

**Уральский государственный
аграрный университет**

д.х.н., проф. Хонина Татьяна Григорьевна

**Периодический закон
Д.И. Менделеева.**

Химическая связь и ее типы.

План лекции

1. **Сущность периодического закона. Причина периодической повторяемости химических свойств и количественных характеристик атомов с увеличением зарядов их ядер.**
2. **Строение периодической системы химических элементов Д.И. Менделеева. Характер и причины изменения металлических и неметаллических свойств, радиусов, энергии ионизации, энергии сродства к электрону, электроотрицательности атомов в периодах и группах периодической системы.**
3. **Электронные s -, p -, d - и f – семейства.**
4. **Основные типы химической связи (ковалентная, ионная, металлическая, водородная), механизм их образования и свойства.**

п.1. Сущность периодического закона. Причина периодической повторяемости химических свойств и количественных характеристик атомов с увеличением зарядов их ядер.

Электронная формула (конфигурация) атома – это условная запись, в которой все электроны атома распределены по энергетическим уровням и подуровням

1s, 2s, 2p, 3s, 3p, 4s, 3d, 4p, 5s, 4d, 5p, 6s, 4f, 5d, 6p, 7s, 5f, 6d, 7p


(n+l):

1 2 3 3 4 4 5 5 5 6 6 6 7 7 7 7 8 8 8

$n+l$	n	l	АО	Число e^- на АО	Период	Число элементов в периоде
1	1	0	$1s^2$	2	1	2 (H→He)
2	2	0	$2s^2$	2	2	8 (Li→Ne)
3	2	1	$2p^6$	6		
3	3	0	$3s^2$	2	3	8 (Na→Ar)
4	3	1	$3p^6$	6		
4	4	0	$4s^2$	2	4	18 (K→Kr)
5	3	2	$3d^{10}$	10		
5	4	1	$4p^6$	6		
5	5	0	$5s^2$	2	5	18 (Rb→Xe)
6	4	2	$4d^{10}$	10		
6	5	1	$5p^6$	6		

$n+l$	n	l	АО	Число e^- на АО	Период	Число элементов в периоде
6	6	0	$6s^2$	2	6	32 (Cs→Rn)
7	4	3	$4f^{14}$	14		
7	5	2	$5d^{10}$	10		
7	6	1	$6p^6$	6		
7	7	0	$7s^2$	2	7	32 (Fr→Og)
8	5	3	$5f^{14}$	14		
8	6	2	$6d^{10}$	10		
8	7	1	$7p^6$	6		

Периодическая таблица Д.И. Менделеева

		Периодическая система химических элементов Д. И. Менделеева						VII (H)		VIII		
1	1	I		II	III	IV	V	VI	VII (H)		VIII	
		H 1 1,00794 водород									 Периодический закон открыт Д.И. Менделеевым в 1869 г.	
2	2	Li 3 6,941 литий	Be 4 9,01218 бериллий	5 10,811 бор	B 6 12,011 углерод	7 14,0067 азот	8 15,9994 кислород	9 18,998403 фтор	F 10 20,179 неон			
3	3	Na 11 22,98977 натрий	Mg 12 24,305 магний	13 26,98154 алюминий	Al 14 28,0855 кремний	15 30,97376 фосфор	16 32,066 сера	17 35,453 хлор	Cl 18 39,948 аргон			
4	4	K 19 39,0983 калий	Ca 20 40,078 кальций	Sc 21 44,95591 скандий	Ti 22 47,88 титан	V 23 50,9415 ванадий	24 51,9961 хром	Mn 25 54,9380 марганец	Fe 26 55,847 железо	Co 27 58,9332 кобальт	Ni 28 58,69 никель	
	5	29 63,546 медь	Cu 30 65,39 цинк	31 69,723 галлий	Ga 32 72,59 германий	33 74,9216 мышьяк	34 78,96 селен	35 79,904 бром	Br 36 83,80 криптон			
5	6	Rb 37 85,4678 рубидий	Sr 38 87,62 стронций	Y 39 88,9059 иттрий	Zr 40 91,224 цирконий	Nb 41 92,9064 ниобий	42 95,94 молибден	Tc 43 [98] технеций	Ru 44 101,07 рутений	Rh 45 102,9055 родий	Pd 46 106,42 палладий	
	7	47 107,8682 серебро	Ag 48 112,41 кадмий	49 114,82 индий	In 50 118,710 олово	51 121,75 сурьма	52 127,60 теллур	53 126,9045 йод	I 54 131,29 ксенон			
6	8	Cs 55 132,9054 цезий	Ba 56 137,33 барий	La* 57 138,9055 лантан	Hf 72 178,49 гафний	Ta 73 180,9479 тантал	74 183,85 вольфрам	Re 75 186,207 рений	Os 76 190,2 осмий	Ir 77 192,22 иридий	Pt 78 195,08 платина	
	9	79 196,9665 золото	Au 80 200,59 ртуть	81 204,383 таллий	Tl 82 207,2 свинец	83 208,9804 висмут	84 [209] полоний	85 [210] астат	86 [222] радон			
7	10	Fr 87 [223] франций	Ra 88 [226] радий	Ac** 89 [227] актиний	Rf 104 [261] резерфордий	Db 105 [262] дубний	106 [263] сибгоргий	Bh 107 [262] борий	Hs 108 [265] гасий	Mt 109 [266] майтнерий	Ds 110 [271] дармштадтий	
	11	111 [272] рентгений	112 [285] унунбий	113 (Uut) [] унунтрий	114 Uuq [287] унунквадий	115 (Uup) [] унунпентий	116 Uuh [292] унунгексий	117 (Uus) [] унунсептий	118 Uuo [293] унуноктий			

* Лантаноиды

Ce 58 140,12 церий	Pr 59 140,9077 празеодим	Nd 60 144,24 неодим	Pm 61 [145] прометий	Sm 62 150,36 самарий	Eu 63 151,96 европий	Gd 64 157,25 гадолиний	Tb 65 158,9254 тербий	Dy 66 162,50 диспрозий	Ho 67 164,9304 гольмий	Er 68 167,26 эрбий	Tm 69 168,9342 тулий	Yb 70 173,04 иттербий	Lu 71 174,967 лютеций
---------------------------------	---------------------------------------	----------------------------------	-----------------------------------	-----------------------------------	-----------------------------------	-------------------------------------	------------------------------------	-------------------------------------	-------------------------------------	---------------------------------	-----------------------------------	------------------------------------	------------------------------------

** Актиноиды

Th 90 232,0381 торий	Pa 91 [231] протактиний	U 92 238,0289 уран	Np 93 [237] нептуний	Pu 94 [244] плутоний	Am 95 [243] амерций	Cm 96 [247] кюрий	Bk 97 [247] берклий	Cf 98 [251] калифорний	Es 99 [252] эйнштейний	Fm 100 [257] фермий	Md 101 [258] менделевий	No 102 [259] нобелий	Lr 103 [260] лоуренсий
-----------------------------------	--------------------------------------	---------------------------------	-----------------------------------	-----------------------------------	----------------------------------	--------------------------------	----------------------------------	-------------------------------------	-------------------------------------	----------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------	-------------------------------------

Целое число в скобках – массовое число наиболее устойчивого изотопа

Периодическая таблица элементов Д.И. Менделеева

D.I. Mendeleev's Periodic Table of Elements

1869

1																		18																	
IA																		VIII																	
2																		2																	
H 1,00794 Hydrogen																		He 4,0026 Helium																	
3			4															10																	
Li 6,941 Lithium			Be 9,01218 Beryllium															Ne 20,1797 Neon																	
11											12															18									
Na 22,989768 Sodium											Mg 24,3050 Magnesium															Ar 39,948 Argon									
3																		4		5		6		7		8		9		10		11		12	
III B																		IV B		V B		VI B		VII B		VIII B		VIII B		VIII B		IB		IIB	
19																		20															36		
K 39,0983 Potassium																		Ca 40,078 Calcium															Kr 83,80 Krypton		
37																		38															54		
Rb 85,4678 Rubidium																		Sr 87,62 Strontium															Xe 131,29 Xenon		
55																		56															86		
Cs 132,90543 Cesium																		Ba 137,327 Barium															Rn 222 Radon		
87																		88															118		
Fr 223 Francium																		Ra 226,025 Radium															Uuo ununoctium		



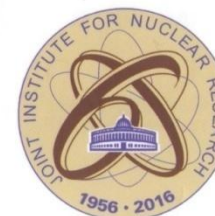
26-30 сентября 2016 г.
г. Екатеринбург, Россия

Лантаноиды Lanthanoides

58																		59		60		61		62		63		64		65		66		67		68		69		70		71	
Ce 140,115 Cerium																		Pr 140,90765 Praseodymium		Nd 144,24 Neodymium		Pm [145] Promethium		Sm 150,36 Samarium		Eu 151,965 Europium		Gd 157,25 Gadolinium		Tb 158,92534 Terbium		Dy 162,50 Dysprosium		Ho 164,93032 Holmium		Er 167,26 Erbium		Tm 168,93421 Thulium		Yb 173,04 Ytterbium		Lu 174,967 Lutetium	

Актиноиды Actinoides

90																		91		92		93		94		95		96		97		98		99		100		101		102		103	
Th 232,0381 Thorium																		Pa 231,03688 Protactinium		U 238,02891 Uranium		Np [237] Neptunium		Pu [244] Plutonium		Am [243] Americium		Cm [247] Curium		Bk [247] Berkelium		Cf [251] Californium		Es [252] Einsteinium		Fm [257] Fermium		Md [258] Mendelevium		No [259] Nobelium		Lr [262] Lawrencium	



Приоритет в открытии элементов 114-118 признан за учеными ОИЯИ (Россия) и Ливерморской и Окриджской национальных лабораторий (США)

Периодический закон

- "Свойства простых тел, а также формы и свойства соединений элементов находятся в периодической зависимости (или, выражаясь алгебраически, образуют периодическую функцию) от величины атомных весов элементов».



МЕНДЕЛЕЕВ Дмитрий Иванович (8.02.1834 - 2.02.1907)

Периодический закон сегодня:

- **"Свойства химических элементов, а также образуемых ими простых и сложных веществ находятся в периодической зависимости от заряда ядра".**
 - Заряд ядра атома определяет число электронов.
 - Электроны заселяют атомные орбитали таким образом, что строение внешней электронной оболочки периодически повторяется.
 - Это выражается в периодическом изменении химических свойств элементов и их соединений.

Периодическая система химических элементов

- Периодическая система химических элементов - естественная классификация химических элементов, являющаяся табличным выражением периодического закона Д.И. Менделеева.
- Пробразом Периодической системы химических элементов послужила таблица, составленная Д.И. Менделеевым 1 марта 1869 г.
- В 1870 г. Менделеев назвал систему естественной, а в 1871 г. - периодической.
- Формы периодической таблицы:
короткопериодная, длиннопериодная

Периодичность

- Периодичность – это повторяемость химических и физических свойств элементов и их соединений по определенному направлению периодической системы при изменении порядкового номера элементов.
- Виды периодичности: вертикальная, горизонтальная.

п.2. Строение периодической системы химических элементов Д. И. Менделеева. Характер и причины изменения металлических и неметаллических свойств, радиусов, энергии ионизации, энергии сродства к электрону, электроотрицательности атомов в периодах и группах периодической системы.

Свойства атомов

энергия ионизации

энергия сродства к электрону

электроотрицательность

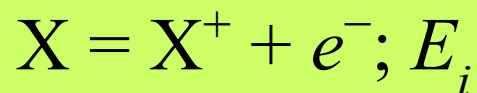
атомный и ионный радиус

металлические свойства

неметаллические свойства

Энергия ионизации

- Энергия (потенциал) ионизации атома E_i - минимальная энергия, необходимая для удаления электрона из атома:



- Значения E_i (кДж/моль):

	<u>Н</u>	<u>1312,1</u>	
К 418,7	F 1680,8	He 2372	
Rb 403,0	Cl 1255,5	Ne 2080	
Cs 375,7	Br 1142,6	Ar 1520	

Сродство к электрону

- Сродство атома к электрону E_e – способность атомов присоединять добавочный электрон и превращаться в отрицательный ион.
- Мерой сродства к электрону служит энергия, выделяющаяся при присоединении электрона к нейтральному атому,
- при этом: $X + e^- = X^- ; E_e$
- Значения E_e (кДж/моль)

F	-345,7
Cl	-366,7

Электроотрицательность

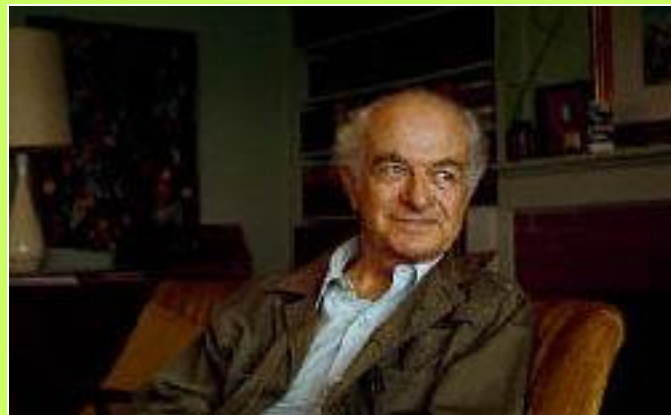
$$\chi = \frac{E_i + E_e}{2}$$

(абсолютная
электроотрицательность)

Относительная
электроотрицательность:

$$\chi_{Li} = 1$$


$$\chi_F = 4$$



Лайнус-Карл ПОЛИНГ
(28.02.1901 – 19.08.1994)

Одна из самых
распространенных – шкала
электроотрицательности
Оллреда – Рохова

Периодическая таблица Д.И. Менделеева

		Периодическая система химических элементов Д. И. Менделеева						VII (H)		VIII		
1	1	I		II	III	IV	V	VI	VIII			
		H 1 1,00794 водород								He 2 4,002602 гелий	 Периодический закон открыт Д.И. Менделеевым в 1869 г.	
2	2	Li 3 6,941 литий	Be 4 9,01218 бериллий	5 10,811 бор	6 12,011 углерод	7 14,0067 азот	8 15,9994 кислород	9 18,998403 фтор	10 20,179 неон			
3	3	Na 11 22,98977 натрий	Mg 12 24,305 магний	13 26,98154 алюминий	14 28,0855 кремний	15 30,97376 фосфор	16 32,066 сера	17 35,453 хлор	18 39,948 аргон			
4	4	K 19 39,0983 калий	Ca 20 40,078 кальций	Sc 21 44,95591 скандий	Ti 22 47,88 титан	V 23 50,9415 ванадий	Cr 24 51,9961 хром	Mn 25 54,9380 марганец	Fe 26 55,847 железо	Co 27 58,9332 кобальт	Ni 28 58,69 никель	
	5	29 63,546 Cu медь	30 65,39 Zn цинк	31 69,723 Ga галлий	32 72,59 Ge германий	33 74,9216 As мышьяк	34 78,96 Se селен	35 79,904 Br бром	36 83,80 Kr криптон			
5	6	Rb 37 85,4678 рубидий	Sr 38 87,62 стронций	Y 39 88,9059 иттрий	Zr 40 91,224 цирконий	Nb 41 92,9064 ниобий	Mo 42 95,94 молибден	Tc 43 [98] технеций	Ru 44 101,07 рутений	Rh 45 102,9055 родий	Pd 46 106,42 палладий	
	7	47 107,8682 Ag серебро	48 112,41 Cd кадмий	49 114,82 In индий	50 118,710 Sn олово	51 121,75 Sb сурьма	52 127,60 Te теллур	53 126,9045 I йод	54 131,29 Xe ксенон			
6	8	Cs 55 132,9054 цезий	Ba 56 137,33 барий	La* 57 138,9055 лантан	Hf 72 178,49 гафний	Ta 73 180,9479 тантал	W 74 183,85 вольфрам	Re 75 186,207 рений	Os 76 190,2 осмий	Ir 77 192,22 иридий	Pt 78 195,08 платина	
	9	79 196,9665 Au золото	80 200,59 Hg ртуть	81 204,383 Tl таллий	82 207,2 Pb свинец	83 208,9804 Bi висмут	84 [209] Po полоний	85 [210] At астат	86 [222] Rn радон			
7	10	Fr 87 [223] франций	Ra 88 [226] радий	Ac** 89 [227] актиний	Rf 104 [261] резерфордий	Db 105 [262] дубний	Sg 106 [263] сигборгий	Bh 107 [262] борий	Hs 108 [265] гасий	Mt 109 [266] майтнерий	Ds 110 [271] дармштадтий	
	11	111 [272] Rg рентгений	112 [285] Uub унунбий	113 (Uut) [] унунтрий	114 [287] Uuq унунквадий	115 (Uup) [] унунпентий	116 [292] Uuh унунгексий	117 (Uus) [] унунсептий	118 [293] Uuo унуноктий			

* Лантаноиды

Ce 58 140,12 церий	Pr 59 140,9077 празеодим	Nd 60 144,24 неодим	Pm 61 [145] прометий	Sm 62 150,36 самарий	Eu 63 151,96 европий	Gd 64 157,25 гадолиний	Tb 65 158,9254 тербий	Dy 66 162,50 диспрозий	Ho 67 164,9304 гольмий	Er 68 167,26 эрбий	Tm 69 168,9342 тулий	Yb 70 173,04 иттербий	Lu 71 174,967 лютеций
---------------------------------	---------------------------------------	----------------------------------	-----------------------------------	-----------------------------------	-----------------------------------	-------------------------------------	------------------------------------	-------------------------------------	-------------------------------------	---------------------------------	-----------------------------------	------------------------------------	------------------------------------

** Актиноиды

Th 90 232,0381 торий	Pa 91 [231] протактиний	U 92 238,0289 уран	Np 93 [237] нептуний	Pu 94 [244] плутоний	Am 95 [243] амерций	Cm 96 [247] кюрий	Bk 97 [247] берклий	Cf 98 [251] калифорний	Es 99 [252] эйнштейний	Fm 100 [257] фермий	Md 101 [258] менделевий	No 102 [259] нобелий	Lr 103 [260] лоуренсий
-----------------------------------	--------------------------------------	---------------------------------	-----------------------------------	-----------------------------------	----------------------------------	--------------------------------	----------------------------------	-------------------------------------	-------------------------------------	----------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------	-------------------------------------

Целое число в скобках – массовое число наиболее устойчивого изотопа

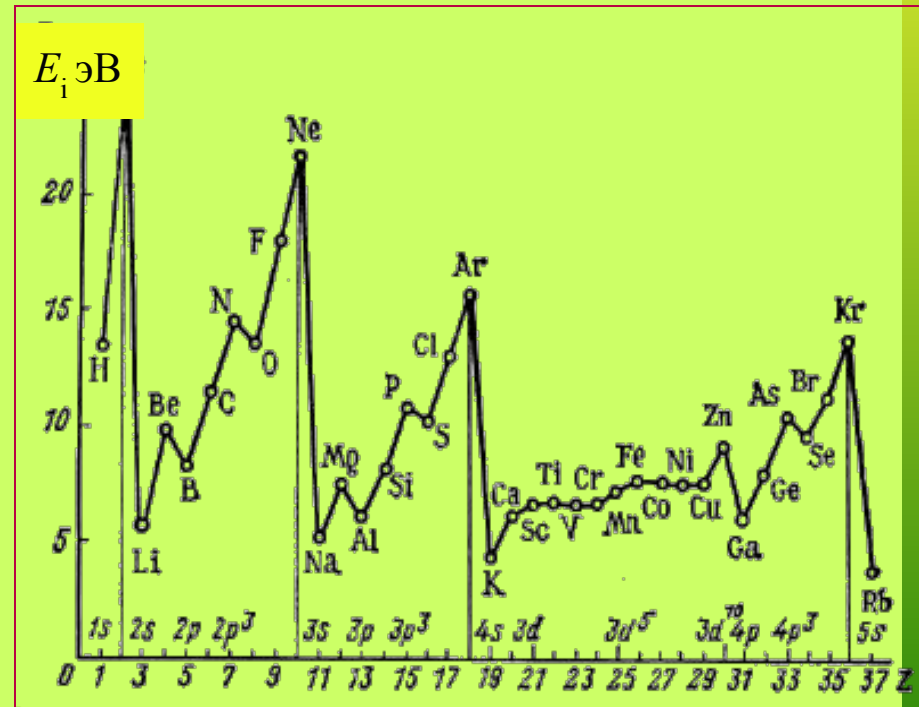
Периодичность

Вертикальная периодичность

заключается в повторяемости свойств химических элементов в вертикальных столбцах Периодической системы и обуславливает объединение элементов в группы. Элементы одной группы имеют однотипные электронные конфигурации.

Горизонтальная периодичность

заключается в появлении максимальных и минимальных значений свойств простых веществ и соединений в пределах каждого периода.



Зависимость потенциала ионизации от атомного номера

п.3 Электронные s-,p-,d и f- семейства

это связь между положением элемента в периодической системе и электронным строением его атома; от того, какой энергетический подуровень заполняется последним, различают 4 электронных семейства: s-, p-, d- и f.

s-Элементы – семейство химических элементов, у которых при заполнении электронных подуровней последний электрон заполняет s-подуровень внешнего энергетического уровня. Это главные подгруппы I и II групп. $ns^{1,2}$; (n=1-7).
14 s-элементов.

P-Элементы – семейство химических элементов, у которых при заполнении электронных подуровней последний электрон заполняет p-подуровень внешнего энергетического уровня. Это элементы главных подгрупп III – VIII групп. ns^2np^{1-6} . (n=2-7). 36 p-элементов.

d-Элементы – заполняется d-подуровень предвнешнего уровня. Это элементы побочных подгрупп; входят в 4-7 периоды. $ns^2(n-1)d^{1-10}$; (n=4-7).
40 d-элементов.

f- Элементы – заполняется f-подуровень предпредвнешнего уровня (3-ий снаружи). Это элементы 6 и 7 периодов, соответственно, лантаноиды: № 58 (церий) - №71(лютеций) и актиноиды: №90 (торий) - №103 (лоуренсий). $ns^2(n-2)f^{1-14}$; (n=6,7).
28 f- элементов

п.3. Основные типы химической связи (ковалентная, ионная, металлическая, водородная), механизм их образования и свойства.

Под химической связью понимают такое взаимодействие атомов, которое связывает их в молекулы, ионы, радикалы, кристаллы

Ковалентная химическая связь

это связь, возникающая между атомами за счет образования общих электронных пар

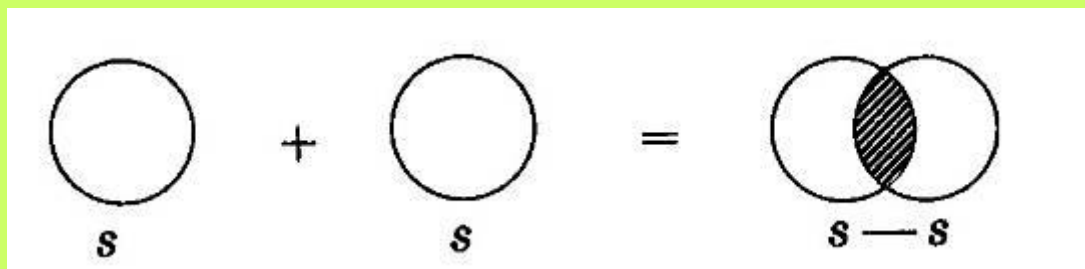
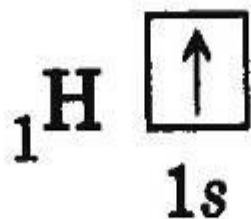
Параметры и свойства ковалентной связи

- **Энергия связи** характеризует прочность химической связи.
- **Длина связи** – расстояние между ядрами атомов, образующих связь.
- **Насыщаемость.** Способность атомов образовывать ограниченное число валентных связей. В соответствии с принципом Паули на перекрываемых орбиталях могут присутствовать не более двух электронов с противоположными спинами.
- **Направленность.** Перекрываемые орбитали должны иметь одинаковую симметрию относительно межъядерной оси (вдоль σ -связей). Совокупность направленных, строго ориентированных в пространстве σ -связей создает структуру химической частицы.
- **Полярность связи** характеризует смещение связующего электронного облака в сторону более ЭО элемента
- **Образование кратных связей** при дополнительном перекрывании атомных орбиталей (п-связи).
- **Гибридизация** - выравнивание электронных орбиталей по форме и энергии

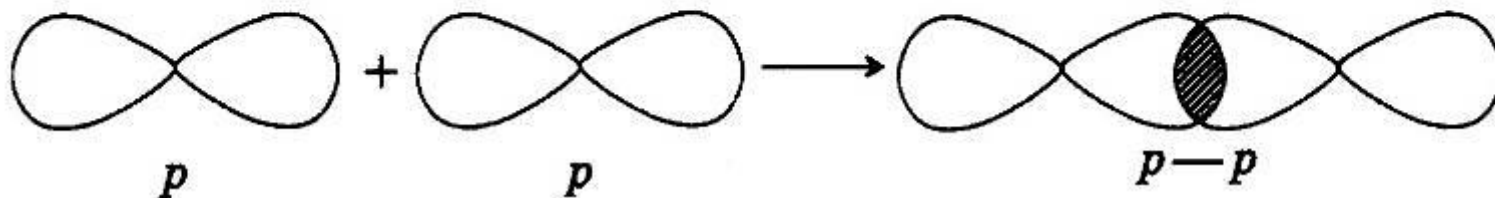
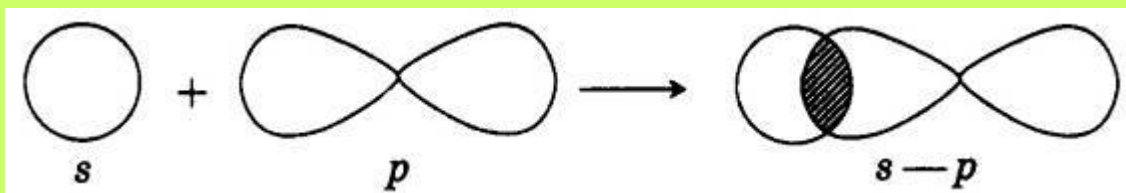
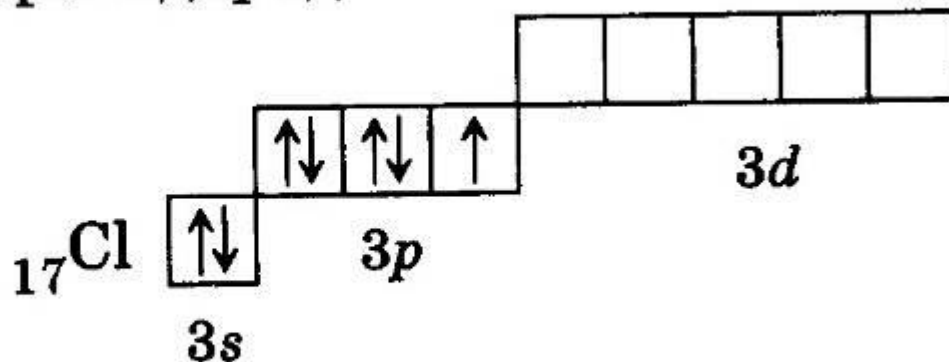
Механизмы образования ковалентной связи: обменный и донорно-акцепторный

- Обменный механизм

H_2 — водород:

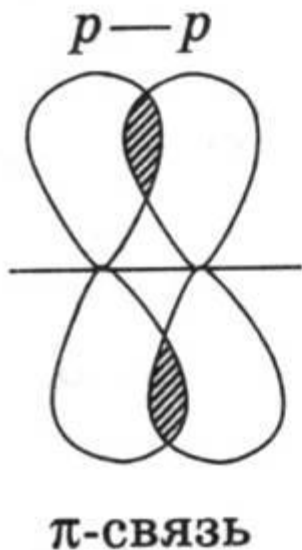
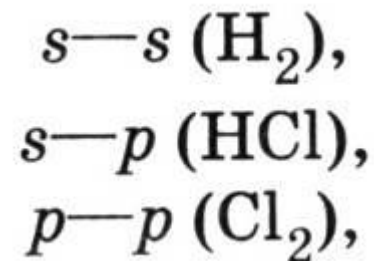
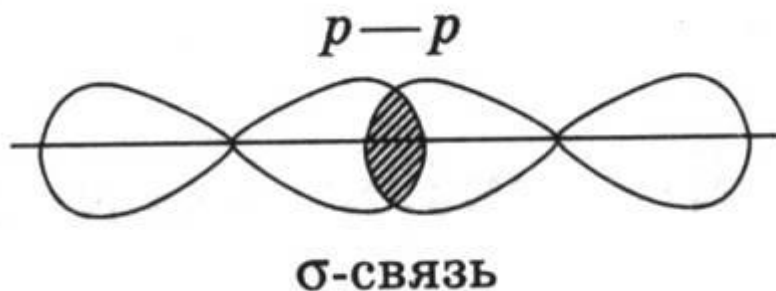


HCl — хлороводород:



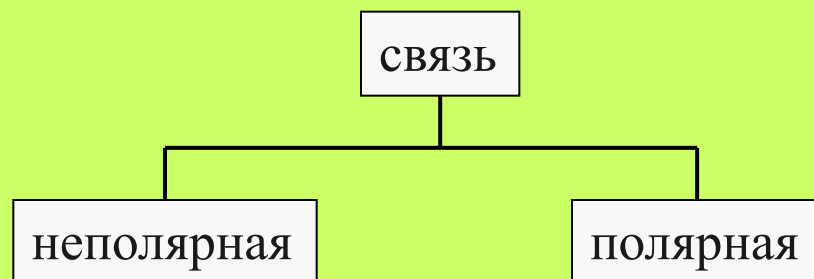
Способ перекрывания электронных орбиталей:

σ - и π - СВЯЗИ

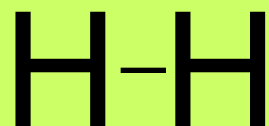


Полярность ковалентной связи

- **степень смещенности** общих электронных пар к одному из связанных ими атомов

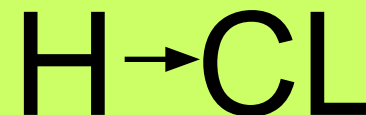


Ковалентную химическую связь, образующуюся между атомами с одинаковой электроотрицательностью, называют неполярной



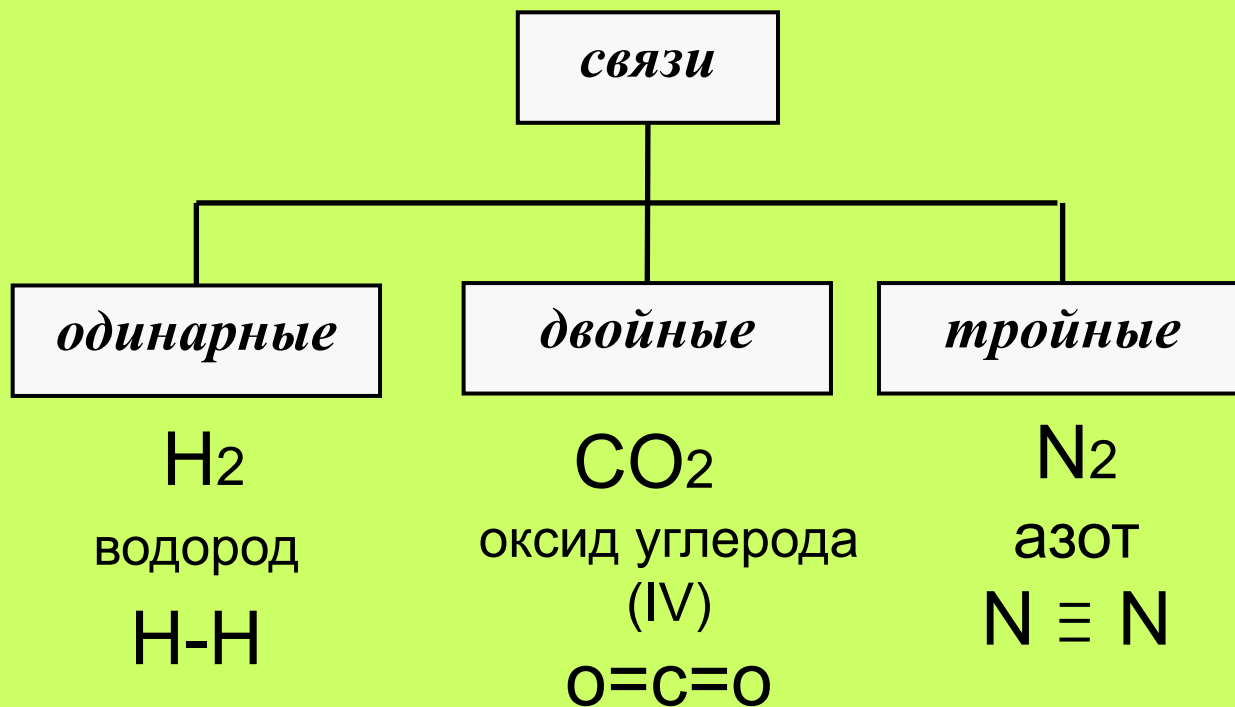
электроотрицательность (ЭО) — свойство оттягивать к себе валентные электроны от других атомов

Ковалентную химическую связь, образующуюся между атомами с разной электроотрицательностью, называют полярной

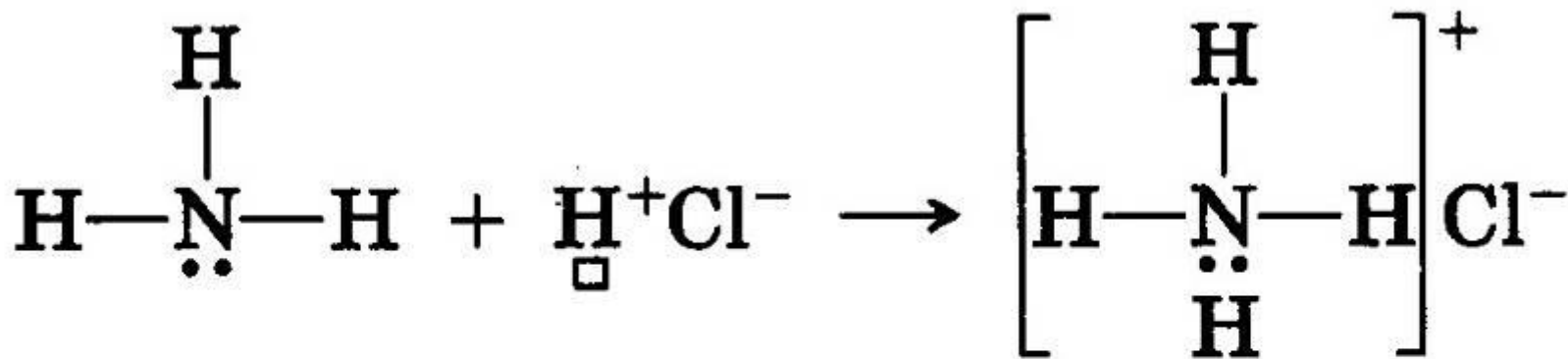


Кратность ковалентной связи

- **число** общих электронных пар, связывающих атомы



Донорно-акцепторный механизм



Донор
аммиак

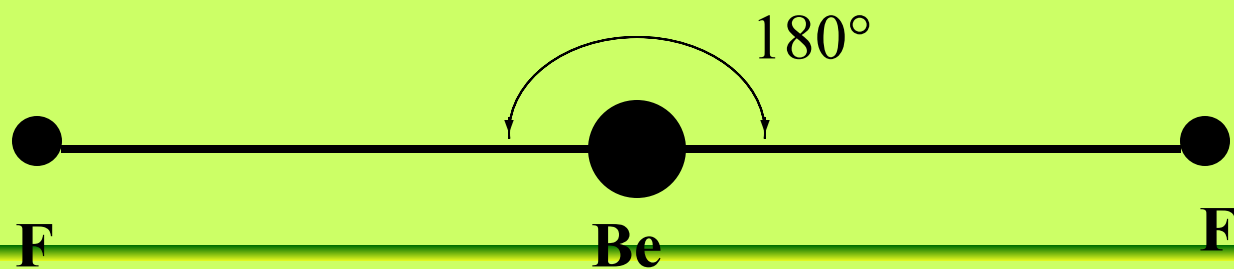
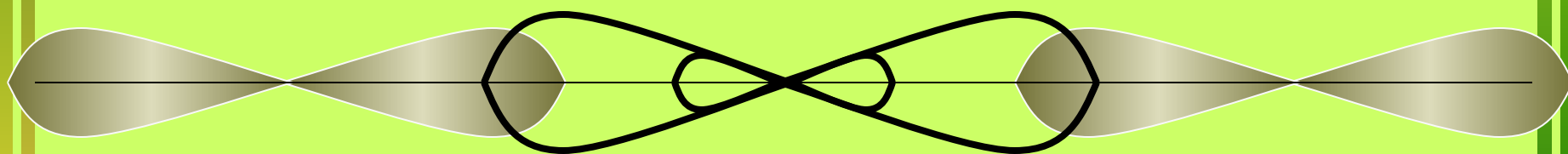
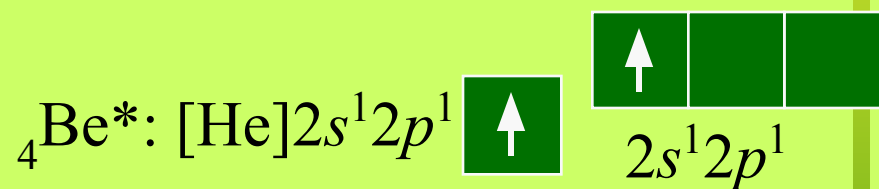
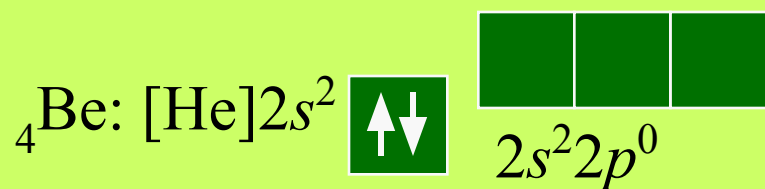
Акцептор
хлористый
водород

Ион
аммония

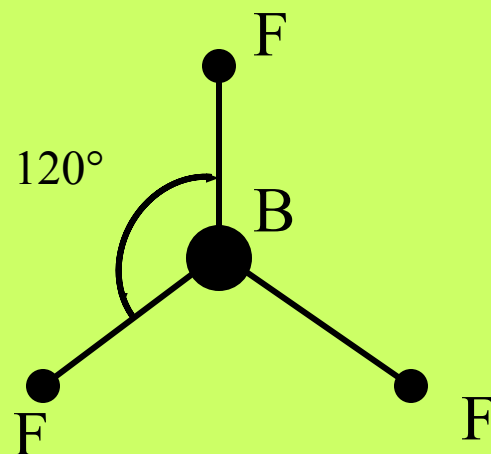
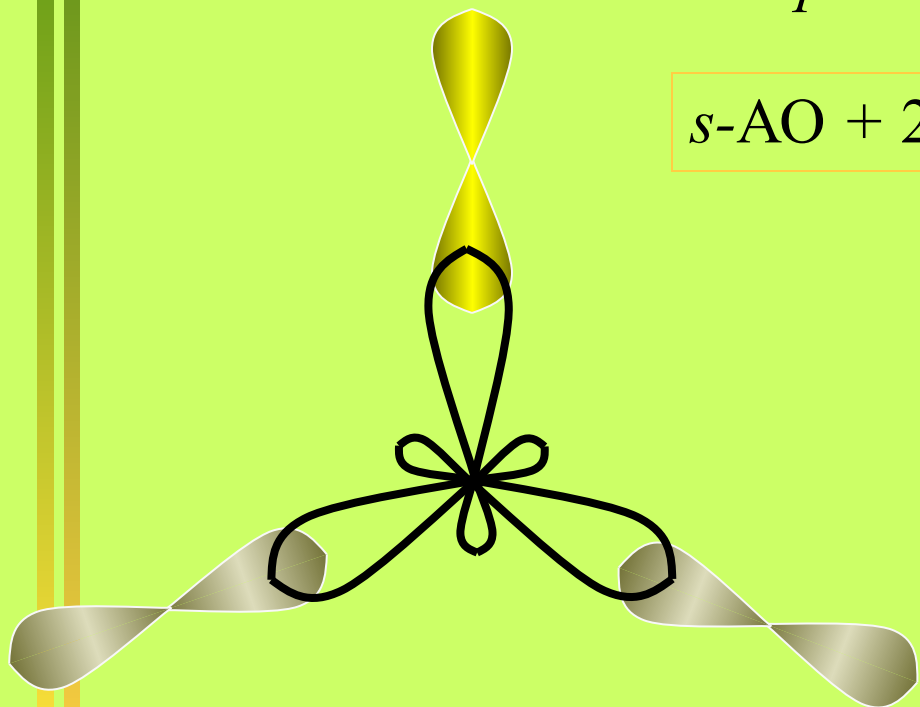
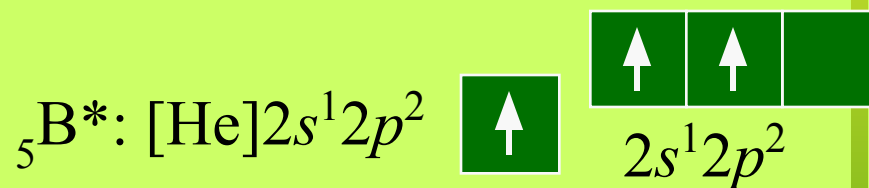
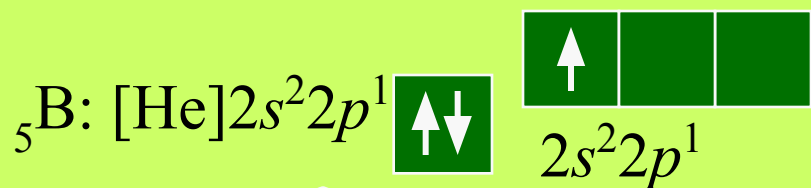
Гибридизация атомных орбиталей

- **Гибридизация** – это выравнивание (усреднение) энергетических и геометрических характеристик атомных орбиталей разных подуровней при образовании химических связей.
- В результате появляются **гибридные орбитали**, которые ориентируются в пространстве таким образом, чтобы расположенные на них электронные пары (или неспаренные электроны) были максимально удалены друг от друга.

Примеры гибридизации (sp)

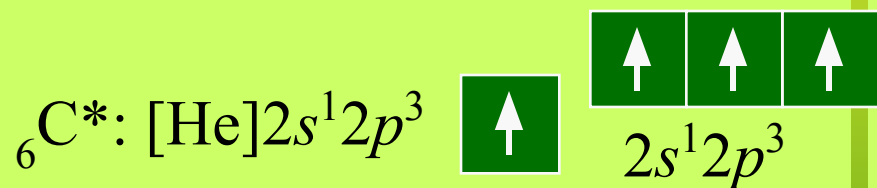
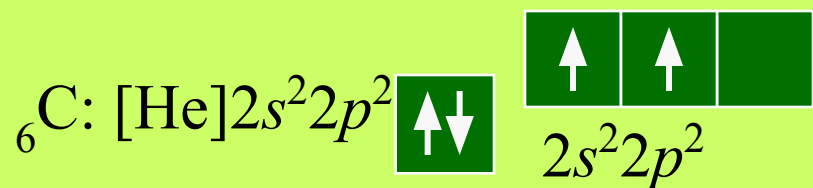


Примеры гибридизации (sp^2)

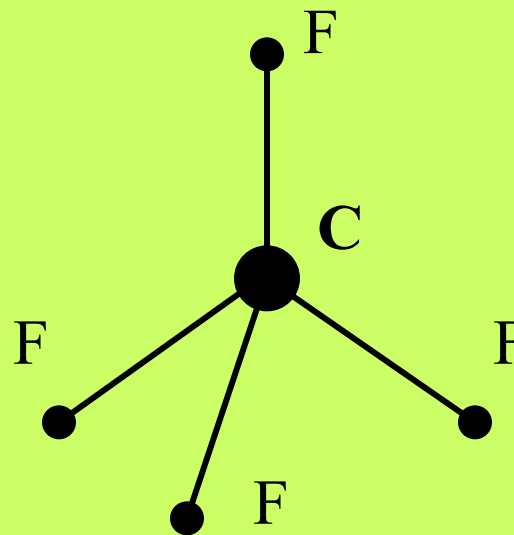


Плоский треугольник

Примеры гибридизации (sp^3)

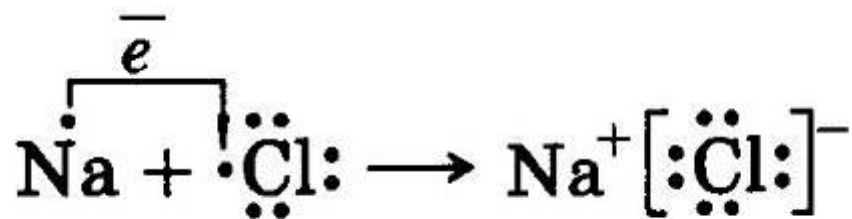


Тетраэдр



Ионная химическая связь

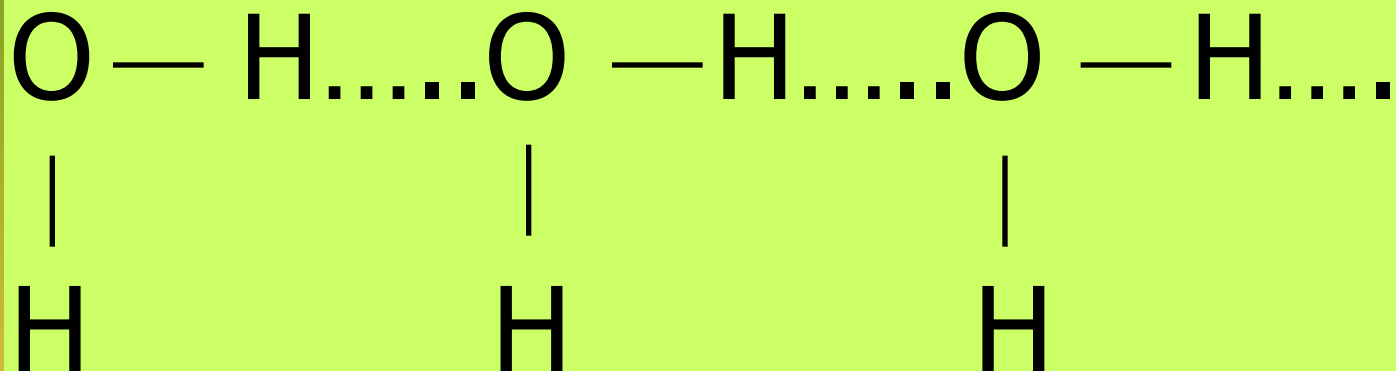
- это связь, образовавшаяся за счет электростатического притяжения катионов к анионам



Кристаллическая решетка хлорида натрия, состоящая из противоположно заряженных ионов натрия и хлорид-ионов

Водородная связь

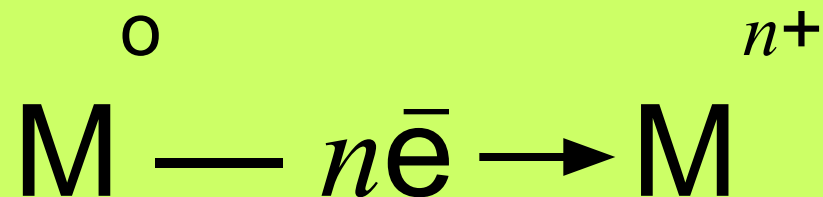
- Химическая связь между положительно поляризованными атомами водорода одной молекулы (или ее части) и отрицательно поляризованными атомами сильно электроотрицательных элементов, имеющих неподеленные электронные пары (F, O, N и реже Cl и S) другой молекулы (или ее части)



Металлическая связь

- связь в металлах и сплавах, которую выполняют относительно свободные электроны между ионами металлов в металлической кристаллической решетке

Схема образования металлической связи:



Вопросы к экзамену

по общей и неорганической химии

1. Понятия: материя, вещество. Предмет науки химия
2. Качественная и количественная характеристика состава атомов
3. Строение электронных оболочек атомов. Квантовые числа. Энергетические уровни и подуровни, атомные электронные орбитали.
4. Правила составления электронных формул и схем строения электронных оболочек атомов (принцип минимальной энергии, правила Клечковского, Хунда, принцип Паули)
5. Химические (окислительные, восстановительные) свойства атомов химических элементов и порядок их определения
6. Сущность периодического закона. Причина периодической повторяемости химических свойств и количественных характеристик атомов с увеличением зарядов их ядер
7. Строение периодической системы химических элементов Д.И.Менделеева. Характер и причины изменения металлических и неметаллических свойств, радиусов, энергии ионизации, энергии сродства к электрону, электроотрицательности атомов в периодах и группах периодической системы
8. Основные типы химической связи (ковалентная, ионная, металлическая), механизм их образования и свойства
9. Классы сложных неорганических соединений. Состав, номенклатура, химические свойства и реакции оксидов, кислот, оснований и солей

Вопросы к экзамену (продолжение)

10. Основные законы химии: закон сохранения массы вещества, закон постоянства состава вещества, закон Авогадро и два следствия из него. Применение этих законов для вычисления состава, массы и объема веществ
11. Основы термодинамики. Тепловой эффект химической реакции, изменение энтальпии химической реакции. Закон Гесса. Пример расчета изменения энтальпии реакции
12. Понятия скорости гомогенной и гетерогенной реакций. Зависимость скорости химической реакции от концентрации реагирующих веществ, давления, температуры. Закон действия масс, правило Вант-Гоффа.
13. Сущность химического равновесия и условие его наступления. Константа химического равновесия. Определение направления смещения химического равновесия в соответствии с принципом Ле Шателье.
14. Понятие раствора. Типы растворов. Способы выражения состава (концентрации) растворов
15. Теория электролитической диссоциации. Степень и константа диссоциации. Сильные и слабые электролиты
16. Диссоциация воды, ионное произведение воды. Водородный показатель. Шкала pH растворов
17. Реакции ионного обмена, условия их протекания. Порядок составления ионных уравнений
18. Гидролиз солей
19. Сущность окислительно-восстановительных реакций и условие их протекания. Степени окисления атомов и порядок их определения. Составление уравнений окислительно-восстановительных реакции на основе метода электронного баланса
20. Комплексные соединения металлов, их состав и поведение (устойчивость) в растворах. Константа нестойкости комплексных ионов.
21. Химия s, p, d-элементов таблицы Менделеева
22. Химия биогенных элементов. Понятие о микроэлементах.