

# Закономерности изменения химических свойств элементов. Характеристика элементов

# Атомный радиус

Атомный радиус увеличивается с увеличением количества энергетических уровней, сверху вниз по группе. У элементов, стоящих в одном периоде и обладающих равным количеством энергетических уровней, атомный радиус, на первый взгляд, меняться не должен. Однако вследствие взаимодействия ядра и электронов усиливается при движении по периоду слева направо, что приводит к незначительному сжатию атома — уменьшению его радиуса.

Атомный радиус увеличивается

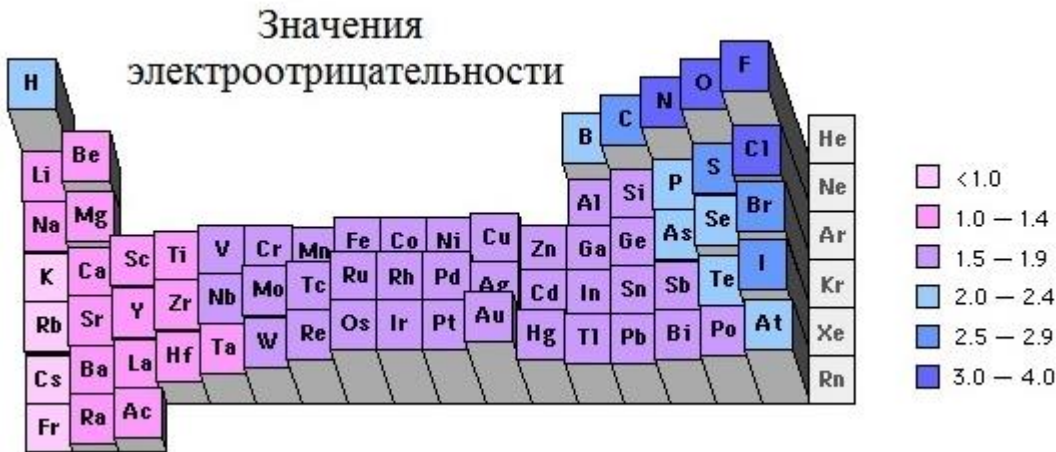
Атомный радиус увеличивается

ПЕРИОДЫ	РЯДЫ	ГРУППЫ ЭЛЕМЕНТОВ																VIII		
		I	II	III	IV	V	VI	VII												
1	1	<b>H</b> Hydrogen Водород	ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ Д.И.МЕНДЕЛЕЕВА															<b>He</b> Helium Гелий	<div>Символ элемента</div> <div>Относительная атомная масса</div> <div>Порядковый номер</div> <div><b>Sn</b> 118.71</div> <div>Stannum</div> <div>Олово</div> <div>Название элемента</div>	
		<b>Li</b> 6.941	<b>Be</b> 9.0122	<b>B</b> 10.811	<b>C</b> 12.011	<b>N</b> 14.007	<b>O</b> 15.999	<b>F</b> 18.998	<b>Ne</b> 20.179											
2	2	<b>Li</b> Литий	<b>Be</b> Бериллий	<b>B</b> Бор	<b>C</b> Углерод	<b>N</b> Азот	<b>O</b> Кислород	<b>F</b> Фтор	<b>Ne</b> Неон											
		<b>Na</b> 22.99	<b>Mg</b> 24.305	<b>Al</b> 26.9815	<b>Si</b> 28.086	<b>P</b> 30.974	<b>S</b> 32.066	<b>Cl</b> 35.453	<b>Ar</b> 39.948											
3	3	<b>Na</b> Натрий	<b>Mg</b> Магний	<b>Al</b> Алюминий	<b>Si</b> Кремний	<b>P</b> Фосфор	<b>S</b> Сера	<b>Cl</b> Хлор	<b>Ar</b> Аргон											
		<b>K</b> 39.098	<b>Ca</b> 40.08	<b>Sc</b> 44.956	<b>Ti</b> 47.90	<b>V</b> 50.941	<b>Cr</b> 51.996	<b>Mn</b> 54.938	<b>Fe</b> 55.847	<b>Co</b> 58.933	<b>Ni</b> 58.70									
4	4	<b>K</b> Калий	<b>Ca</b> Кальций	<b>Sc</b> Скандий	<b>Ti</b> Титан	<b>V</b> Ванадий	<b>Cr</b> Хром	<b>Mn</b> Марганец	<b>Fe</b> Железо	<b>Co</b> Кобальт	<b>Ni</b> Никель									
		63.546	40.08	44.956	47.90	50.941	51.996	54.938	55.847	58.933	58.70									
5	5	<b>Ca</b> Кальций	<b>Zn</b> Цинк	<b>Ga</b> Галлий	<b>Ge</b> Германий	<b>As</b> Мышьяк	<b>Se</b> Селен	<b>Br</b> Бром	<b>Kr</b> Криптон											
		40.08	65.39	69.72	72.59	74.92	78.96	79.904	83.80											
6	6	<b>Rb</b> Рубидий	<b>Sr</b> Стронций	<b>Y</b> Иттрий	<b>Zr</b> Цирконий	<b>Nb</b> Ниобий	<b>Mo</b> Молибден	<b>Tc</b> Технеций	<b>Ru</b> Рутений	<b>Rh</b> Родий	<b>Pd</b> Палладий									
		85.468	87.62	88.906	91.22	92.906	95.94	97.91	101.07	102.96	106.4									
7	7	<b>Ag</b> Серебро	<b>Cd</b> Кадмий	<b>In</b> Индий	<b>Sn</b> Олово	<b>Sb</b> Сурьма	<b>Te</b> Теллур	<b>I</b> Йод	<b>Xe</b> Ксенон											
		107.868	112.41	114.82	118.71	121.75	127.60	126.9045	131.29											
8	8	<b>Cs</b> Цезий	<b>Ba</b> Барий	<b>La*</b> Лантан	<b>Hf</b> Гафний	<b>Ta</b> Тантал	<b>W</b> Вольфрам	<b>Re</b> Рений	<b>Os</b> Осмий	<b>Ir</b> Иридий	<b>Pt</b> Платина									
		132.905	137.33	138.9055	178.49	180.9479	183.85	186.207	190.2	192.22	195.08									
9	9	<b>Au</b> Золото	<b>Hg</b> Ртуть	<b>Tl</b> Таллий	<b>Pb</b> Свинец	<b>Bi</b> Висмут	<b>Po</b> Полоний	<b>At</b> Астат	<b>Rn</b> Радон											
		196.967	200.59	204.38	207.19	208.98	209.98	209.98	222											
10	10	<b>Fr</b> Франций	<b>Ra</b> Радий	<b>Ac**</b> Актиний	<b>Rf</b> Резерфордий	<b>Db</b> Дубний	<b>Sg</b> Сиббгоргий	<b>Bh</b> Борий	<b>Hs</b> Хассий	<b>Mt</b> Мейтнерий										
		[223]	[226]	[227]	[261]	[262]	[263]	[264]	[265]	[266]	[269]									
ВЫШНИЕ ОКСИДЫ		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>											
ЛЕТУЧИЕ ВОДОРОДНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ					RH <sub>4</sub>	RH <sub>3</sub>	RH <sub>2</sub>	RH												
ЛАНТАНОИДЫ*		<b>Ce</b> 140.12	<b>Pr</b> 140.908	<b>Nd</b> 144.24	<b>Pm</b> 144.91	<b>Sm</b> 150.36	<b>Eu</b> 151.96	<b>Gd</b> 157.25	<b>Tb</b> 158.925	<b>Dy</b> 162.50	<b>Ho</b> 164.930	<b>Er</b> 167.26	<b>Tm</b> 168.934	<b>Yb</b> 173.04	<b>Lu</b> 174.967					
АКТИНОИДЫ**		<b>Th</b> 232.038	<b>Pa</b> 231.04	<b>U</b> 238.03	<b>Np</b> 237.05	<b>Pu</b> 244.06	<b>Am</b> 243.06	<b>Cm</b> 247.07	<b>Bk</b> 247.07	<b>Cf</b> 251.08	<b>Es</b> 252.08	<b>Fm</b> 257.10	<b>Md</b> 258.10	<b>No</b> 259.10	<b>Lr</b> 260.10					

# Электроотрицательность

Электроотрицательность это способность атома элемента притягивать к себе электроны химической связи.

Элементы-металлы легче отдают электроны, чем притягивают их. Элементы-неметаллы, наоборот, легче притягивают электроны и имеют высокие значения ЭО.



Электроотрицательность увеличивается

ПЕРИОДЫ		РЯДЫ		ГРУППЫ ЭЛЕМЕНТОВ																VIII	
				ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ Д.И.МЕНДЕЛЕЕВА																	

Электроотрицательность увеличивается

# Металлы

Металлы являются восстановителями — они отдают электроны и приобретают положительную степень окисления.

Атомы металлов на внешнем уровне содержат не более четырех электронов. Отдавая эти электроны, они приобретают устойчивую оболочку ближайшего инертного газа.

Металлические (восстановительные) свойства убывают

Металлические (восстановительные) свойства убывают

ПЕРИОДЫ	РЯДЫ	ГРУППЫ ЭЛЕМЕНТОВ																											
		I		II		III		IV		V		VI		VII		VIII													
1	1	ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ Д.И.МЕНДЕЛЕЕВА																											
2	2																												
3	3																												
4	4																												
5	5																												
6	6																												
7	7																												
8	8																												
9	9																												
10	10																												
ВЫСШИЕ ОКСИДЫ		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>													
ЛЕТУЧИЕ ВОДОРОДНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ								RH <sub>4</sub>		RH <sub>3</sub>		RH <sub>2</sub>		RH															
ЛАНТАНОИДЫ*		Ce		Pr		Nd		Pm		Sm		Eu		Gd		Tb		Dy		Ho		Er		Tm		Yb		Lu	
АКТИНОИДЫ**		Th		Pa		U		Np		Pu		Am		Cm		Bk		Cf		Es		Fm		Md		No		Lr	

# Неметаллы

Неметаллы являются окислителями — они присоединяют электроны, отнимая их от атомов других элементов, и приобретают отрицательный заряд.

Неметаллы имеют на внешнем энергетическом уровне от четырех до семи электронов, при этом элементы восьмой группы образуют семейство инертных газов. Такие элементы имеют восемь электронов на внешнем энергетическом уровне, то есть такой уровень является завершенным, а сами элементы не вступают в химические реакции с другими элементами, то есть являются химически инертными.

Неметаллические (окислительные) свойства возрастают

Неметаллические (окислительные) свойства возрастают

ПЕРИОДЫ	РЯДЫ	ГРУППЫ ЭЛЕМЕНТОВ															
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII								
1	1	ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ Д.И.МЕНДЕЛЕЕВА															
2	2	<div><div><div><div>He</div><div>Гелий</div></div><div><div>Ne</div><div>Неон</div></div><div><div>Ar</div><div>Аргон</div></div><div><div>Kr</div><div>Криптон</div></div><div><div>Xe</div><div>Ксенон</div></div><div><div>Rn</div><div>Радон</div></div></div><div><div><div>Символ элемента</div><div>Относительная атомная масса</div><div>Порядковый номер</div></div><div><div>Sn</div><div>118.71</div><div>50</div></div><div><div>Stannum</div><div>Олово</div></div></div><div>Название элемента</div></div>															
3	3																
4	4	<div><div><div><div>K</div><div>Калий</div></div><div><div>Ca</div><div>Кальций</div></div><div><div>Sc</div><div>Скандий</div></div><div><div>Ti</div><div>Титан</div></div><div><div>V</div><div>Ванадий</div></div><div><div>Cr</div><div>Хром</div></div><div><div>Mn</div><div>Марганец</div></div><div><div>Fe</div><div>Железо</div></div><div><div>Co</div><div>Кобальт</div></div><div><div>Ni</div><div>Никель</div></div></div><div><div><div>27</div><div>58.93</div><div>Fe</div></div><div><div>28</div><div>58.70</div><div>Co</div></div><div><div>29</div><div>58.93</div><div>Ni</div></div></div><div>Название элемента</div></div>															
5	5																
6	6	<div><div><div><div>Rb</div><div>Рубидий</div></div><div><div>Sr</div><div>Стронций</div></div><div><div>Y</div><div>Иттрий</div></div><div><div>Zr</div><div>Цирконий</div></div><div><div>Nb</div><div>Ниобий</div></div><div><div>Mo</div><div>Молибден</div></div><div><div>Tc</div><div>Технеций</div></div><div><div>Ru</div><div>Рутений</div></div><div><div>Rh</div><div>Родий</div></div><div><div>Pd</div><div>Палладий</div></div></div><div><div><div>37</div><div>85.46</div><div>Rb</div></div><div><div>38</div><div>87.62</div><div>Sr</div></div><div><div>39</div><div>88.90</div><div>Y</div></div><div><div>40</div><div>91.22</div><div>Zr</div></div><div><div>41</div><div>92.90</div><div>Nb</div></div><div><div>42</div><div>95.94</div><div>Mo</div></div><div><div>43</div><div>97.91</div><div>Tc</div></div><div><div>44</div><div>101.07</div><div>Ru</div></div><div><div>45</div><div>102.96</div><div>Rh</div></div><div><div>46</div><div>106.4</div><div>Pd</div></div></div><div>Название элемента</div></div>															
7	7	<div><div><div><div>Ag</div><div>Серебро</div></div><div><div>Cd</div><div>Кадмий</div></div><div><div>In</div><div>Индий</div></div><div><div>Sn</div><div>Олово</div></div><div><div>Sb</div><div>Сурьма</div></div><div><div>Te</div><div>Теллур</div></div><div><div>I</div><div>Йод</div></div><div><div>Xe</div><div>Ксенон</div></div></div><div><div><div>47</div><div>107.86</div><div>Ag</div></div><div><div>48</div><div>112.41</div><div>Cd</div></div><div><div>49</div><div>114.82</div><div>In</div></div><div><div>50</div><div>118.71</div><div>Sn</div></div><div><div>51</div><div>121.75</div><div>Sb</div></div><div><div>52</div><div>127.60</div><div>Te</div></div><div><div>53</div><div>126.90</div><div>I</div></div><div><div>54</div><div>131.29</div><div>Xe</div></div></div><div>Название элемента</div></div>															
8	8	<div><div><div><div>Cs</div><div>Цезий</div></div><div><div>Ba</div><div>Барий</div></div><div><div>La*</div><div>Лантан</div></div><div><div>Hf</div><div>Гафний</div></div><div><div>Ta</div><div>Тантал</div></div><div><div>W</div><div>Вольфрам</div></div><div><div>Re</div><div>Рений</div></div><div><div>Os</div><div>Осмий</div></div><div><div>Ir</div><div>Иридий</div></div><div><div>Pt</div><div>Платина</div></div></div><div><div><div>55</div><div>132.90</div><div>Cs</div></div><div><div>56</div><div>137.33</div><div>Ba</div></div><div><div>57</div><div>138.90</div><div>La*</div></div><div><div>72</div><div>178.49</div><div>Hf</div></div><div><div>73</div><div>180.94</div><div>Ta</div></div><div><div>74</div><div>183.85</div><div>W</div></div><div><div>75</div><div>186.20</div><div>Re</div></div><div><div>76</div><div>190.2</div><div>Os</div></div><div><div>77</div><div>192.22</div><div>Ir</div></div><div><div>78</div><div>195.08</div><div>Pt</div></div></div><div>Название элемента</div></div>															
9	9	<div><div><div><div>Au</div><div>Золото</div></div><div><div>Hg</div><div>Ртуть</div></div><div><div>Tl</div><div>Таллий</div></div><div><div>Pb</div><div>Свинец</div></div><div><div>Bi</div><div>Висмут</div></div><div><div>Po</div><div>Полоний</div></div><div><div>At</div><div>Астат</div></div><div><div>Rn</div><div>Радон</div></div></div><div><div><div>79</div><div>196.96</div><div>Au</div></div><div><div>80</div><div>200.59</div><div>Hg</div></div><div><div>81</div><div>204.38</div><div>Tl</div></div><div><div>82</div><div>207.19</div><div>Pb</div></div><div><div>83</div><div>208.98</div><div>Bi</div></div><div><div>84</div><div>209</div><div>Po</div></div><div><div>85</div><div>209.98</div><div>At</div></div><div><div>86</div><div>222</div><div>Rn</div></div></div><div>Название элемента</div></div>															
10	10	<div><div><div><div>Fr</div><div>Франций</div></div><div><div>Ra</div><div>Радий</div></div><div><div>Ac**</div><div>Актиний</div></div><div><div>Rf</div><div>Резерфордий</div></div><div><div>Db</div><div>Дубний</div></div><div><div>Sg</div><div>Сиббгоргий</div></div><div><div>Bh</div><div>Борний</div></div><div><div>Hs</div><div>Хассий</div></div><div><div>Mt</div><div>Мейтнерий</div></div></div><div><div><div>87</div><div>223</div><div>Fr</div></div><div><div>88</div><div>226</div><div>Ra</div></div><div><div>89</div><div>227</div><div>Ac**</div></div><div><div>104</div><div>261</div><div>Rf</div></div><div><div>105</div><div>262</div><div>Db</div></div><div><div>106</div><div>263</div><div>Sg</div></div><div><div>107</div><div>264</div><div>Bh</div></div><div><div>108</div><div>265</div><div>Hs</div></div><div><div>109</div><div>266</div><div>Mt</div></div></div><div>Название элемента</div></div>															
ВЫШНИЕ ОКСИДЫ		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>															
ЛЕТУЧИЕ ВОДОРОДНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ		RH <sub>4</sub> RH <sub>3</sub> RH <sub>2</sub> RH															
ЛАНТАНОИДЫ*		Ce Pr Nd Pm Sm Eu Gd Tb Dy Ho Er Tm Yb Lu															
АКТИНОИДЫ**		Th Pa U Np Pu Am Cm Bk Cf Es Fm Md No Lr															

I		II	III	IV	V	VI	VII	VIII
1 H		Усиление кислотных свойств оксидов →						2 He
3 Li	4 Be	5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne	
11 Na	12 Mg	13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar	
19 K	20 Ca	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr	
37 Rb	38 Sr	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe	
55 Cs	56 Ba	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn	
87 Fr	88 Ra	← Усиление основных свойств оксидов						
Усиление основных свойств оксидов ↓								Усиление кислотных свойств оксидов ↑
■ — основные оксиды;		■ — амфотерные оксиды;		□ — кислотные оксиды				

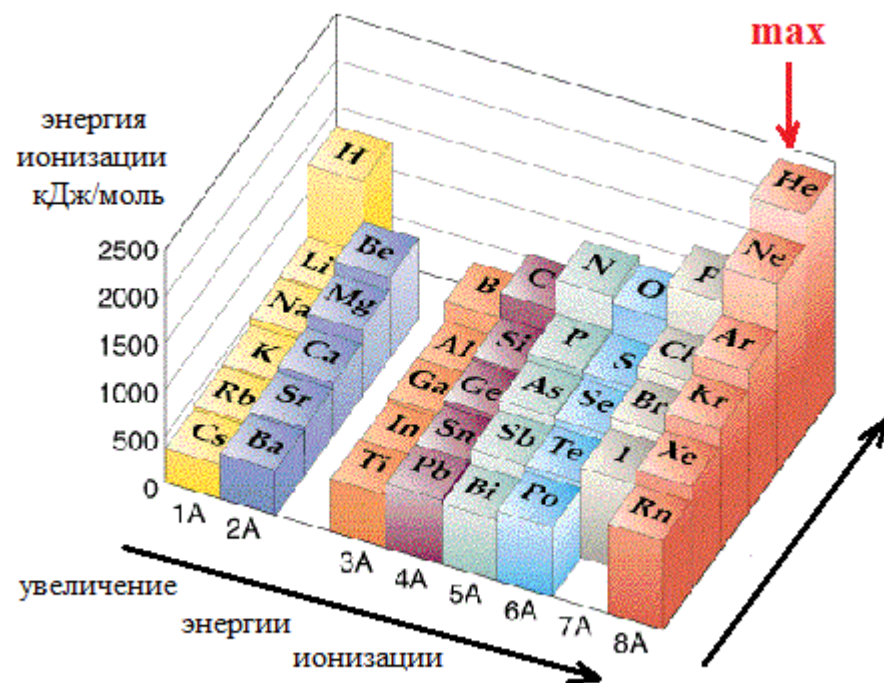
В периоде с увеличением заряда ядра (слева направо) основные свойства гидроксидов уменьшаются, а кислотные возрастают

+1 $\text{Na}_2\text{O}$	+2 $\text{MgO}$	+3 $\text{Al}_2\text{O}_3$	+4 $\text{SiO}_2$	+5 $\text{P}_2\text{O}_5$	+6 $\text{SO}_3$	+7 $\text{Cl}_2\text{O}_7$
$\text{NaOH}$ Щ. СИЛ. О	$\text{Mg(OH)}_2$ СЛ. Н. О	$\text{Al(OH)}_3$ АМФ. Г.	$\text{H}_2\text{SiO}_3$ СЛ. Н. К.	$\text{H}_3\text{PO}_4$ К. СР. С.	$\text{H}_2\text{SO}_4$ СИЛ. К.	$\text{HClO}_4$ СИЛ. К.



# Энергия ионизации

Энергия ионизации — это наименьшая энергия, которая должна быть затрачена на отрыв электрона от нейтрального атома.





## Валентность

Валентность характеризует способность атомов данного химического элемента к образованию химических связей.

Валентность определяет число химических связей, которыми атом связан с другими атомами в молекуле.

Номер группы, в которой расположен атом в периодической таблице равен его высшей валентности. Низшая валентность определяется разницей между 8 и номером группы. Натрий и алюминий имеют только одно значение валентности, равное номеру группы.

# Степень окисления

Степень окисления - это условный заряд атома в соединении в предположении, что все связи в этом соединении ионные (т.е. все связывающие электронные пары полностью смещены к атому более электроотрицательного элемента).

Степень окисления - это число, которое показывает, сколько электронов отдал (заряд «+») или принял (заряд «-») атом при образовании химической связи с другим атомом.

Степени окисления могут иметь положительное, отрицательное или нулевое значение, поэтому алгебраическая сумма степеней окисления элементов в молекуле с учётом числа их атомов равна 0, а в ионе – заряду иона.

1) Степени окисления металлов в соединениях всегда положительные.

2) Высшая степень окисления соответствует номеру группы периодической системы, где находится данный элемент (исключение составляют: Au+3 (I группа), Cu+2 (II), из VIII группы степень окисления +8 может быть только у осмия Os и рутения Ru.

3) Степени окисления неметаллов зависят от того, с каким атомом он соединён:

-если с атомом металла, то степень окисления отрицательная;

-если с атомом неметалла то степень окисления может быть и положительная, и отрицательная. Это зависит от электроотрицательности атомов элементов.

4) Высшую отрицательную степень окисления неметаллов можно определить вычитанием из 8 номера группы, в которой находится данный элемент, т.е. высшая положительная степень окисления равна числу электронов на внешнем слое, которое соответствует номеру группы.

5) Степени окисления простых веществ равны 0.

ПО ПЕРИОДУ УВЕЛИЧИВАЕТСЯ:

восстановительные свойства  
основной характер соединений  
металличность

заряд ядра  
число валентных электронов  
электроотрицательность  
окислительные свойства  
кислотный характер соединений  
неметалличность

ПО ГРУППЕ УВЕЛИЧИВАЕТСЯ:

электроотрицательность  
неметалличность  
окислительные свойства  
кислотный характер соединений

радиус атома  
заряд ядра  
металличность  
восстановительные свойства  
основной характер соединений

### Периодическая система и строение атома

1. **Порядковый номер элемента** = заряду ядра его атома и количеству  $\bar{e}$
2. **Номер периода** = количеству энергетических уровней в атоме элемента.
3. **Номер группы** = максимальной степени окисления (числу валентных  $\bar{e}$ ).
4. **В периоде** →  
а) увеличиваются заряды атомных ядер;  
б) увеличивается число  $\bar{e}$  на внешнем уровне;  
в) число энергетических уровней постоянно,  
↓  
радиусы атомов уменьшаются (притяжение внешних  $\bar{e}$  к ядру усиливается).
5. **В главной подгруппе**  
а) увеличиваются заряды атомных ядер;  
б) число  $\bar{e}$  на внешнем уровне постоянно;  
в) увеличивается число энергетических уровней,  
↓  
радиусы атомов увеличиваются (притяжение внешних  $\bar{e}$  к ядру ослабевает).
6. **Периодичность объясняется** повторяемостью в заполнении  $\bar{e}$  энергетических уровней.

### Закономерности в периодической системе

**В периоде** из-за уменьшения  $R_{ат.}$ :

1. Металлические свойства образуемых элементами простых веществ ослабевают, а неметаллические – усиливаются.
2. Характер оксидов и гидроксидов элементов меняется основной → амфотерный → кислотный.
3. В больших периодах свойства меняются медленнее, т. к. идет заполнение  $\bar{e}$  одного из предвнешних уровней, что мало влияет на  $R_{ат.}$ .

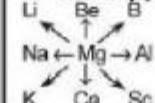
**В главных подгруппах** из-за увеличения  $R_{ат.}$ :

1. Металлические свойства образуемых элементами простых веществ усиливаются, а неметаллических – ослабевают.
2. Основной характер оксидов и гидроксидов усиливается, кислотный – ослабевает.

**По диагонали** уменьшение  $R_{ат.}$  в периоде примерно компенсируется увеличением  $R_{ат.}$  в подгруппе:

элементы, расположенные на одной диагонали, образуют сходные по свойствам соединения:  $Li \rightarrow Mg$ ;  $Be \rightarrow Al$

### Звездность периодической системы



Свойства центрального элемента являются средними из свойств элементов, окружающих его.