

Периодический закон Д.И. Менделеева

В 1869 году Д.И. Менделеев сформулировал Периодический закон: **"Свойства элементов, а потому и свойства образуемых ими простых и сложных тел находятся в периодической зависимости от их атомного веса".**

В современной Периодической системе известны некоторые исключения в порядке возрастания масс атомов, что связано с особенностями изотопного состава элементов:

- Ar – 39,9 К – 39,1;
- Со – 58,9 Ni – 58,7.

Современная формулировка Периодического закона

После того, как было доказано ядерное строение атома и равенство порядкового номера элемента заряду ядра его атома, Периодический закон получил новую современную формулировку:

- **"Свойства элементов, а также образуемых ими простых и сложных веществ находятся в периодической зависимости от заряда ядра атома".**

Заряд ядра атома определяет число электронов в электронной оболочке атома..

Электроны определенным образом заселяют атомные орбитали, причем **строение внешней электронной оболочки периодически повторяется**, что выражается **в периодическом изменении химических свойств элементов и их соединений.**

Периодическая система и ее структура. S,p,d,f-элементы.

Главный принцип построения

Периодической системы –

выделение в ней периодов

(горизонтальных рядов) и групп

(вертикальных столбцов) элементов.

Современная Периодическая система

состоит из 7 периодов (седьмой период

должен закончиться 118-м элементом).

Группы и подгруппы.

- Номер группы в Периодической системе определяет число валентных электронов в атомах элементов главных подгрупп.

В **главных подгруппах**, обозначенных буквой А, содержатся элементы, в которых идет заселение s- и p-оболочек:

- **s-элементы** (IA- и IIA-группы)
- **p-элементы** (IIIA-VIIIA-группы)

В **побочных подгруппах**, обозначенной буквой Б, находятся элементы, в которых заселяются d-подуровни - **d-элементы**.

Лантаноиды и актиноиды – это **f-элементы**.

Периоды

Номер периода = Число энергетических уровней (слоёв), заполняемых электронами
= номеру последнего энергетического уровня

В периодах электронные оболочки последовательно заполняются электронами.

Последовательность заселения определяется принципом минимума энергии, принципом Паули и правилом Хунда.

Короткопериодная форма Периодической системы.

Периоды	Ряды	Г Р У П П Ы Э Л Е М Е Н Т О В												Энергетический уровень					
		I		II		III		IV		V		VI			VII		VIII		a
		a	б	a	б	a	б	a	б	a	б	a	б		б	б			
1	1	H ВОДОРОД 1,008																He Гелий 4,003	2
2	2	Li ЛИТИЙ 6,941	Be БЕРИЛЛИЙ 9,0122	B БОР 10,811	C УГЛЕРОД 12,011	N АЗОТ 14,007	O КИСЛОРОД 15,999	F ФТОР 18,998										Ne НЕОН 20,179	10
3	3	Na НАТРИЙ 22,99	Mg МАГНИЙ 24,312	Al АЛЮМИНИЙ 26,992	Si КРЕМНИЙ 28,086	P ФОСФОР 30,974	S СЕРА 32,064	Cl ХЛОР 35,453										Ar АРГОН 39,948	18
4	4	K КАЛИЙ 39,102	Ca КАЛЬЦИЙ 40,08	Sc СКАНДИЙ 44,956	Ti ТИТАН 47,956	V ВАНАДИЙ 50,941	Cr ХРОМ 51,996	Mn МАРГАНЕЦ 54,938	Fe ЖЕЛЕЗО 55,849	Co КОБАЛЬТ 58,933	Ni НИКЕЛЬ 58,7								
	5	Cu МЕДЬ 63,546	Zn ЦИНК 65,37	Ga ГАЛЛИЙ 69,72	Ge ГЕРМАНИЙ 72,59	As МЫШЬЯК 74,922	Se СЕЛЕН 78,96	Br БРОМ 79,904											Kr КРИПТОН 83,8
5	6	Rb РУБИДИЙ 85,468	Sr СТРОНЦИЙ 87,62	Y ИТРИЙ 88,906	Zr ЦИРКОНИЙ 91,22	Nb НЮБИЙ 92,906	Mo МОЛИБДЕН 95,94	Tc ТЕХНЕЦИЙ [99]	Ru РУТЕНИЙ 101,07	Rh РОДИЙ 102,906	Pd ПАЛЛАДИЙ 106,4								
	7	Ag СЕРЕБРО 107,868	Cd КАДМИЙ 112,41	In ИНДИЙ 114,82	Sn ОЛОВО 118,69	Sb СУРЬМА 121,75	Te ТЕЛЛУР 127,6	I ИОД 126,905											Xe КСЕНОН 131,3
6	8	Cs ЦЕЗИЙ 132,905	Ba БАРИЙ 137,34	57-71 ЛАНТАНОИДЫ		Hf ГАФНИЙ 178,49	Ta ТАНТАЛ 180,948	W ВОЛЬФРАМ 183,85	Re РЕНИЙ 186,207	Os ОСМИЙ 190,2	Ir ИРИДИЙ 192,22	Pt ПЛАТИНА 195,09							
	9	Au ЗОЛОТО 196,967	Hg РУТУТЬ 200,59	Tl ТАЛЛИЙ 204,37	Pb СВИНЕЦ 207,19	Bi ВИСМУТ 208,98	Po ПОЛОНИЙ [210]	At АСТАТ [210]											Rn РАДОН [222]
7	10	Fr ФРАНЦИЙ [223]	Ra РАДИЙ [226]	89-103 АКТИНОИДЫ		Rf РЕЗЕРФОРДИЙ [261]	Db ДУБНИЙ [262]	Sg СИБОРГИЙ [263]	Bh БОРИЙ [262]	Hn ХАНИЙ [265]	Mt МЕЙТНЕРИЙ [265]	110							
ВЫСШИЕ ОКСИДЫ		R_2O	RO	R_2O_3	RO_2	R_2O_5	RO_3	R_2O_7	RO_4										
ЛЕТУЧИЕ ВОДОРОДНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ					RH_4	RH_3	H_2R	HR											

Л А Н Т А Н О И Д Ы

57 La ЛАНТАН 138,906	58 Ce ЦЕРИЙ 140,12	59 Pr ПРАЗЕОДИМ 140,908	60 Nd НЕОДИМ 144,24	61 Pm ПРОМЕТИЙ [145]	62 Sm САМАРИЙ 150,4	63 Eu ЕВРОПИЙ 151,96	64 Gd ГАДОЛИНИЙ 157,25	65 Tb ТЕРБИЙ 158,926	66 Dy ДИСПРОЗИЙ 162,5	67 Ho ГОЛЬМИЙ 164,93	68 Er ЭРБИЙ 167,26	69 Tm ТУЛИЙ 168,934	70 Yb ИТТЕРБИЙ 173,04	71 Lu ЛЮТЕЦИЙ 174,97
-----------------------------------	---------------------------------	--------------------------------------	----------------------------------	-----------------------------------	----------------------------------	-----------------------------------	-------------------------------------	-----------------------------------	------------------------------------	-----------------------------------	---------------------------------	----------------------------------	------------------------------------	-----------------------------------

А К Т И Н О И Д Ы

89 Ac АКТИНИЙ [227]	90 Th ТОРИЙ 232,038	91 Pa ПРОТАКТИНИЙ [231]	92 U УРАН 238,29	93 Np НЕПУТУНИЙ [237]	94 Pu ПЛУТОНИЙ [244]	95 Am АМЕРИЦИЙ [243]	96 Cm КЮРИЙ [247]	97 Bk БЕРКЛИЙ [247]	98 Cf КАЛИФОРНИЙ [251]	99 Es ЭЙНШТЕЙНИЙ [254]	100 Fm ФЕРМИЙ [257]	101 Md МЕНДЕЛЕВИЙ [258]	102 No НОБЕЛИЙ [259]	103 Lr ЛОУРЕНСИЙ [260]
----------------------------------	----------------------------------	--------------------------------------	-------------------------------	------------------------------------	-----------------------------------	-----------------------------------	--------------------------------	----------------------------------	-------------------------------------	-------------------------------------	----------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------	-------------------------------------

Деление таблицы Менделеева на металлы и неметаллы.

Периоды	Ряды	ГРУППЫ ЭЛЕМЕНТОВ																Энергетический уровень											
		I		II		III		IV		V		VI		VII		VIII			a										
		a	б	a	б	a	б	a	б	a	б	a	б	б	б														
1	1	H водород 1,008																He гелий 4,005	2										
2	2	Li литий 6,941	Be бериллий 9,0122	B бор 10,811	C углерод 12,011	N азот 14,007	O кислород 15,999	F фтор 18,998	Ne неон 20,179									Ne неон 20,179	10										
3	3	Na натрий 22,99	Mg магний 24,312	Al алюминий 26,982	Si кремний 28,086	P фосфор 30,974	S сера 32,064	Cl хлор 35,453	Ar аргон 39,948									Ar аргон 39,948	18										
4	4	K калий 39,102	Ca кальций 40,08	Sc скандий 44,956	Ti титан 47,88	V ванадий 50,941	Cr хром 51,996	Mn марганец 54,938	Fe железо 55,849	Co кобальт 58,933	Ni никель 58,7																		
	5	Cu медь 63,546	Zn цинк 65,37	Ga галлий 69,72	Ge германий 72,59	As мышьяк 74,922	Se селен 78,96	Br бром 79,904	Kr криптон 83,8										Kr криптон 83,8	36									
5	6	Rb рубидий 85,468	Sr стронций 87,62	Y иттрий 88,906	Zr цирконий 91,22	Nb ниобий 92,906	Mo молибден 95,94	Tc технеций [99]	Ru рутений 101,07	Rh родий 102,906	Pd палладий 106,4																		
	7	Ag серебро 107,868	Cd кадмий 112,41	In индий 114,82	Sn олово 118,69	Sb сурьма 121,75	Te теллур 127,6	I йод 126,905	Xe ксенон 131,3										Xe ксенон 131,3	54									
6	8	Cs цезий 132,905	Ba барий 137,34	лантаноиды		Hf гафний 178,49	Ta тантал 180,948	W вольфрам 183,85	Re рений 186,207	Os осмий 190,2	Ir иридий 192,22	Pt платина 195,09																	
	9	Au золото 196,967	Hg ртуть 200,59	Tl таллий 204,37	Pb свинец 207,19	Bi висмут 208,98	Po полоний [210]	At астат [210]	Rn радон [222]										Rn радон [222]	86									
7	10	Fr франций [223]	Ra радий [226]	актиноиды		Rf резерфордий [261]	Db дубний [262]	Sg сигборгий [263]	Bh борий [262]	Hn ханей [265]	Mt мейтнерий [268]																		
ВЫСШИЕ ОКСИДЫ		R_2O	RO	R_2O_3	RO_2	R_2O_5	RO_3	R_2O_7	RO_4																				
ЛЕТУЧИЕ ВОДОРОДНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ					RH_4	RH_3	H_2R	HR																					
ЛАНТАНОИДЫ																													
57	La лантан 138,906	58	Ce церий 140,12	59	Pr празеодим 140,908	60	Nd неодим 144,24	61	Pm прометий [145]	62	Sm самарий 150,4	63	Eu европий 151,96	64	Gd гадолиний 157,25	65	Tb тербий 158,925	66	Dy диспрозий 162,5	67	Ho гольмий 164,93	68	Er эрбий 167,26	69	Tm тулий 168,934	70	Yb иттербий 173,04	71	Lu лютеций 174,97
АКТИНОИДЫ																													
89	Ac актиний [227]	90	Th торий 232,038	91	Pa протактиний [231]	92	U уран 238,29	93	Np нептуний [237]	94	Pu плутоний [244]	95	Am амерций [243]	96	Cm кюрий [247]	97	Bk берклий [247]	98	Cf калifornий [251]	99	Es эйнштейний [254]	100	Fm фермий [257]	101	Md менделевий [258]	102	No нобелий [259]	103	Lr лоуренсий [260]

Длиннопериодная форма Периодической системы.

Современная периодическая система элементов Д.И.Менделеева

Group 1	Группа 1										18		
1a											0		
1.00794											4.002602		
1 H											2 He		
1s ¹											1s ²		
-259.14											<-272.2		
-252.87											-268.93		
2.02/											12.3 eV		
Hydrogen											Helium		
Водород											Гелий		
Hydrogenium											Neon		
Гидрогений											Neon		
6.941	9.012182									20.1797			
3 Li	4 Be									10 Ne			
[He]2s ¹	2s ²									2s ² 2p ⁶			
180.54	1278									-248.7			
1347	2970									-246.05			
0.98/0.97	1.57/1.47									10.6 eV			
Lithium	Beryllium									Neon			
Литий	Бериллий									Неон			
22.989770	24.3050									39.948			
11 Na	12 Mg									18 Ar			
[Ne]3s ¹	3s ²									3s ² 3p ⁶			
97.86	648.8									-189.2			
883.15	1107									-185.7			
0.93/1.01	1.31/1.23									7.7 eV			
Sodium	Magnesium									Argon			
Натрий	Магний									Аргон			
(Metallum)													
39.0983	40.078									83.80			
19 K	20 Ca									36 Kr			
[Ar]4s ¹	4s ²									3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁶			
63.65	839									-156.6			
774	1487									-152.3			
0.82/0.91	1.00/1.04									6.8 eV			
Potassium	Calcium									Krypton			
Калий	Кальций									Криптон			
(Kalium)													
85.4678	87.62									131.29			
37 Rb	38 Sr									54 Xe			
[Kr]5s ¹	5s ²									4d ¹⁰ 5s ² 5p ⁶			
38.89	769									-111.9			
857.2	1384									-107.1			
0.82/0.99	0.95/0.99									5.85 eV			
Rubidium	Strontium									Xenon			
Рубидий	Стронций									Ксенон			
(Metallum)													
132.90545	137.327									(222)			
55 Cs	56 Ba									86 Rn			
[Xe]6s ¹	6s ²									4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ² 6p ⁶			
28.5	725									-71.0			
678.4	1640									5.1 eV			
0.79/0.86	0.89/0.97												
Cesium	Barium												
Цезий	Барий												
(Caesium)													
(223)	(226)												
87 Fr	88 Ra												
[Rn]7s ¹	7s ²												
27	970												
677	1140												
0.7/0.86	0.89/0.97												
Francium	Radium												
Франций	Радий												
(Actinium)													
140.116	140.90765	144.24	(145)	150.36	151.964	157.25	158.92534	162.50	164.93032	167.26	168.93421	173.04	174.967
58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu
4f ⁶ 6s ²	4f ⁶ 6s ²	4f ⁶ 6s ²	4f ⁶ 6s ²	4f ⁶ 6s ²	4f ⁶ 6s ²	4f ⁶ 6s ²	4f ⁶ 6s ²	4f ⁶ 6s ²	4f ⁶ 6s ²	4f ⁶ 6s ²	4f ⁶ 6s ²	4f ⁶ 6s ²	4f ⁶ 6s ²
798	931	1021	1168	1077	822	1312	1356	1409	1474	1529	1545	1663	
3426	3512	3068	2460	1791	1597	3250	3123	2562	2695	2863	1947	1193	
-1.2/1.1	-1.2/1.1	-1.2/1.1	-1.2/1.1	-1.2/1.1	-1.2/1.1	-1.2/1.1	-1.2/1.1	-1.2/1.1	-1.2/1.1	-1.2/1.1	-1.2/1.1	-1.2/1.1	
Cerium	Praseodymium	Neodymium	Promethium	Samarium	Europium	Gadolinium	Terbium	Dysprosium	Holmium	Erbium	Thulium	Ytterbium	Lutetium
Церий	Прозердий	Неодим	Прометий	Самарий	Европий	Гадолиний	Тербий	Диспрозий	Гольмий	Эрбий	Тулий	Иттербий	Лютеций
(232)	(231)	(238)	(239)	(239)	(243)	(247)	(247)	(252)	(251)	(257)	(258)	(258)	(260)
90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr
6d ² 7s ²	5f ⁶ 6d ⁷ 7s ²	5f ⁷ 7s ²	5f ⁶ 6d ⁷ 7s ²	5f ⁷ 7s ²	5f ⁷ 7s ²	5f ⁷ 7s ²	5f ⁷ 7s ²						
1750	1572	1132	639	641	996	1340	1050	900	860	-	-	-	
(-3800)	4230-4500	3318	3902	3340	2607	3110	2630	1227	1227	-	-	-	
1.11/1.1	1.14/1.1	-1.2/1.2	1.22/1.2	1.2/1.2	-1.1/1.2	1.2/1.2	-1.1/1.2	1.2/1.2	1.3/-	1.3/1.2	1.3/-	1.3/-	
Thorium	Protactinium	Uranium	Neptunium	Plutonium	Americium	Curium	Berkelium	Californium	Einsteinium	Fermium	Mendelevium	Nobelium	Lawrencium
Торий	Протактиний	Уран	Нептуний	Плутоний	Америций	Кюрий	Берклий	Калифорний	Эйнштейний	Фермий	Менделеев	Нобелий	Лоуренсий

* Element has no stable nuclides. For radioactive elements the value in parentheses refers to the number of nucleons (mass number) of the most stable isotope (IUPAC, 1995)
 * Элемент не имеет устойчивых изотопов. Для него в скобках приведено значение массового числа (число нуклонов в ядре) наиболее долгоживущего изотопа (ИЮПАК, 1995).
 () Alternative english name
 () Alternative spelling of the element's name
 () Альтернативное английское название
 [] Американское написание названия элемента

© Р.С.Саифуллин, А.Р.Саифуллин, 2004
 © R.S.Saifullin, A.R.Saifullin, 2004

Mar. 2004

**Закономерности
изменения свойств
элементов в
Периодической
системе.**

Атомные радиусы

В периодах атомные радиусы по мере увеличения заряда ядра уменьшаются из-за роста притяжения внешних электронов к ядру.

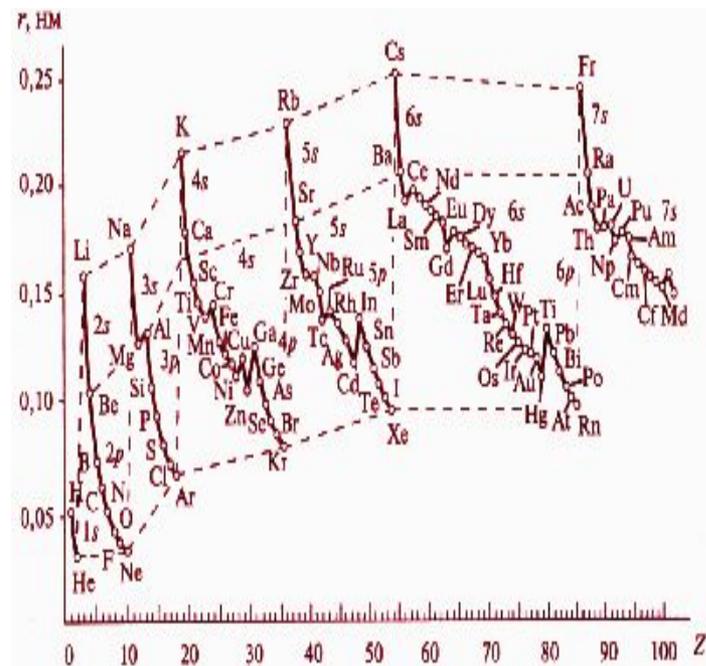
В подгруппах радиусы в основном увеличиваются из-за возрастания числа электронных оболочек

У s- и p-элементов изменение радиусов более значительно, чем у d- и f-элементов, поскольку d- и f-электроны внутренние.

Уменьшение радиусов у d- и f-элементов в периодах называется d- и f-сжатием.

Следствием f-сжатия является то, что атомные радиусы электронных аналогов d-элементов пятого и шестого периодов практически одинаковы:

	$Zn - Hf$	$Nb - Ta$
R	$0,160 - 0,159$	$0,145 - 0,146$
атома,		
нм		



Ионные радиусы

Образование ионов приводит к изменению ионных радиусов по сравнению с атомными.

При этом радиусы катионов всегда меньше, а радиусы анионов всегда больше соответствующих атомных радиусов.

Изоэлектронные ионы – это ионы, имеющие одинаковую электронную оболочку.

Радиус таких ионов уменьшается с увеличением заряда ядра, так как увеличивается притяжение электронной оболочки к ядру.

Пример: изоэлектронные ионы с электронной оболочкой, соответствующей аргону (18 e):



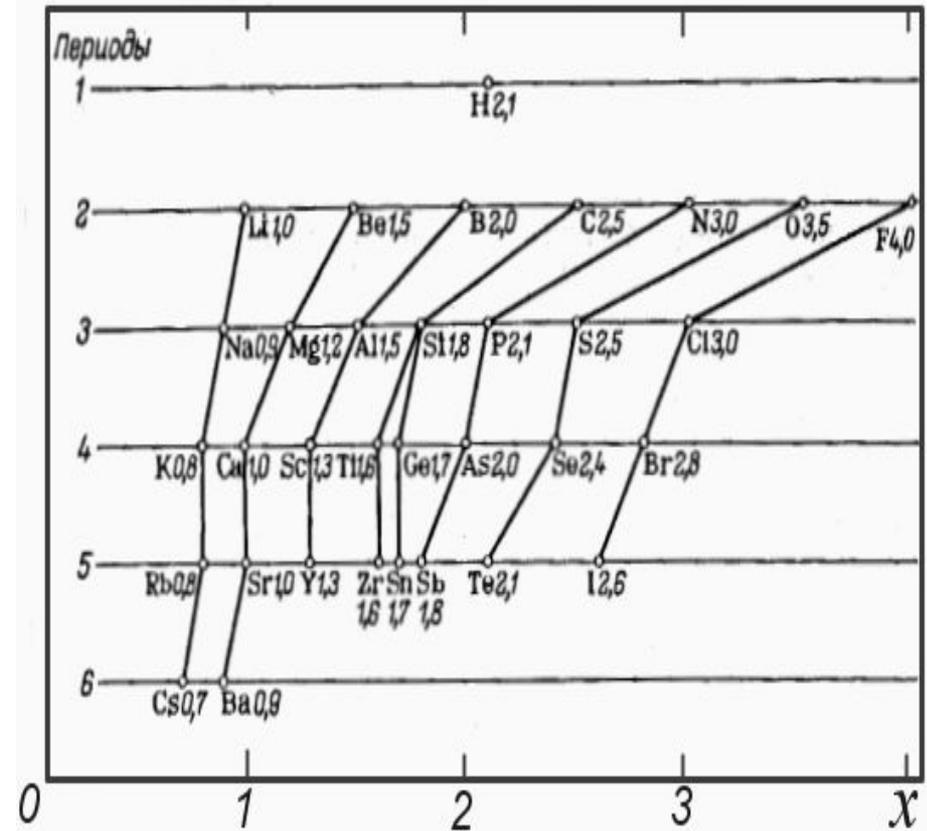
*В этом ряду **радиус ионов уменьшается**, т.к. растёт заряд ядра и оболочка сжимается.*

Электроотрицательность -

- способность атома притягивать к себе электроны в связи.

Общая электронная пара смещается к атому того элемента, который имеет большую электроотрицательность.

Электроотрицательность фтора в системе Полинга принята равной 4.



Изменение электроотрицательности

Сверху вниз по подгруппе

электроотрицательность уменьшается, т.к. радиус атомов растёт и притяжение внешнего члота к ядру уменьшается.

Слева направо по периоду ЭО

увеличивается, т.к. растёт заряд ядра и, следовательно, притяжение внешней электронной оболочки к ядру.

Это обстоятельство до некоторой степени определяет диагональное сходство элементов.

Металлы-

- все элементы **побочных** подгрупп; **лантаноиды, актиноиды**;
- все **s-элементы**, кроме водорода и гелия, а также часть p-элементов.
- **p-элементы** делятся **диагональю** на металлы и неметаллы.

К неметаллам относятся:

				H	He
B	C	N	O	F	Ne
	Si	P	S	Cl	Ar
		As	Se	Br	Kr
			Te	I	Xe
				At	Rn

Каждый период начинается элементом, в атоме которого впервые появляется электрон с данным значением n (**водород или щелочной элемент**), и заканчивается элементом, в атоме которого до конца заполнен уровень с тем же n (**благородный газ**).

Валентность -

– число связей, которые образует атом в молекуле.

Число электронов на внешнем слое – **ВАЛЕНТНЫХ электронов** - в главных подгруппах равно номеру группы.

В побочных подгруппах II-VII групп число валентных электронов также равно номеру группы (это d+s электроны)

Высшая валентность, как правило равна номеру группы (исключения – элементы второй половины второго периода – азот, кислород, фтор, металлы IB, VIIB подгрупп).

Степень окисления-

– условный заряд у атома в молекуле.

Высшая положительная степень окисления

определяется числом внешних электронов и равна номеру группы (кроме кислорода, фтора, меди и золота, а также элементов VIIIB подгруппы).

У неметаллов появляется низшая (отрицательная) степень окисления:

Отрицательная

степень окисления неметалла = 8 – номер группы.

Слева направо по периоду:

- уменьшается радиус атома - за счёт увеличения заряда ядра и роста притяжения внешней электронной оболочки к ядру;
- возрастают неметаллические свойства и уменьшаются металлические свойства, т.к. растёт притяжение внешних электронов к ядру;
- Увеличиваются ОКИСЛИТЕЛЬНЫЕ СВОЙСТВА, т.к. растёт ЭЛЕКТРООТРИЦАТЕЛЬНОСТЬ.
- возрастает число валентных электронов и соответственно высшая положительная степень окисления (равная номеру группы и числу валентных электронов)**;

Примечание:** исключением являются неметаллы второго периода (кислород и фтор), которые не проявляют высших положительных степеней окисления.

- появляется отрицательная степень окисления у неметаллов, т.к. элемент-неметалл стремится принять электроны до 8 (оболочка инертного газа).
- меняется характер высшего оксида и гидроксида от основного через амфотерный к кислотному.

Кислотные свойства оксидов и гидроксидов таким образом, ВОЗРАСТАЮТ, а основные свойства УМЕНЬШАЮТСЯ.

- меняется характер водородного соединения:
от **солеобразного** гидрида у металлов (в них степень окисления водорода = **-1**),
к **летучим** водородным соединениям у неметаллов, в которых степень окисления водорода **+1**, причём увеличивается кислотный характер этих водородных соединений.

Сверху вниз по подгруппе:

Возрастает радиус атома, т.к. растёт число электронных слоёв.

Усиливаются металлические свойства и уменьшаются неметаллические свойства за счёт уменьшения притяжения внешних электронов к ядру;

Меняется характер высшего оксида и гидроксида – основной характер увеличивается, а кислотный характер уменьшается;

Возрастают восстановительные свойства элементов, т.к. увеличивается способность отдавать электроны.

Пример описания химического элемента по Периодической системе:

1) Элемент № 34 – селен.

- Находится в VI группе, главной подгруппе. p-элемент. Неметалл.
- Конфигурация внешнего слоя: $4s^2 4p^4$. Валентных электронов: 6.
- Высшая валентность: VI.
- Высшая положительная степень окисления: +6. Высший оксид: SeO_3 .
- Отрицательная степень окисления: - 2. Водородное соединение: H_2Se .

2) Элемент № 23 – ванадий.

- Находится в V группе, побочной подгруппе. d-элемент. Металл.
- Конфигурация внешнего слоя: $3d^3 4s^2$. Валентных электронов: 5. Высшая валентность: V.
- Высшая положительная степень окисления: +5. Высший оксид: V_2O_5 .
- Отрицательная степень окисления: не существует, т.к. это металл. Водородное соединение: не существует.