



Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Кемеровский государственный медицинский университет»  
Министерства здравоохранения Российской Федерации  
(ФГБОУ ВО КемГМУ Минздрава России)  
Кафедра фармацевтической и общей химии

## Вещество. Химическая связь

Пинчук Людмила Григорьевна  
д-р с.-х. наук, профессор

2023

---

# Рассматриваемые вопросы

1. Химические вещества - простые и сложные. Аллотропия. Чистые вещества и смеси.

2. Химическая связь.

Электроотрицательность. Виды связи: ковалентная (неполярная, полярная), ионная, металлическая, водородная. Валентность и степень окисления.

---

**I. Химическое вещество -**  
устойчивая совокупность  
частиц (атомов, ионов или  
молекул), обладающая  
определенными  
физическими и химическими  
свойствами

---

**По элементному составу различают:**

***Простые вещества*** (около 500),

состоят из атомов одного

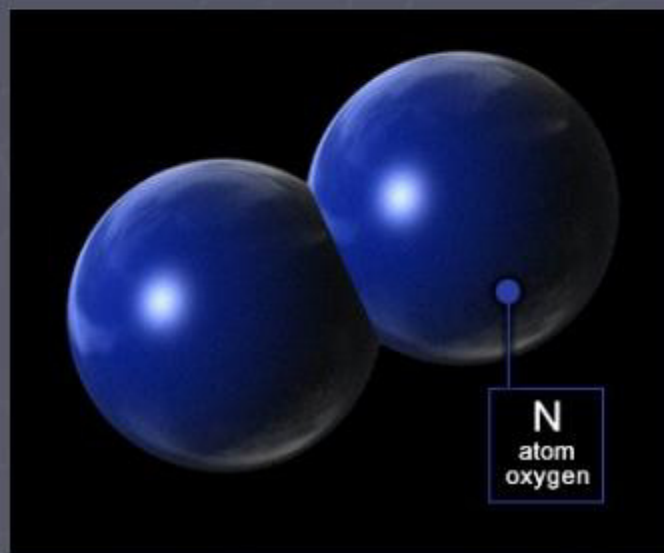
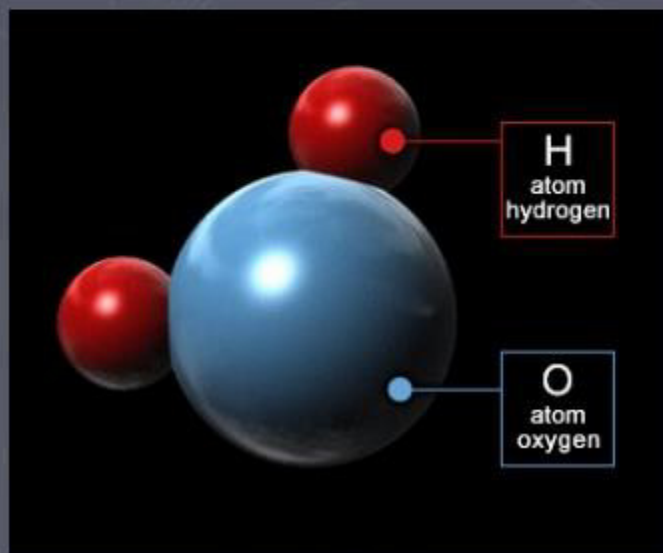
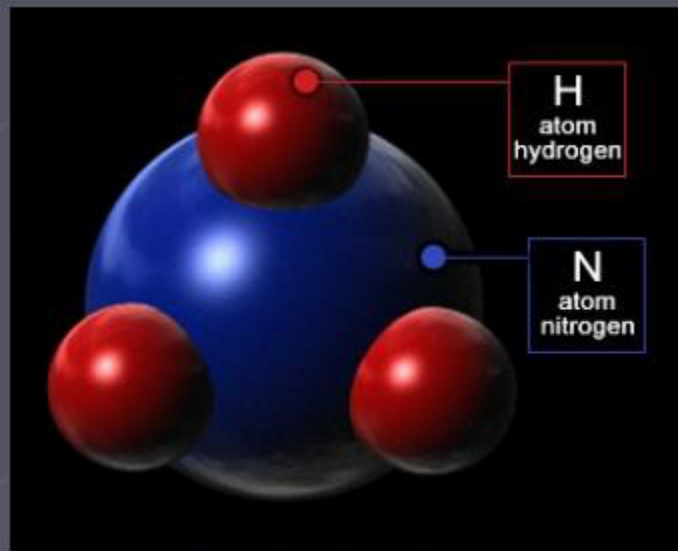
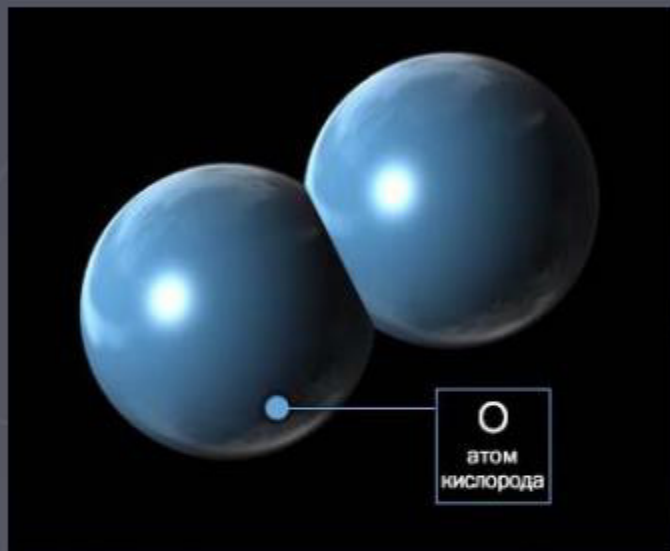
элемента ( $H_2$ ,  $O_2$ ,  $Cl_2$ ,  $P_4$ , Na, Cu, Au),

***Сложные вещества*** (химические соединения), состоят из атомов

разных элементов ( $H_2O$ ,  $NH_3$ ,

$OF_2$ ,  $H_2SO_4$ ,  $MgCl_2$ ,  $K_2SO_4$ )

# Простые и сложные вещества



В каком случае идёт речь о кислороде как о простом веществе?

**А)** Кислород - это газ, поддерживает дыхание и горение;

**Б)** Рыбы дышат кислородом, растворённым в воде;

**В)** Атом кислорода входит в состав молекулы воды;

**Г)** Кислород входит в состав воздуха

---

В каком случае идёт речь о железе как о химическом элементе?

**А)** Железо - это металл, который притягивается магнитом;

**Б)** Железо входит в состав ржавчины;

**В)** Для железа характерен металлический блеск;

**Г)** В состав сульфида железа входит один атом железа

---

## Простые вещества

**Металлы** имеют **немолекулярное строение**. Все (кроме ртути) при обычных условиях - твёрдые вещества с металлическим блеском, высокой  $\Delta$  тепло- и

$\Delta$  электропроводностью,

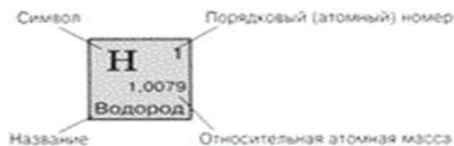
$\Delta$  пластичностью,  $\Delta$  ковкостью.

**Неметаллы** не имеют общих физических свойств и не похожи на металлы



# Определение металлов и неметаллов: диагональ в периодической системе бор (В) - аstat (At)

ПЕРИОДЫ	ГРУППЫ																	
	1 (IA)	2 (IIA)	3 (IIIB)	4 (IVB)	5 (VB)	6 (VIB)	7 (VIIB)	8 (VIIIB)	9 (VIIIB)	10 (VIIIB)	11 (IB)	12 (IIB)	13 (IIIA)	14 (IVA)	15 (VA)	16 (VIA)	17 (VIIA)	18 (VIIIA)
1	<b>H</b> <sup>1</sup> 1,0079 Водород																H	He <sup>2</sup> 4,00260 Гелий
2	Li <sup>3</sup> 6,941 Литий	Be <sup>4</sup> 9,01218 Бериллий											<b>B</b> <sup>5</sup> 10,81 Бор	<b>C</b> <sup>6</sup> 12,011 Углерод	<b>N</b> <sup>7</sup> 14,0067 Азот	<b>O</b> <sup>8</sup> 15,9994 Кислород	<b>F</b> <sup>9</sup> 18,9984 Фтор	Ne <sup>10</sup> 20,179 Неон
3	Na <sup>11</sup> 22,989 Натрий	Mg <sup>12</sup> 24,305 Магний											Al <sup>13</sup> 26,9815 Алюминий	Si <sup>14</sup> 28,0855 Кремний	P <sup>15</sup> 30,973 Фосфор	S <sup>16</sup> 32,06 Сера	Cl <sup>17</sup> 35,453 Хлор	Ar <sup>18</sup> 39,948 Аргон
4	K <sup>19</sup> 39,0983 Калий	Ca <sup>20</sup> 40,08 Кальций	21 Sc 44,9559 Скандий	22 Ti 47,88 Титан	23 V 50,9415 Ванадий	24 Cr 51,996 Хром	25 Mn 54,938 Марганец	26 Fe 55,847 Железо	27 Co 58,9332 Кобальт	28 Ni 58,69 Никель	29 Cu 63,546 Медь	30 Zn 65,39 Цинк	31 Ga 69,72 Галлий	32 Ge 72,59 Германий	33 As 74,9216 Мышьяк	34 Se 78,96 Селен	35 Br 79,904 Бром	36 Kr 83,80 Криптон
5	Rb <sup>37</sup> 85,4678 Рубидий	Sr <sup>38</sup> 87,62 Стронций	39 Y 88,9059 Иттрий	40 Zr 91,22 Цирконий	41 Nb 92,9064 Ниобий	42 Mo 95,94 Молибден	43 Tc [98] Технеций	44 Ru 101,07 Рутений	45 Rh 102,905 Родий	46 Pd 106,42 Палладий	47 Ag 107,868 Серебро	48 Cd 112,41 Кадмий	49 In 114,82 Индий	50 Sn 118,69 Олово	51 Sb 121,75 Сурьма	52 Te 127,60 Теллур	53 I 126,904 Иод	54 Xe 131,29 Ксенон
6	Cs <sup>55</sup> 132,905 Цезий	Ba <sup>56</sup> 137,33 Барий	57 La* 138,905 Лантан	72 Hf 178,49 Гафний	73 Ta 180,9479 Тантал	74 W 183,85 Вольфрам	75 Re 186,207 Рений	76 Os 190,2 Осмий	77 Ir 192,22 Иридий	78 Pt 195,08 Платина	79 Au 196,967 Золото	80 Hg 200,59 Ртуть	81 Tl 204,383 Таллий	82 Pb 207,2 Свинец	83 Bi 208,980 Висмут	84 Po [209] Полоний	85 At [210] Астат	86 Rn [222] Радон
7	Fr <sup>87</sup> [223] Франций	Ra <sup>88</sup> [226] Радий	89 Ac** [227] Актиний	104 Rf [261] Резерфордий	105 Db [262] Дубний	106 Sg [266] Сиборгий	107 Bh [264] Борий	108 Hs [269] Гассий	109 Mt [268] Мейтнерий	110 Ds [271] Дармштадтий	111	112	113	114				



## \* Лантаноиды

58 Ce 140,12 Церий	59 Pr 140,908 Прозеродим	60 Nd 144,24 Неодим	61 Pm [145] Прометий	62 Sm 150,36 Самарий	63 Eu 151,96 Европий	64 Gd 157,25 Гадолиний	65 Tb 158,925 Тербий	66 Dy 162,50 Диспрозий	67 Ho 164,930 Гольмий	68 Er 167,26 Эрбий	69 Tm 168,934 Тулий	70 Yb 173,04 Иттербий	71 Lu 174,967 Лютеций
--------------------------	--------------------------------	---------------------------	----------------------------	----------------------------	----------------------------	------------------------------	----------------------------	------------------------------	-----------------------------	--------------------------	---------------------------	-----------------------------	-----------------------------

## \*\* Актиноиды

90 Th 232,038 Торий	91 Pa [231] Протактиний	92 U 238,029 Уран	93 Np [237] Нептуний	94 Pu [244] Плутоний	95 Am [243] Америций	96 Cm [247] Кюрий	97 Bk [247] Берклий	98 Cf [251] Калифорний	99 Es [252] Эйнштейний	100 Fm [257] Фермий	101 Md [260] Менделевий	102 No [259] Нобелий	103 Lr [262] Лоуренсий
---------------------------	-------------------------------	-------------------------	----------------------------	----------------------------	----------------------------	-------------------------	---------------------------	------------------------------	------------------------------	---------------------------	-------------------------------	----------------------------	------------------------------

**Простые вещества  
неметаллы**

**Немолекулярного  
строения**

**C, B, Si**

У этих неметаллов  
атомные  
кристаллические решетки,  
поэтому они обладают  
большой твердостью и  
очень высокими  
температурами плавления

**Молекулярного  
строения**

**F<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, Cl<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, S<sub>8</sub>**

Для этих неметаллов в  
твердом состоянии  
характерны молекулярные  
кристаллические решетки.  
При обычных условиях это  
газы, жидкости или твердые  
вещества с низкими  
температурами плавления.

# Аллотропия

Это существование химического элемента в виде двух или более простых веществ.

Греч. Allos –  
другой,  
tropos –  
способ, образ

Аллотропия

Кристаллическая  
решетка

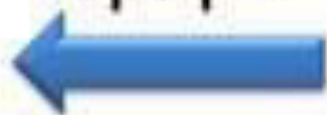
- фосфор (белый, красный, черный);
- сера (пластическая, кристаллическая);
- углерод (графит, алмаз);

Число атомов  
В молекуле

- кислород (кислород, озон).

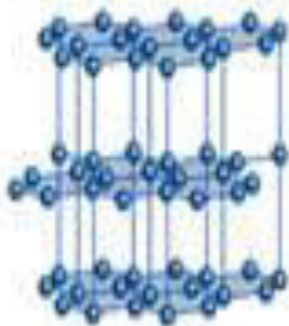


графит



C

алмаз

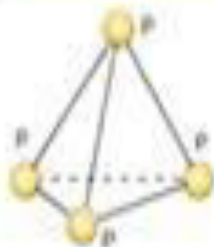


красный



P

белый





# Аллотропные видоизменения СЕРЫ

$S_8$  (моноклинная)  $\rightleftharpoons$   $S_8$  (ромбическая)  $\rightleftharpoons$   $S_n$  (пластическая)

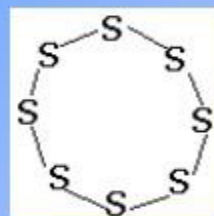
## Моноклинная (b - сера) - $S_8$

темно-желтые иглы,  
 $t^{\circ}\text{пл.} = 119^{\circ}\text{C}$ ;  
 $\rho = 1,96 \text{ г/см}^3$ .  
 Устойчивая при  
 температуре более  
 $96^{\circ}\text{C}$ ; при обычных  
 условиях превращается  
 в ромбическую.



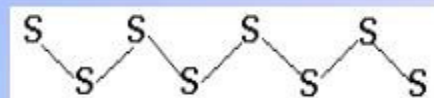
## Ромбическая (a - сера) - $S_8$

$t^{\circ}\text{пл.} = 113^{\circ}\text{C}$ ;  
 $\rho = 2,07 \text{ г/см}^3$ .  
**Наиболее  
 устойчивая  
 модификация.**



## Пластическая $S_n$

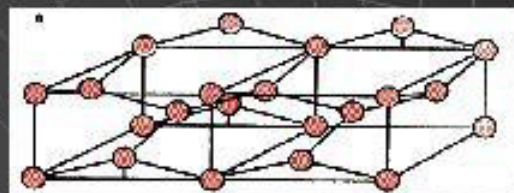
коричневая  
 резиноподобная  
 (аморфная) масса.  
 Неустойчива, при  
 затвердевании  
 превращается в  
 ромбическую.



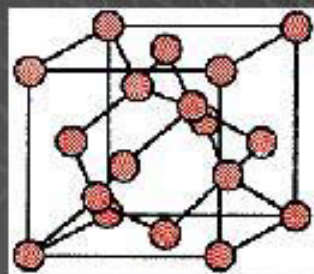
# Металлы

# Неметаллы

**Аллотропия** – явление, когда один элемент образует несколько простых веществ.

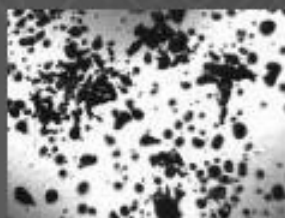


Белое ( $\beta$ -форма)



**Олово Sn**

Серое  $\alpha$ -форма



## Кислород O

$O_2$  - кислород



$O_3$  - озон



## Углерод C

Графит



Алмаз



## Сера S

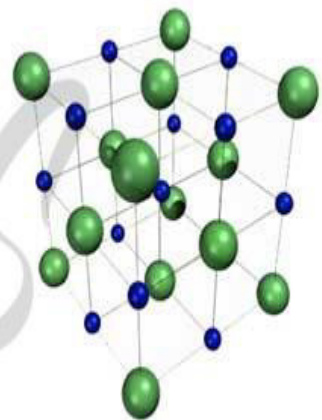
Кристаллическая



Пластическая

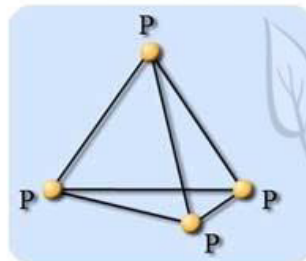


Ионная  
кристаллическая  
решетка

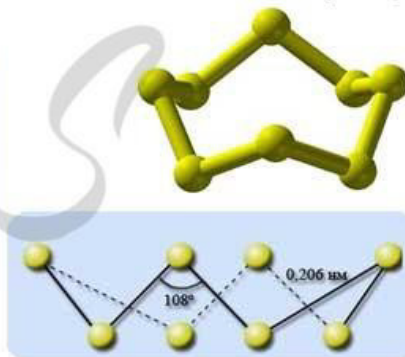


Молекулярная решетка

Белый фосфор  $P_4$

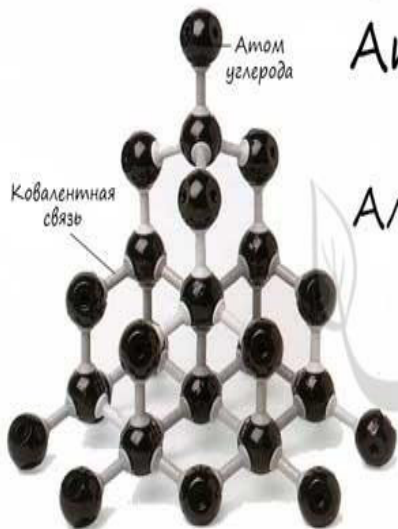


Моноклинная сера  $S_8$



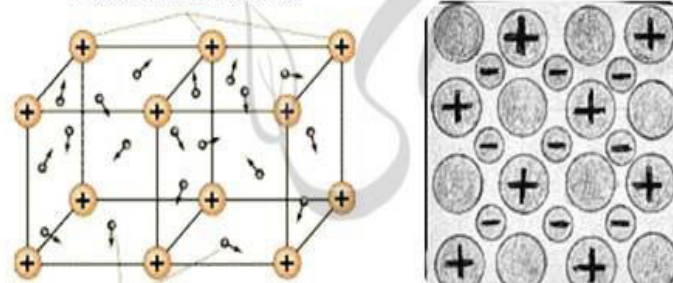
Атомная решетка

Алмаз



Металлическая кристаллическая  
решетка

Ионы металла



Электроны

**Типы кристаллических решеток**

## **Смесь –**

1. Образуется смешиванием чистых веществ.
2. Свойства чистых веществ, сохраняются.
3. Чистые вещества содержатся в любом массовом соотношении.
4. Разделяется физическими методами.

## **Сложное вещество –**

1. Образуется в результате химической реакции.
2. Свойства исходных простых веществ не сохраняются.
3. Элементы находятся в определенном массовом отношении.
4. Разлагается на простые вещества химической реакцией

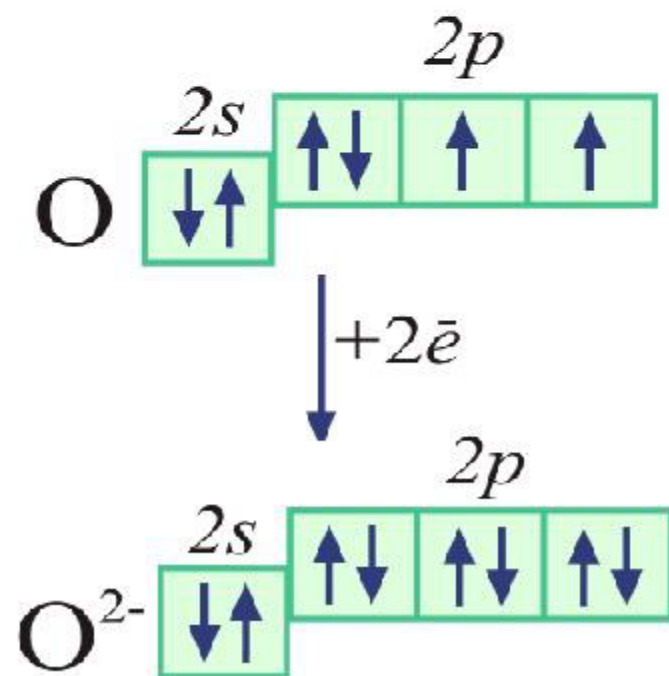
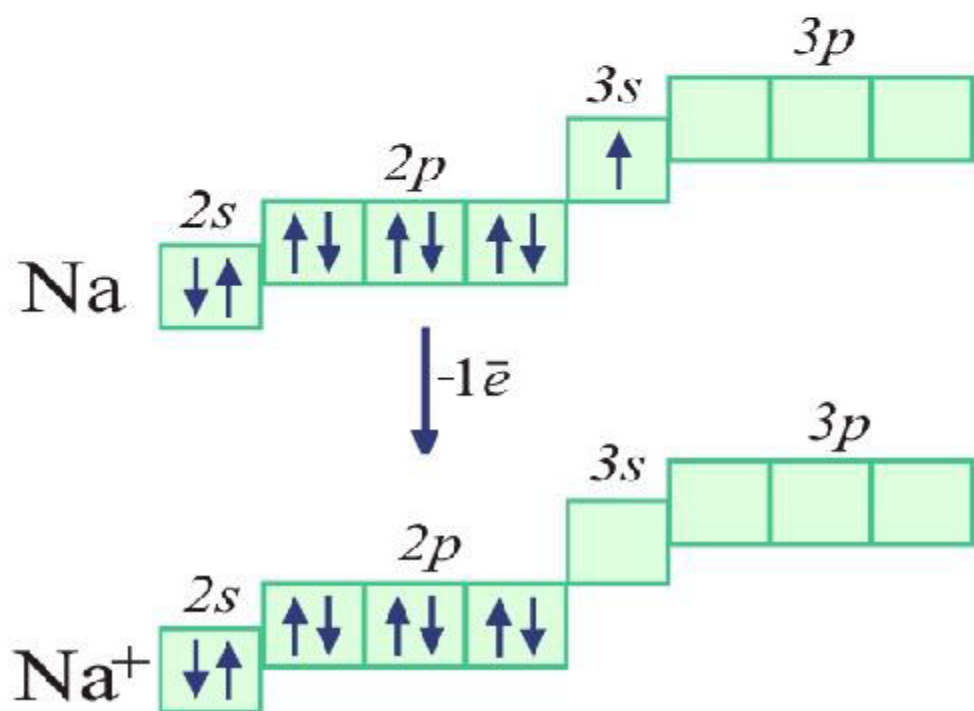


II. Химическая связь -  
взаимодействие атомов, с  
образованием химически  
устойчивой многоатомной  
системы и характеризующееся  
перестройкой электронных  
оболочек связывающихся  
атомов

---

# Причины образования химической связи:

- **Понижение внутренней энергии**
- **Образование устойчивой системы**




При образовании  
связи заполняются  
внешние энергетические  
уровни. Атомы  
приобретают электронное  
строение ближайшего  
инертного газа

**Для этого:**

**Атомы неметаллов** присоединяют электроны, чтобы на внешнем уровне стало **два** (у водорода) или **восемь электронов** (у всех остальных элементов).

**Атомы металлов** отдают свои внешние электроны и внешним становится предвнешний заполненный уровень



Атомы металлов, отдающие электроны, имеют **низкую электроотрицательность (ЭО)**.

Атомы неметаллов, принимающие электроны, имеют **высокую ЭО**

---

Элѐктроотрицáтельность  
(ЭО) (относительная ЭО) -

количественная характеристика  
способности атома в молекуле  
смещать к себе общие  
электронные пары.

Чем больше ЭО, тем сильнее у  
элемента выражены

неметаллические свойства

Изменение ЭО в

Периодической системе

В периоде растёт слева

направо при накоплении

электронов на внешнем слое.

В группе убывает сверху

вниз при увеличении числа

электронных слоёв и атомных

радиусов

---

В периоде ЭО

**наибольшая** у самых маленьких атомов с 7-ю

внешними электронами (*галогены, инертные газы соединений не образуют*),

**наименьшая** у самого большого атома с 1-им внешним электроном (*щелочные металлы*)





**Наиболее ЭО-ый** - F (4), **наименее** - Fr (0,7).

ЭО элементов от 0,7 до 4.

**ЭО неметаллов** больше 2-х, **металлов** меньше 2-х.

**Элементы** (B, Si, Ge, As, Te) **с ЭО, близкой к 2**, проявляют промежуточные свойства.

**Активные элементы с высокой ЭО** неметаллы (ЭО близка к 3 – 4) и **низкой металлы** (ЭО близка к 1).

**Ряд ЭО**

*F, O, N, Cl, Br, S, C, P, H, Si, Mg, Li, Na*



---

Убывание ЭО

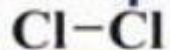
# ХИМИЧЕСКАЯ СВЯЗЬ

## ковалентная

полярная



неполярная

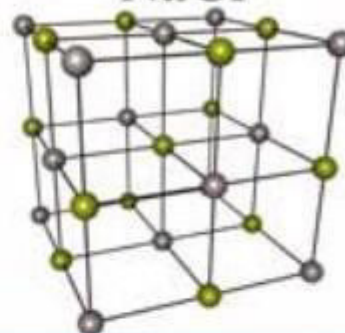


## ионная

$\text{Na}^+$



$\text{NaCl}$

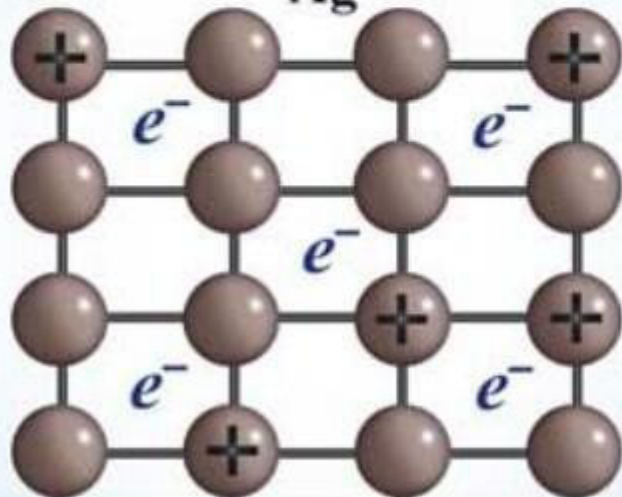


$\text{Cl}^-$



## металлическая

$\text{Ag}$



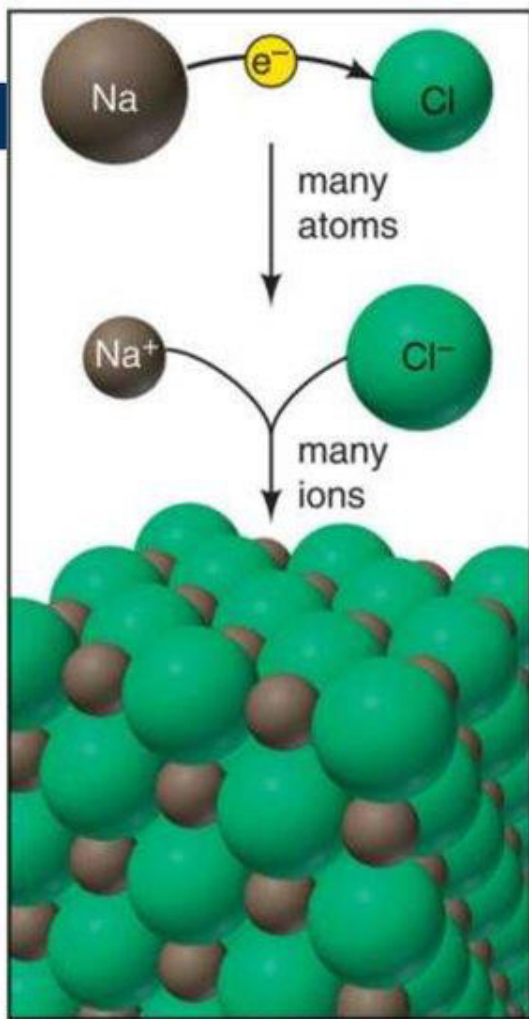
## водородная



# Образование химической связи разных типов: модели

## Ионная

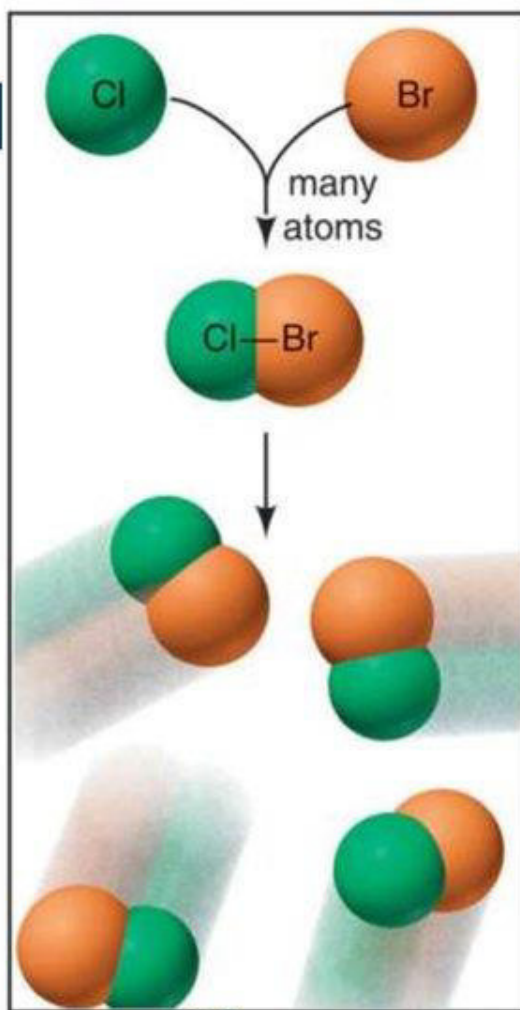
Металл/неметалл



Передача  
электронов

## Ковалентная

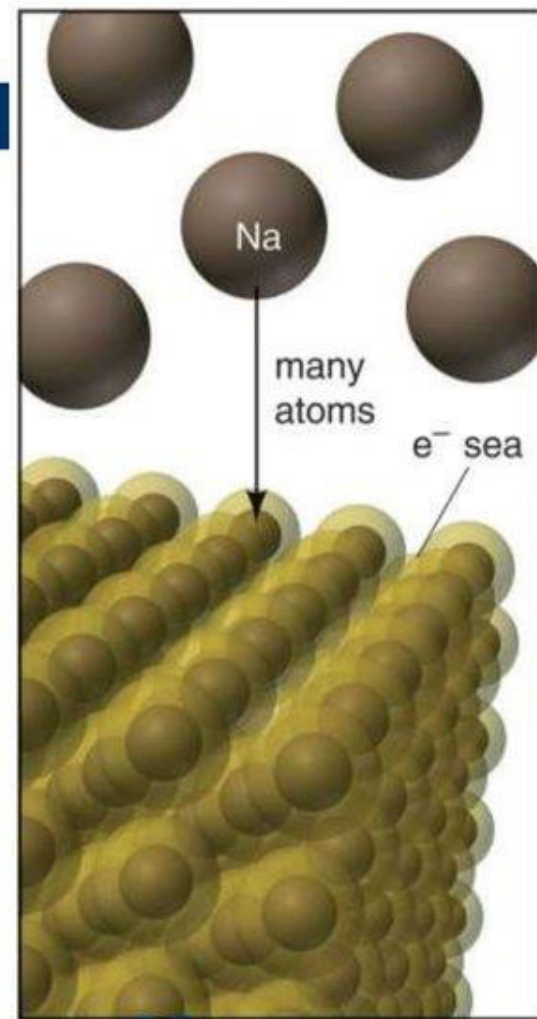
Неметалл/неметалл



Обмен  
электронами

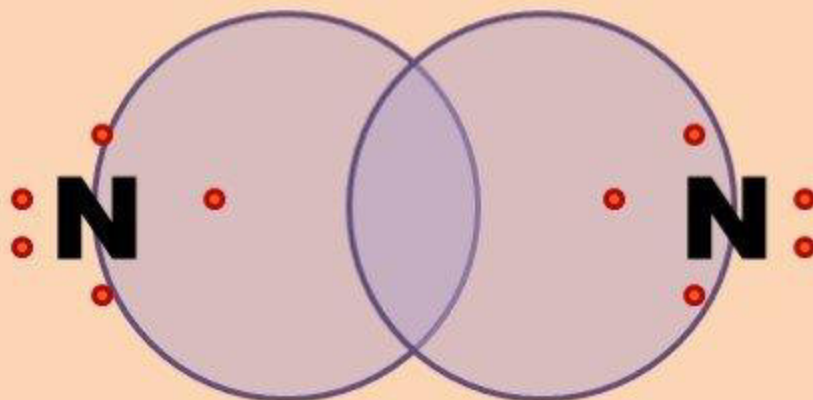
## Металлическая

Металл/металл



Объединение  
электронов

**Ковалентная связь может быть образована несколькими парами электронов**



**Количество связей у атома равно количеству электронов, которых не хватает у атома до октета.**

**Ионная связь -**  
образуется между  
**ионами**, в сложных  
веществах, состоящих  
**из атомов металлов и**  
**неметаллов:**

NaCl, KI, CaO, BaBr<sub>2</sub>

**Атомы неметаллов** - с высокой ЭО, присоединяют недостающие до завершения внешнего слоя  $e^-$ , забирают их от атомов металлов.

Атомы металлов  $\rightarrow$  в «+» ионы - **катионы**,

атомы неметаллов  $\rightarrow$  в «-» **анионы**

---

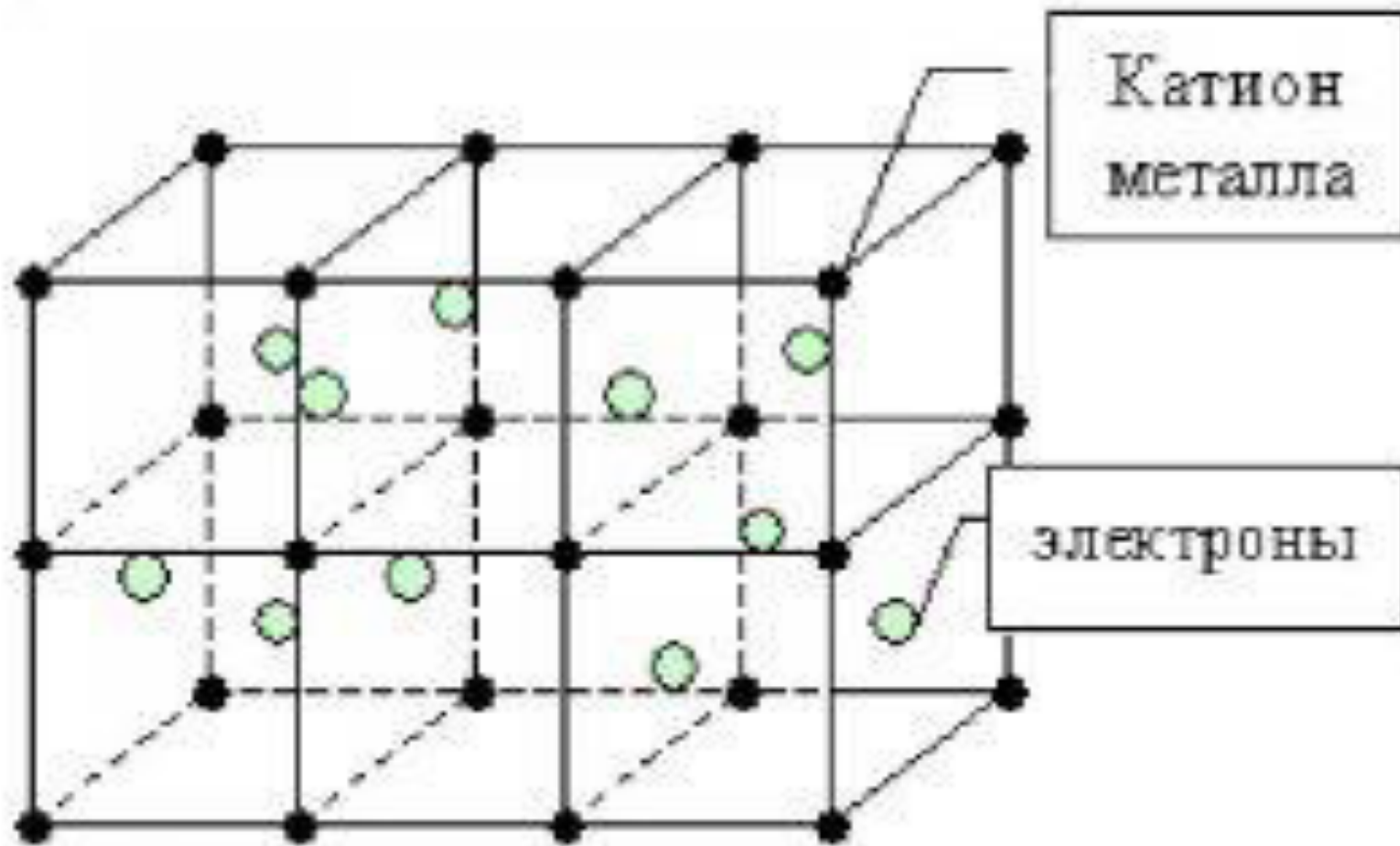
**Металлическая связь** - связь между «+» ионами металлов и свободными электронами ( $e^-$ ) в кристаллической решетке между атомами металлов.

**Атомы металлы** в силу **низкой ЭО**, слабо удерживают свои валентные электроны и теряя их  
→ **В «+» ИОНЫ**

---

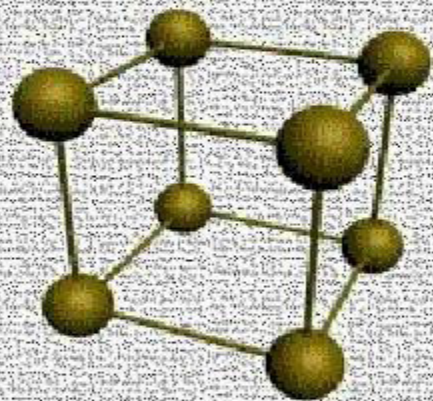


# Металлическая связь



# Варианты металлических кристаллических решеток

→ существует несколько вариантов упаковки атом-ионов в кристаллические решетки:

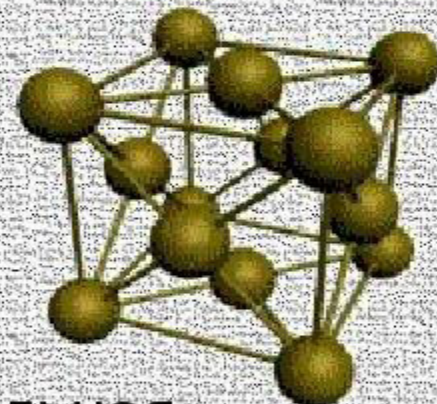


кубическая (Po)

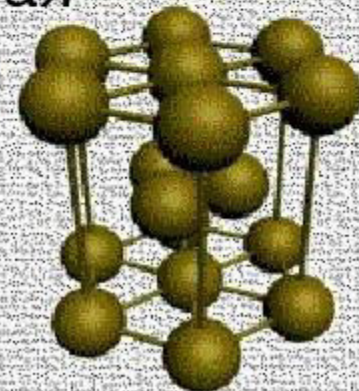


кубическая  
объемно-центрированная  
(Cr, Fe, щел. Me)

кубическая  
гранецентрированная  
(Al, Pb, Au, Cu, Ag и т.д.)



гексагональная  
(Mg)



Водородная связь - между электроотрицательным атомом и атомом водорода H, связанным ковалентно с другим электроотрицательным атомом (N, O, F).

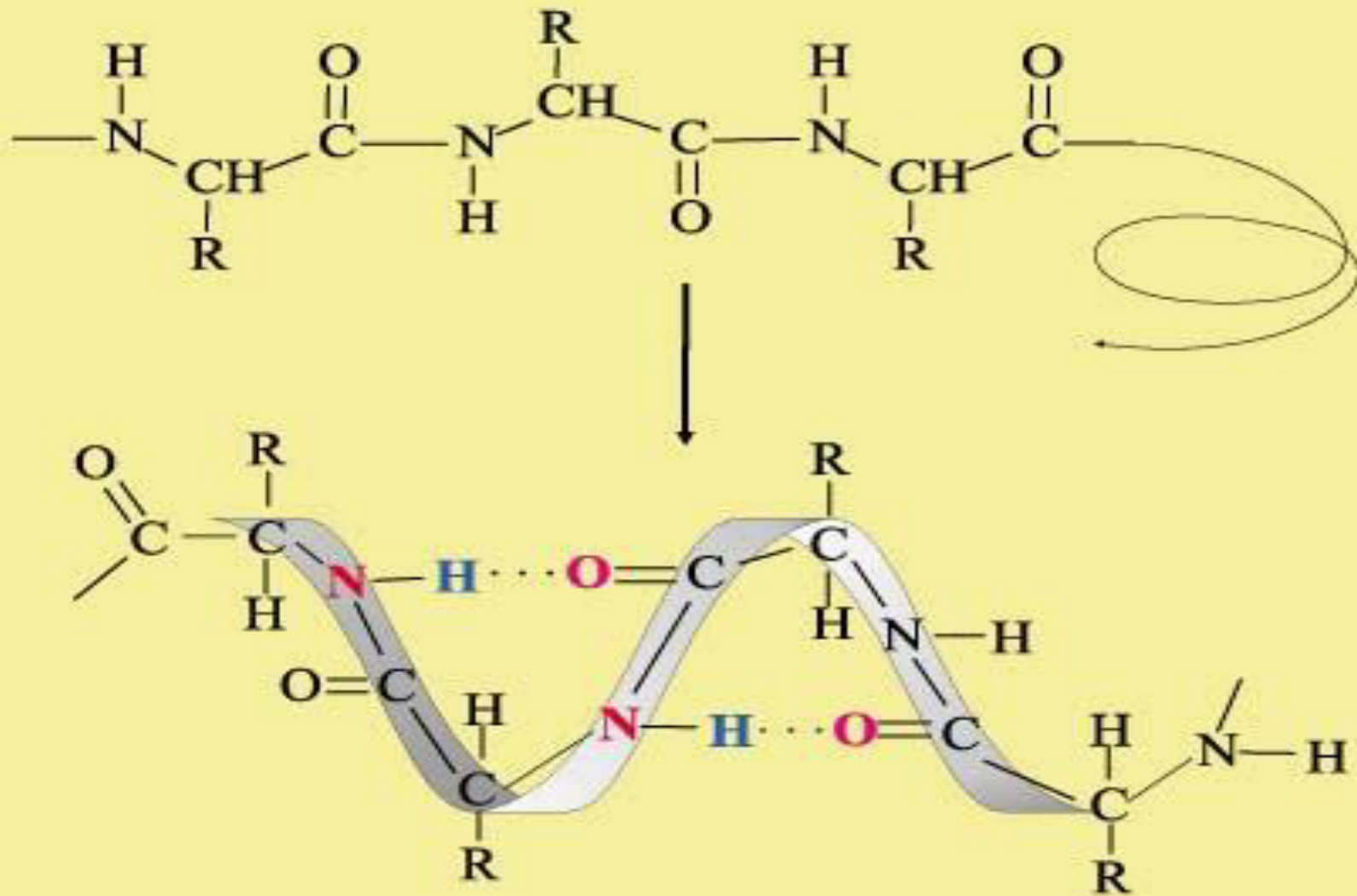
Может быть:

- межмолекулярная
- внутримолекулярная

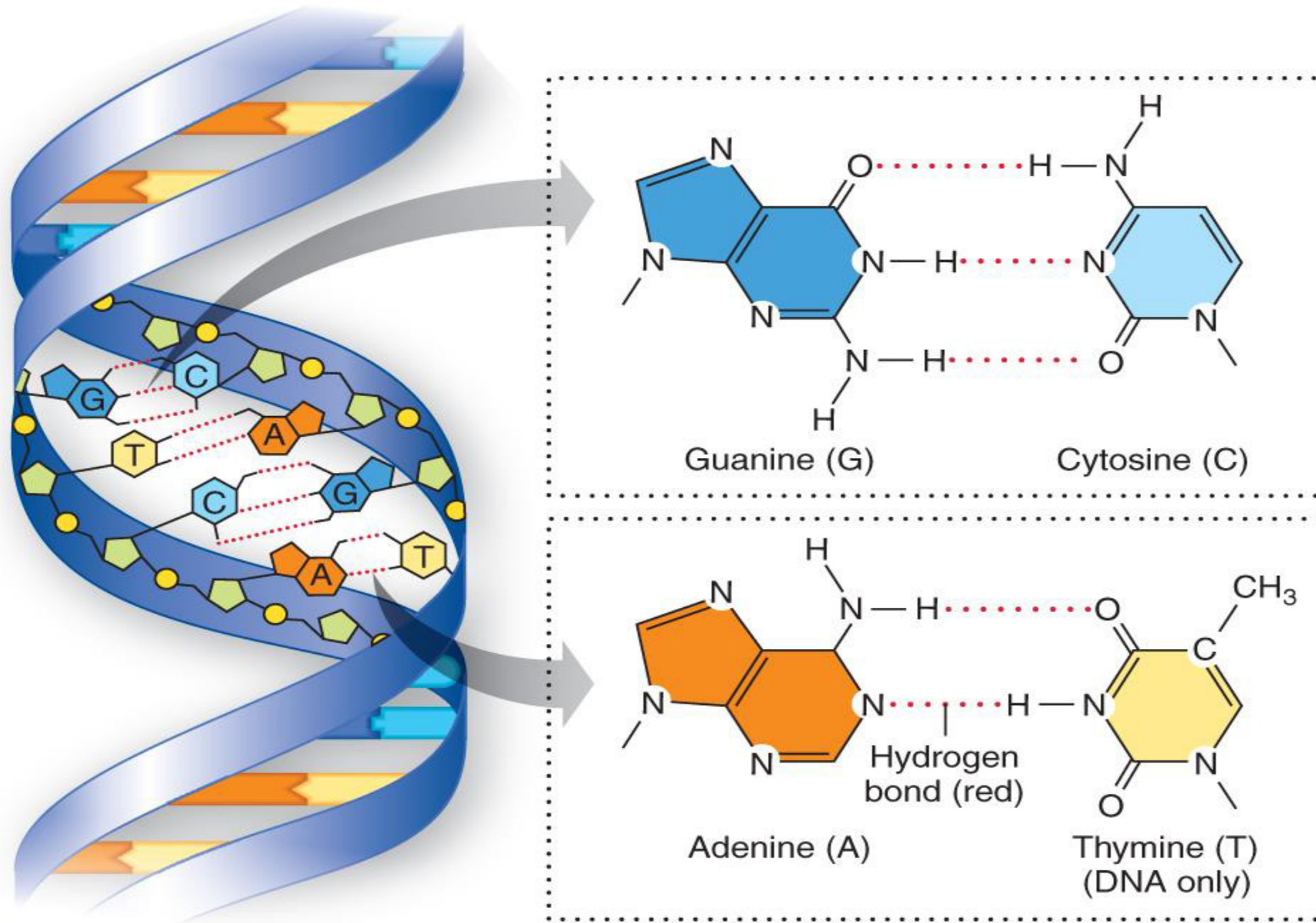
# Межмолекулярные



# Водородная связь в молекуле белка



Внутримолекулярные

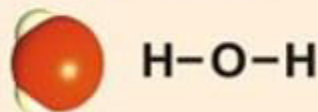
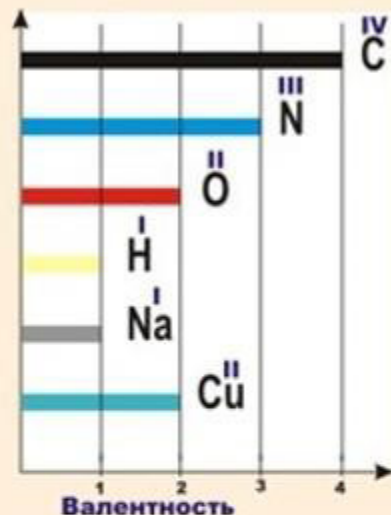


DNA structure with base pairs: G with C and A with T

**Валентность** (лат. Valens - «имеющий силу») - способность атомов присоединять определенное число других атомов (**число связей атома**). *Определяется № группы. Не имеет заряда.*

**Степень окисления** - заряд, получаемый атомом при отдаче (принятие) электронов в соединениях с ионными связями. *Имеет заряд*

**Валентность – число связей, образуемых атомом.**



**Степень окисления – заряд атома в соединении, если предположить, что оно состоит из ионов.**

Атомы элементов	Валентность	Степень окисления
Водород	$\overset{\text{I}}{\text{H}}_2, \overset{\text{I}}{\text{H}}_2\overset{\text{II}}{\text{O}}$	$\overset{0}{\text{H}}_2, \overset{+1}{\text{H}}_2\overset{-2}{\text{O}}$
Кислород	$\overset{\text{II}}{\text{O}}_2, \overset{\text{IV}}{\text{C}}\overset{\text{II}}{\text{O}}_2$	$\overset{0}{\text{O}}_2, \overset{+4}{\text{C}}\overset{-2}{\text{O}}_2$
Металлы Степень окисления = валентности	$\overset{\text{II}}{\text{Cu}}, \overset{\text{II}}{\text{Cu}}\overset{\text{II}}{\text{O}}$	$\overset{0}{\text{Cu}}, \overset{+2}{\text{Cu}}\overset{-2}{\text{O}}$

Сумма степеней окисления всех атомов в соединении равна 0.

Степень окисления атома в простом веществе равна 0.

Валентность не имеет знака и не может быть нулевой, тогда как степень окисления обязательно характеризуется знаком и может иметь значение, равное нулю.



Регистрационный номер CAS -  
имеют все химические вещества,  
описанные в научной литературе, по  
которому вещество можно  
идентифицировать в базах данных  
химических соединений и смесей,  
например в PubChem (2004 г).

Обслуживается рядом организаций  
в т.ч. Национальной медицинской  
библиотекой США



Состоит из трёх основных баз данных.

- **Соединения** (химические соединения) - более 60 миллионов записей.

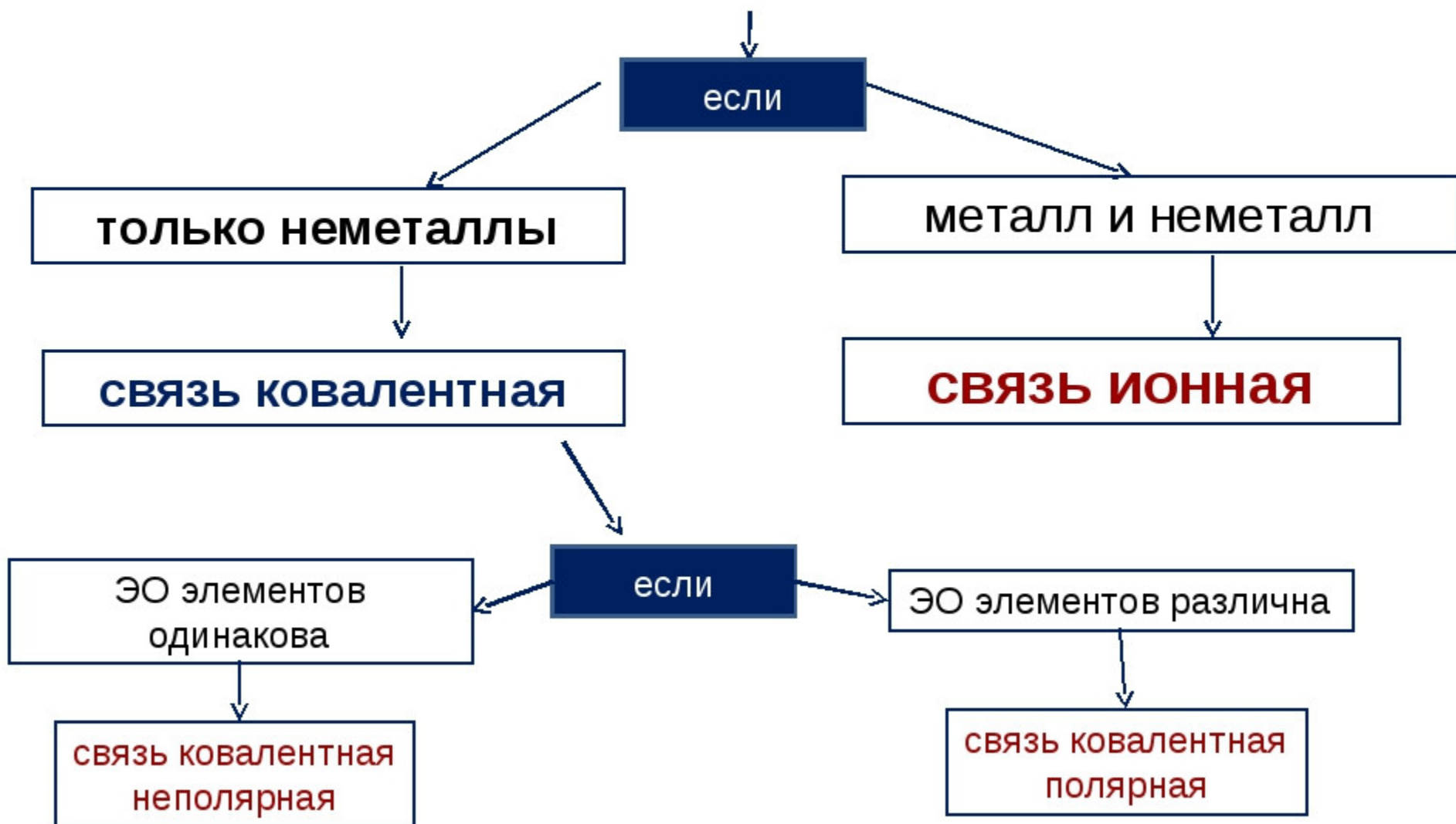
- **Вещества** (смеси) - более 157 миллионов записей.

- **Биопробы** (биопрепараты) - более миллиона

---

# Как определить вид связи в веществе?

Определите природу химических элементов



# ВЕЩЕСТВА

ПРОСТЫЕ

СЛОЖНЫЕ

M

H

H+H'

M+H

МЕТАЛ-  
ЛИЧЕСКАЯ

КОВАЛЕНТНАЯ  
НЕПОЛЯРНАЯ

КОВАЛЕНТНАЯ  
ПОЛЯРНАЯ

ИОННАЯ

Алгоритм определения типа химической связи

# ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ Д. И. МЕНДЕЛЕЕВА

ПЕРИОДЫ	Г Р У П П Ы Э Л Е М Е Н Т О В																	
	A I B	A II B	A III B	A IV B	A V B	A VI B	A VII B	A	VIII	B								
1	(H)							H Hydrogenium Водород	He Helium Гелий									
2	Li Lithium Литий	Be Beryllium Бериллий	B Borum Бор	C Carboneum Углерод	N Nitrogenium Азот	O Oxygenium Кислород	F Fluorum Фтор	Ne Neon Неон										
3	Na Natrium Натрий	Mg Magnesium Магний	Al Aluminium Алюминий	Si Silicium Кремний	P Phosphorus Фосфор	S Sulfur Сера	Cl Chlorium Хлор	Ar Argon Аргон										
4	K Kalium Калий	Ca Calcium Кальций	Sc Scandium Скандий	Ti Titanium Титан	V Vanadium Ванадий	Cr Chromium Хром	Mn Manganum Марганец	Fe Ferrum Железо	Co Cobaltum Кобальт	Ni Niccolum Никель								
	Cu Cuprum Медь	Zn Zincum Цинк	Ga Gallium Галлий	Ge Germanium Германий	As Arsenicum Мышьяк	Se Selenium Селен	Br Bromum Бром	Kr Krypton Криптон										
5	Rb Rubidium Рубидий	Sr Strontium Стронций	Y Yttrium Иттрий	Zr Zirconium Цирконий	Nb Niobium Ниобий	Mo Molybdaenum Молибден	Tc Technetium Технеций	Ru Ruthenium Рутений	Rh Rhodium Родий	Pd Palladium Палладий								
	Ag Argentum Серебро	Cd Cadmium Кадмий	In Indium Индий	Sn Stannum Олово	Sb Stibium Сурьма	Te Tellurium Теллур	I Iodum Иод	Xe Xenon Ксенон										
6	Cs Cesium Цезий	Ba Barium Барий	La* Lanthanum Лантан	Hf Hafnium Гафний	Ta Tantalum Тантал	W Wolframium Вольфрам	Re Rhenium Рений	Os Osmium Осмий	Ir Iridium Иридий	Pt Platinum Платина								
	Au Aurum Золото	Hg Hydrargyrum Ртуть	Tl Thallium Таллий	Pb Plumbum Свинец	Bi Bismuthum Висмут	Po Polonium Полоний	At Astatium Астат	Rn Radon Радон										
7	Fr Francium Франций	Ra Radium Радий	Ac** Actinium Актиний	Rf Rutherfordium Фезерфордий	Db Dubnium Дубний	Sg Seaborgium Сиборгий	Bh Bohrium Борий	Hs Hassium Хассий	Mt Meitnerium Мейтнерий									
	R <sub>2</sub> O	RO	R <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	RO <sub>2</sub>	R <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	RO <sub>3</sub>	R <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	RO <sub>4</sub>										
				RH <sub>4</sub>	RH <sub>3</sub>	RH <sub>2</sub>	RH											
ЛАНТАНОИДЫ*	Ce Cerium Церий	Pr Praseodymium Прозимий	Nd Neodymium Неодим	Pm Promethium Прометий	Sm Samarium Самарий	Eu Europium Европий	Gd Gadolinium Гадолиний	Tb Terbium Тербий	Dy Dysprosium Диспрозий	Ho Holmium Гольмий	Er Erbium Эрбий	Tm Thulium Тулий	Yb Ytterbium Иттербий	Lu Lutetium Лютеций				
АКТИНОИДЫ**	Th Thorium Торий	Pa Protactinium Протактиний	U Uranium Уран	Np Neptunium Нептуний	Pu Plutonium Плутоний	Am Americium Америций	Cm Curium Кюрий	Bk Berkelium Берклий	Cf Californium Калифорний	Es Einsteinium Эйнштейний	Fm Fermium Фермий	Md Mendelevium Менделеев	No Nobelium Нобелий	Lr Lawrencium Лоренций				





**УСПЕХОВ  
В ПОЗНАНИИ ХИМИИ!**

**БЛАГОДАРЮ  
ЗА ВНИМАНИЕ!**

---