с ИС хорошо растворимы в воде, их растворы электропроводны.

3. ИОННАЯ СВЯЗЬ (ИС)

Поляризация - – смещение электронной плотности в результате электростатического воздействия на частицу.

Процесс является двусторонним. Ионы и молекулы обладают поляризующей способностью и поляризуемостью.

Поляризуемость тем больше, чем больше радиус частицы и меньше ее заряд.

Поляризующая способность тем больше, чем меньше радиус частицы и больше ее заряд.

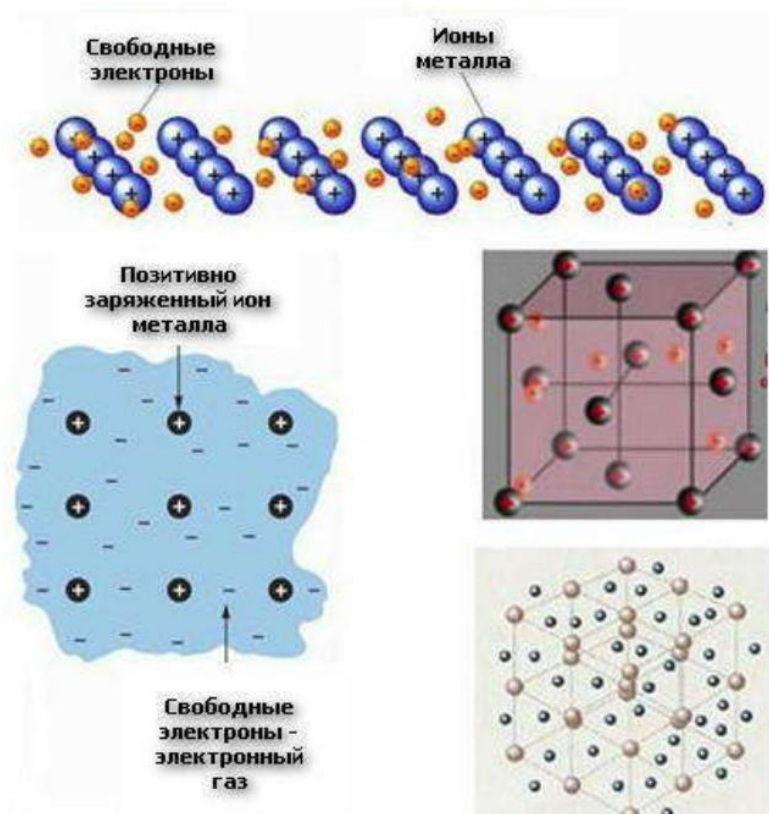
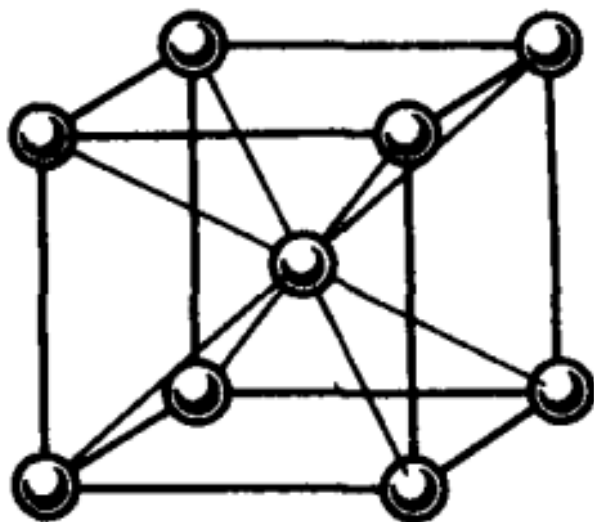
4. МЕТАЛЛИЧЕСКАЯ СВЯЗЬ

$$E_{\text{св}} = 100-200 \text{ кДж/моль}$$

- образуется при взаимодействии положительных ионов металлов и валентных электронов, а также между атомам



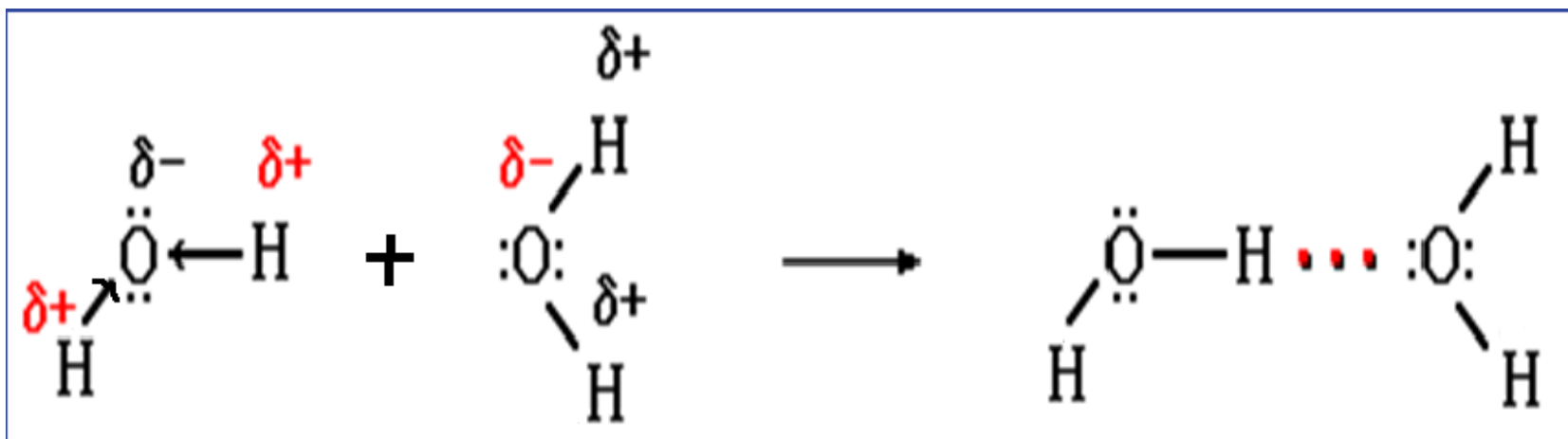
4. МЕТАЛЛИЧЕСКАЯ СВЯЗЬ



5. ВОДОРОДНАЯ СВЯЗЬ

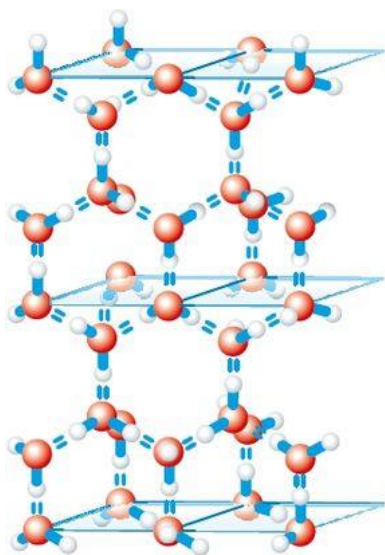
$$E_{\text{св}} = 20-40 \text{ кДж/моль}$$

- возникает в молекулах или между молекулами, в состав которых входит **атом водорода** и наиболее электроотрицательный атом (**F,O,N**).

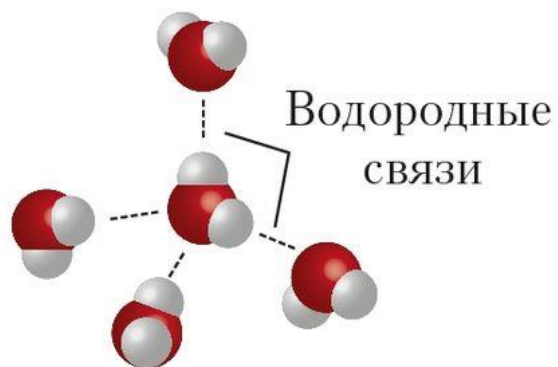
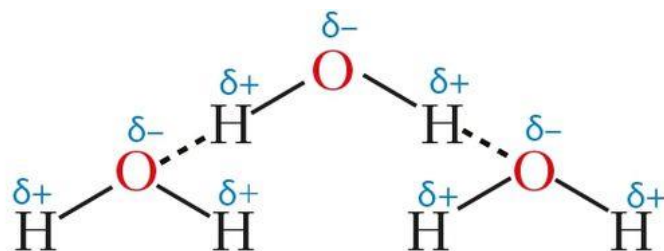


5. ВОДОРОДНАЯ СВЯЗЬ

$$E_{\text{св}} = 20\text{-}40 \text{ кДж/моль}$$



a



б

5. ВОДОРОДНАЯ СВЯЗЬ

Наличие водородных связей влияет на свойства веществ:

1. **Вещества** состоят из ассоциированных молекул.
2. Увеличивается плотность вещества при переходе из твёрдого состояния в жидкое (вода).
3. Вещества обладают более высокими температурами кипения и плавления.

6. МЕЖМОЛЕКУЛЯРНЫЕ ХИМИЧЕСКИЕ СВЯЗИ

Тип	Определение	Примеры
Дисперсионные	взаимодействие между двумя неполярными молекулами	H_2 и N_2 , H_2 и H_2
Индукционные	взаимодействие между двумя полярной и неполярной молекулами	HCl и O_2 , NH_3 и N_2
Ориентационные	взаимодействие между двумя полярными молекулами	HCl и HCl HBr и HCl

ВЛИЯНИЕ СИЛ ВАН-ДЕР-ВААЛЬСА НА СВОЙСТВА ВЕЩЕСТВ

- Способность всех газов при соответствующих условиях конденсироваться.

- Закономерное изменение температуры кипения газообразных однотипных веществ:

He	Ne	Ar	Kr	Xe	Rn
-269	-246	-186	-153	-108	-62

- Усиление агрегации веществ:

F ₂	Cl ₂	Br ₂	I ₂
газ	газ	жид.	тв.

7. АГРЕГАТНОЕ СОСТОЯНИЕ ВЕЩЕСТВ



В газообразном состоянии молекулы находятся на значительном расстоянии друг от друга и занимают очень малую долю объема. Поэтому при невысоких давлениях и температурах молекулы практически не взаимодействуют. Структура вещества не упорядочена.

В жидком состоянии расстояние между частицами меньше. Частицы занимают основную часть объема, постоянно соприкасаются друг с другом.

В твердом состоянии частицы сближены друг с другом, что между ними возникают прочные связи. Практически отсутствует движение частиц относительно друг друга и существует высокая упорядоченность структуры.

7. АГРЕГАТНОЕ СОСТОЯНИЕ ВЕЩЕСТВ



8. ВЛИЯНИЕ СТРУКТУРЫ ВЕЩЕСТВА НА ЕГО СВОЙСТВА

Типы химических связей и виды кристаллических решеток

Вид решётки	Частицы в узлах решётки	Тип химической связи	Физические свойства веществ	Примеры
Ионная	Ионы	Ионная	Твёрдые, тугоплавкие, прочные, нелетучие, без запаха, растворяются в полярных растворителях	<i>Двухэлементные соединения</i> — оксиды и галогениды металлов IA и IIA групп. <i>Многоэлементные соединения</i> — щёлочи и соли

8. ВЛИЯНИЕ СТРУКТУРЫ ВЕЩЕСТВА НА ЕГО СВОЙСТВА



ТОМСКИЙ
ПОЛИТЕХ

Типы химических связей и виды кристаллических решеток

Атомная	Атомы	Ковалентная	Очень твёрдые, тугоплавкие, хрупкие, нелетучие, без запаха, нерастворимые	<i>Простые вещества</i> — алмаз, кремний
			Редко мягкие	<i>Простые вещества</i> — графит, красный фосфор
			Почти всегда очень твёрдые, тугоплавкие, нелетучие, без запаха, нерастворимые	<i>Сложные вещества</i> SiO_2 (кварц, кремнезём, горный хрусталь и т. д.), Al_2O_3 (наждак, корунд, рубин, сапфир и т. д.), почти все минералы и горные породы

8. ВЛИЯНИЕ СТРУКТУРЫ ВЕЩЕСТВА НА ЕГО СВОЙСТВА



ТОМСКИЙ
ПОЛИТЕХ

Типы химических связей и виды кристаллических решеток

Молекулярная	Молекулы	Ковалентная	Обычно легкоплавкие, летучие, часто имеют запах, растворимы в неполярных растворителях	<i>Твёрдые вещества</i> (I_2 , P_2O_5). <i>Газы и жидкости</i> , переведённые в твёрдое состояние (O_2 , SO_2 , CH_4 , H_2O)
Металлическая	Атом-ионы	Металлическая	Твёрдые (кроме ртути), ковкие, пластичные, электро- и теплопроводные, имеют металлический блеск	Металлы и сплавы



ТОМСКИЙ
ПОЛИТЕХ

«ХИМИЧЕСКАЯ СВЯЗЬ»

Лектор: К.Т.Н., Мачехина Ксения Игоревна

<http://portal.tpu.ru/SHARED/m/MACHEKHINAKSU>

Email: machekhinaKsu@tpu.ru

2 корпус ТПУ 212 аудитория

ВОПРОСЫ

