

СТРОЕНИЕ АТОМА

ПЗ и ПС Д.И. Менделеева в

свете квантово-

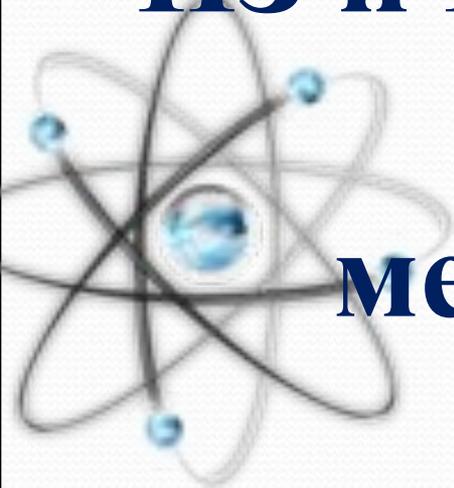
механической теории

строения атома.

Современные представления

о природе химической связи

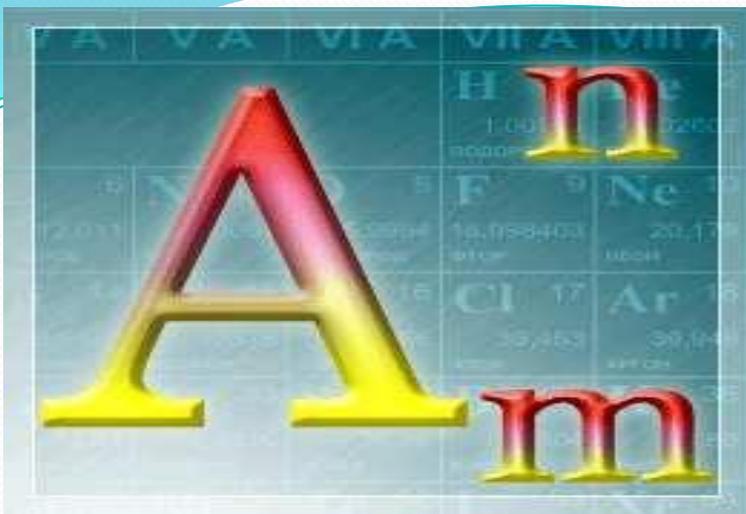
и строения молекул.



Ученые древности о строении вещества



- Древнегреческий ученый **Демокрит** 2500 лет назад считал, что любое вещество состоит из мельчайших частиц, которые впоследствии были названы «**атомами**», что в переводе на русский язык означает «**неделимый**»
- Долгое время считалось, что атом является неделимой частицей.



АТОМ

Наименьшая
электронейтральная частица
химического элемента,
являющаяся носителем его
свойств.

В 1808 г. английский химик *Дальтон* сформулировал **атомистическую теорию**.

«Все вещества состоят из атомов, мельчайших неделимых частиц, которые не могут быть ни созданы, ни уничтожены».

~1900 г

Фотоэффект - испускание электронов металлами и полупроводниками при их освещении. (Столетов А.Г. 1889г.)

Радиоактивность – самопроизвольный распад атомов, сопровождающийся испусканием различных частиц. (А. Беккерель, 1896 г.)

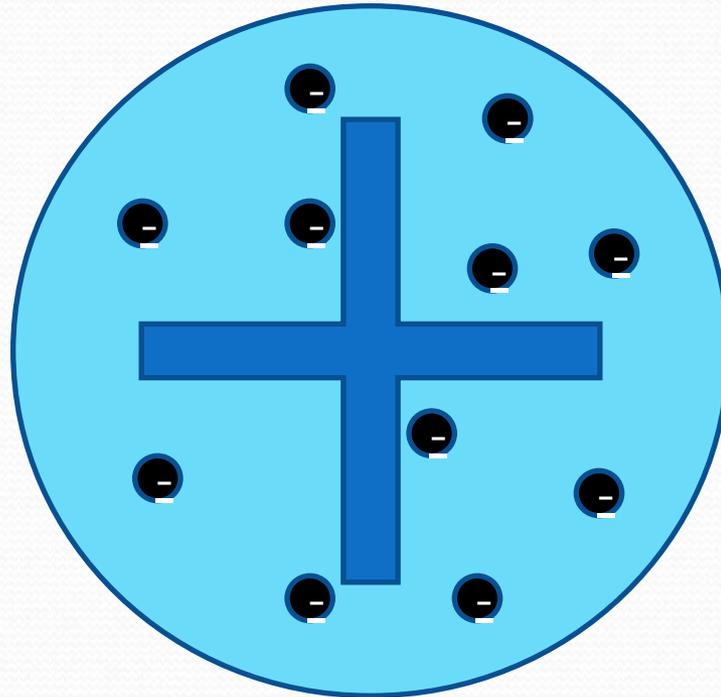
Джозеф Джон Томсон (1856-1940)



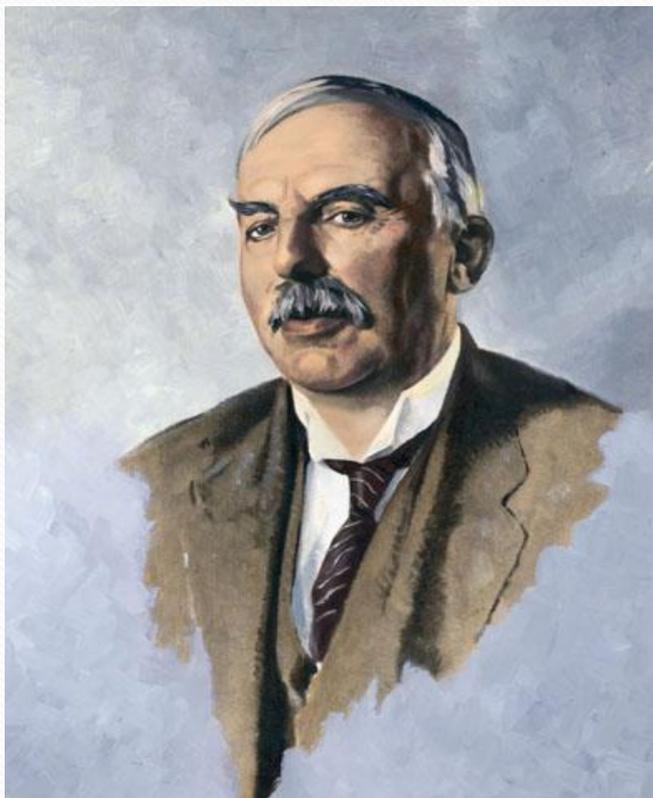
В конце 19-го века открыл электрон. Масса электрона оказалась примерно в две тысячи раз меньше массы самого “лёгкого” атома, а это означало, что электроны каким-то образом входят в состав атомов, то есть атомы должны быть составными объектами.

Модель атома Томсона

- Внутри положительно заряженного шара диаметром около 10^{-10} м находятся отрицательно заряженные электроны.



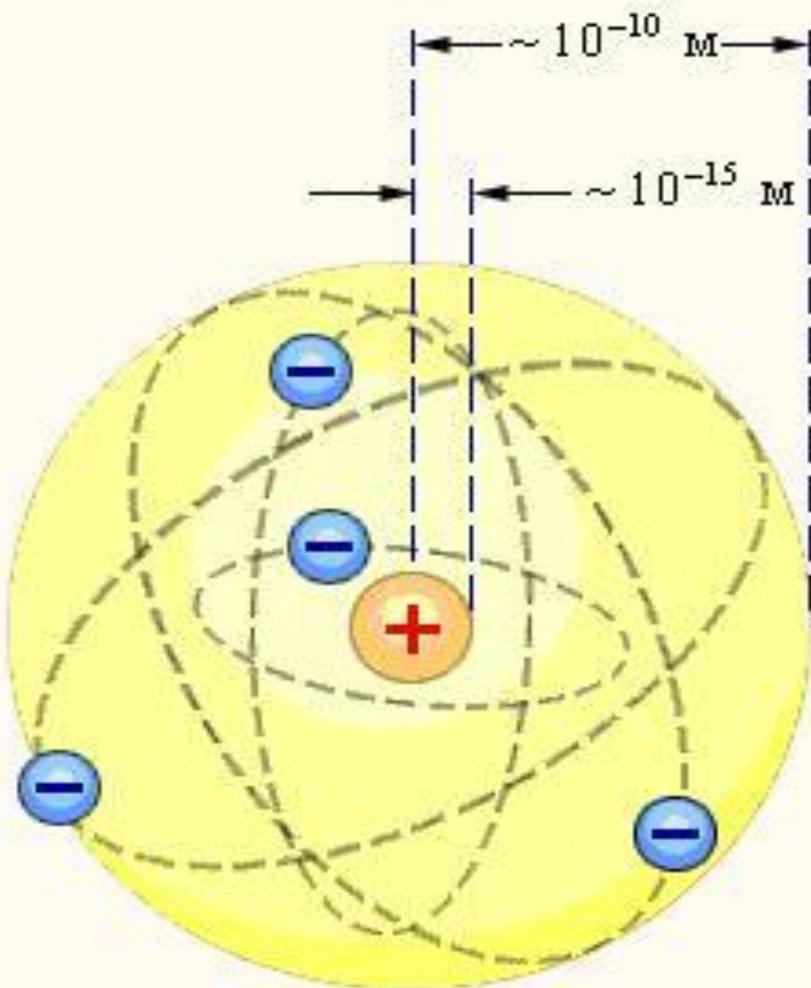
Эрнест Резерфорд (1871-1937)



В начале 20-го века
английский физик
Эрнест Резерфорд
открыл атомное ядро.
Оказалось, что в ядре
сосредоточена почти вся
масса атома.

Планетарная модель атома

Резерфорда



в центре атома - положительно заряженное ядро :

заряд ядра $q = Z \cdot e$, где Z -порядковый номер элемента в таблице Менделеева, $e = 1.6 \cdot 10^{-19}$ Кл - элементарный заряд; размер ядра 10^{-13} см; масса ядра фактически равна массе атома.

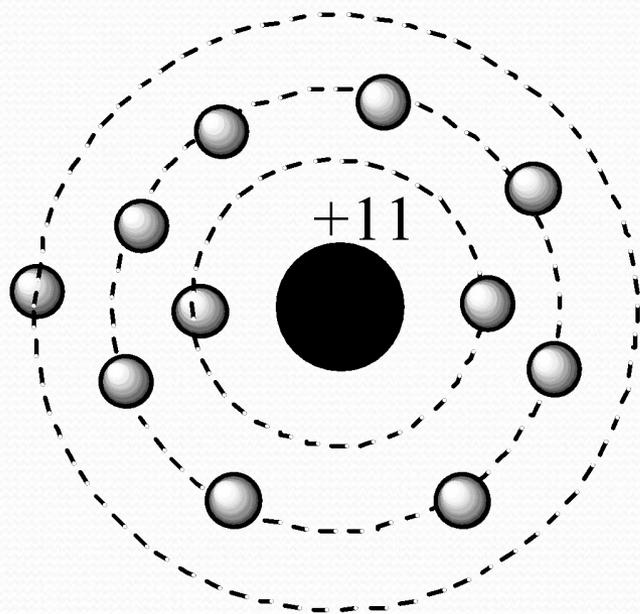
электроны движутся вокруг ядра по круговым и эллиптическим орбитам, как планеты вокруг Солнца :

электроны удерживаются на орбите кулоновской силой притяжения к ядру, создающей центростремительное ускорение.

число электронов в атоме равно Z (порядковый номер элемента)

электроны движутся с большой скоростью, образуя электронную оболочку атома.

В 1913 г *Нильс Бор* (Дания) предположил, что электрон движется не по любым, а лишь по строго определённым («разрешённым», «стационарным») орбитам, при этом не излучая и не поглощая энергии. Излучение происходит при перескоке с одной стационарной орбиты на другую порциями - квантами.



Строение ядра

Ядра всех атомов состоят из **протонов**

(элементарный заряд $+e$, масса $m_p = 1,675 \cdot 10^{-27}$ кг)

нейтронов (заряд ядра равен нулю, масса $m_n = 1,675 \cdot 10^{-27}$ кг).

Общее название протонов и нейтронов – **нуклоны**.

Между нуклонами действуют короткодействующие силы притяжения – **ядерные силы**.

Число протонов в ядре обозначается Z , и совпадает с **порядковым номером** элемента в таблице Менделеева.
Заряд ядра равен Ze .

Число нейтронов в ядре обозначается N .

Общее число нейтронов и протонов в ядре обозначается A и называется **массовым числом**: $A = Z + N$

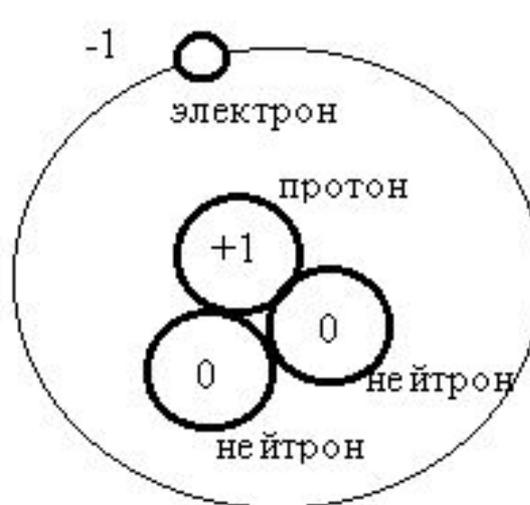
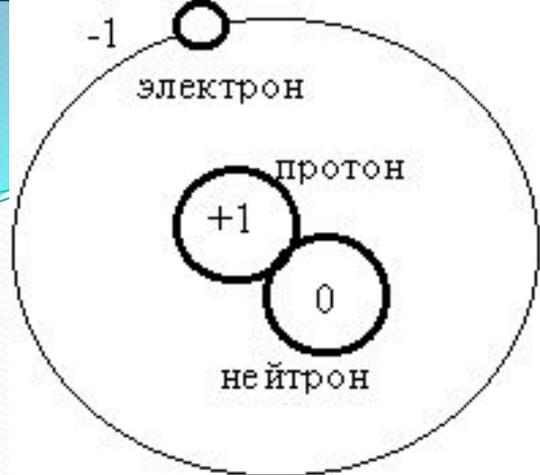
Обозначение ядер: ${}_Z^A X$, где X обозначение химического элемента.

Например ${}_1^1 H$ – ядро атома **водорода**

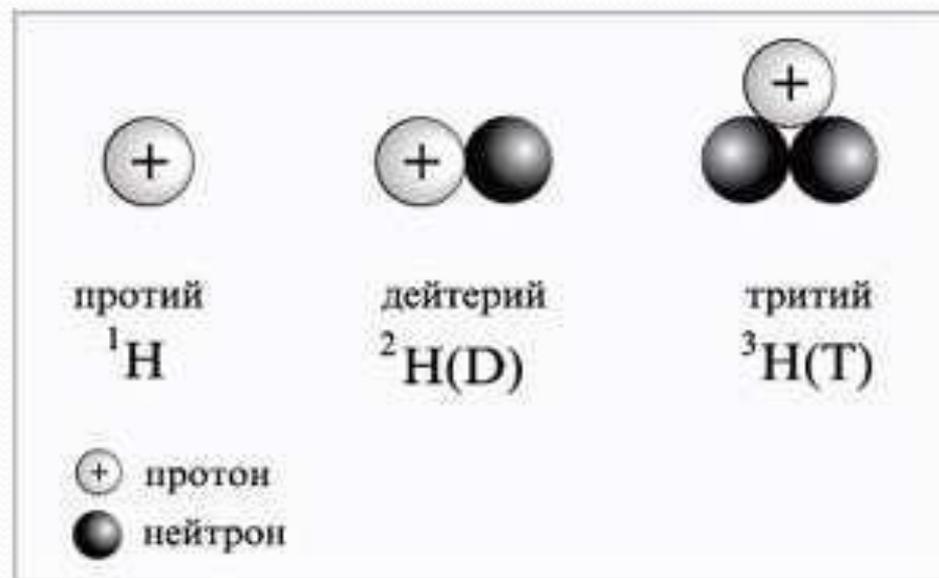
ИЗОТОПЫ.

Так называются атомы, имеющие **одинаковый заряд ядра , но различную массу**. Все изотопы одного и того же элемента обладают **одинаковыми химическими свойствами , но могут отличаться радиоактивностью**.

Например, ${}_1^2\text{H}$ - дейтерий и ${}_1^3\text{H}$ - тритий являются изотопами водорода (тритий радиоактивен)



Атомы изотопов водорода



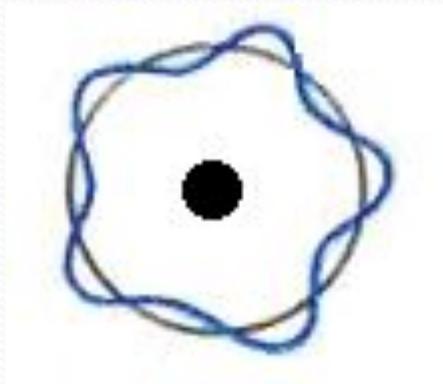
Ядра изотопов водорода

В 1924 г французский учёный *Луи де Бройль* высказал предположение о двойственной природе материальных частиц, в частности электрона.

В 1926 г *Э. Шредингер*

теорию движения микрочастиц –
квантовая (волновую) механику

создание **современной квантово-механической модели строения атома.**



Эта модель не наглядна !
(очень условное изображение)

$$\lambda = 10^{-8} \text{ см}$$

1. Электрон в атоме можно рассматривать как частицу, которая при движении проявляет волновые свойства. Т.е. нельзя описать движение электрона в атоме определенной траекторией (орбитой).

2. Электрон в атоме может находиться в любой точке пространства вокруг ядра, однако вероятность его пребывания в разных местах атомного пространства различна.

...Электронным облаком.

**... атомной орбиталью (АО)
(или электронной плотностью).**

Термин "орбита" (из модели Бора) в волновой модели теперь полностью уступил место термину "орбиталь". Орбиталь имеет чисто вероятностный смысл и её просят не путать с орбитой, т.е. траекторией движения электрона.

«Неужели действительно были такие идиоты, которые думали, что электрон вращается по орбите?»

Н. Бор



Важным следствием теории квантовой механики является то, что вся совокупность сложных движений электрона в атоме описывается четырьмя квантовыми числами.

Главное квантовое число n – определяет номер энергетического уровня

Характеризует энергию электронов, занимающих данный энергетический уровень

Принимает целочисленные значения от 1 до ∞ .

Равно номеру периода

Чем $\uparrow n$, тем \uparrow энергией обладает электрон, и тем слабее он связан с ядром.....

...можно говорить о существовании в атоме

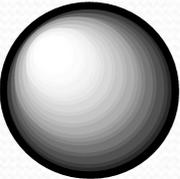
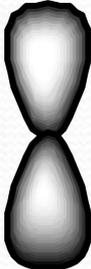
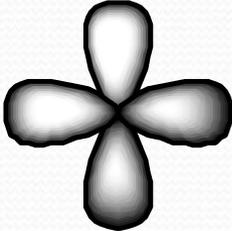
энергетических уровней (электронных слоев или оболочек), отвечающих определенным значениям *главного квантового числа - n* .

n	1	2	3	4	5	6	7
Обозначение энергетического слоя	K	L	M	N	O	P	Q

Побочное (орбитальное) квантовое число

l – определяет форму электронного облака
(энергетический подуровень)

Принимает целочисленные значения от 0 до $(n-1)$

l	0	1	2	3	4
Буквенное обозначение подуровня	s	p	d	f	g
Форма орбитали				СЛОЖН.	СЛОЖН.

Число подуровней, на которые расщепляется энергетический уровень равно номеру уровня. Например,

n	l	Обозначение подуровня
1	0 (одно значение)	1s
2	0;1 (два)	2s; 2p
3	0;1;2 (три)	3s; 3p; 3d

Т.о., *энергетический подуровень* – это совокупность электронных состояний, характеризующихся определенным набором квантовых чисел n и l .

Магнитное квантовое число m_l

Характеризует ориентацию электронного облака в пространстве

Оно принимает все целочисленные значения от $-l$ до $+l$.

Например, при $l=0$ $m_l = 0$;

при $l=1$ $m_l = -1; 0; +1$;

при $l=2$ $m_l = -2; -1; 0; +1; +2$;

Любому значению l соответствует $(2l+1)$ возможных расположений электронного облака данного типа в пространстве.

Следовательно, можно сказать, что число значений m_l указывает на число орбиталей с данным значением l .

s -состоянию соответствует одна орбиталь,

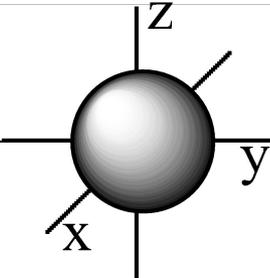
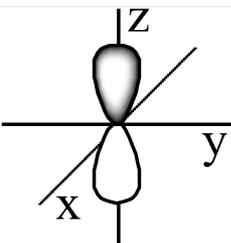
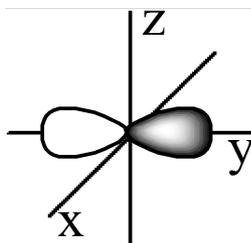
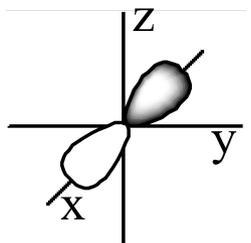
p -состоянию – три,

d -состоянию – пять,

f -состоянию – семь и т.д.

Число орбиталей на подуровне равно $(2l+1)$, а общее число орбиталей на энергетическом уровне равно n^2 .

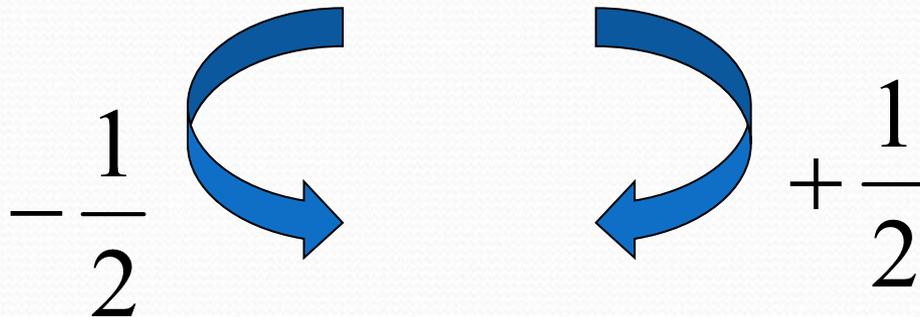
Все орбитали, принадлежащие одному подуровню данного энергетического уровня, имеют одинаковую энергию в отсутствии магнитного поля (вырожденные).

l	m_l	Число АО на подуровне = = $(2l+1)$	Направление в пространстве
0 (s)	0	<input type="checkbox"/>	
1 (p)	-1 0 +1	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	  
2 (d)	-2;-1; 0; +1;+2	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	сложные структуры
3 (f)	-3;-2;-1;0; +1;+2;+3	<input type="checkbox"/>	сложные структуры

Состояние электрона в атоме,
характеризующееся определенными
значениями чисел n, l, m_l называется
атомной орбиталью.

Спиновое квантовое число S .

характеризует собственный механический момент электрона, связанный с вращением его вокруг своей оси - по часовой стрелке и против часовой стрелки. Спиновое квантовое число может принимать, следовательно, только два значения и в квантовой механике они приняты такими: $s = +1/2$ и $s = -1/2$.



Общая характеристика состояния электрона в многоэлектронном атоме определяется **принципом Паули**: в атоме не может быть двух электронов, у которых все четыре квантовых числа были бы одинаковыми.

На одной орбитали могут находиться не более двух электронов, отличающихся друг от друга спинами. Максимальная емкость энергетического подуровня – $2(2+l)$ электронов, а уровня – $2n^2$.

Электронные конфигурации атомов

(порядок заполнения атомных орбиталей)

Принцип *min* энергии – электроны занимают в первую очередь орбитали, имеющие наименьшую энергию.

Этот принцип подтверждается двумя **правилами Клечковского**:

1. С ростом атомного номера элемента электроны размещаются последовательно на орбиталях, характеризующихся возрастанием суммы главного и орбитального квантовых чисел - $(n+l)$.
2. При одинаковых значениях этой суммы раньше заполняется орбиталь с меньшим значением n

Может быть заполнение электронами энергетических уровней и подуровней идет в следующем порядке:

...3s	3p	3d	4s	4p...
(3+0)	(3+1)	(3+2)	(4+0)	(4+1)
3	4	5	4	5

применяем правила Клечковского

...3s 3p 4s 3d 4p...



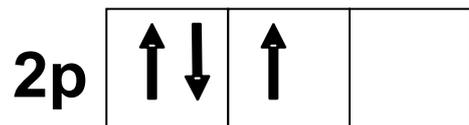
Увеличение E

Последовательность заполнения электронами уровней и подуровней:

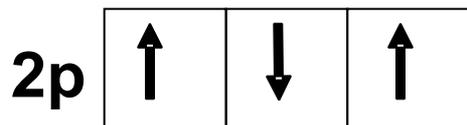
$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^6 5s^2 4d^{10} 5p^6 6s^2$

$4f^{14} 5d^{10} 6p^6 7s^2 5f^{14} 6d^{10} 7p^6 \dots$

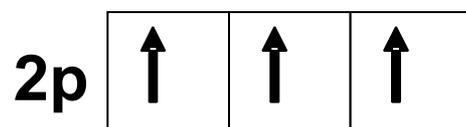
При наличии однотипных орбиталей их заполнение происходит в соответствии с **правилом Хунда**: в пределах энергетического подуровня электроны располагаются так, чтобы их суммарный спин был максимальным. Например,



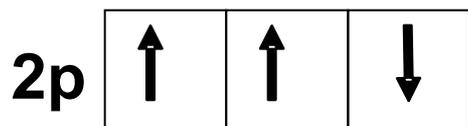
$$\frac{1}{2} + \underset{\text{и}}{\overset{\text{ж}}{3}} - \frac{1}{2} \underset{\text{ш}}{\overset{\text{ц}}{4}} + \frac{1}{2} = \frac{1}{2}$$



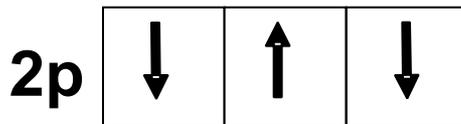
$$\frac{1}{2} + \underset{\text{и}}{\overset{\text{ж}}{3}} - \frac{1}{2} \underset{\text{ш}}{\overset{\text{ц}}{4}} + \frac{1}{2} = \frac{1}{2}$$



$$\frac{1}{2} + \frac{1}{2} + \frac{1}{2} = \frac{3}{2}$$



$$\frac{1}{2} + \frac{1}{2} + \underset{\text{и}}{\overset{\text{ж}}{3}} - \frac{1}{2} \underset{\text{ш}}{\overset{\text{ц}}{4}} = \frac{1}{2}$$



$$\underset{\text{и}}{\overset{\text{ж}}{3}} - \frac{1}{2} \underset{\text{ш}}{\overset{\text{ц}}{4}} + \frac{1}{2} + \underset{\text{и}}{\overset{\text{ж}}{3}} - \frac{1}{2} \underset{\text{ш}}{\overset{\text{ц}}{4}} = -\frac{1}{2}$$

↑
max
суммарный
спин

Атом хлора

- ${}_{+17}\text{Cl})_2)_8)_7$ схема строения атома.
- $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$ это электронная формула.
- Атом располагается в *III периоде*, и имеет *три энергетических уровня*.
- Атом располагается в VII группе, главной подгруппе - на внешнем энергетическом уровне 7 электронов.

«Проскок» электрона

Установлено, что у d-орбиталей особо устойчивыми конфигурациями являются d^5 и d^{10} , а у f-орбиталей f^7 и f^{14} . В связи с этим в основном состоянии атома наблюдается проскок электрона с ns-подуровня на $(n-1)d$ -подуровень:

$Cr : \dots 3d^4 4s^2$ – неправильно

$Cr : \dots 3d^5 4s^1$ – правильно

Периодический закон Д.И. Менделеева.

Открыт в 1869 г. великим русским ученым Д.М. Менделеевым.

“Свойства элементов и свойства образуемых ими простых и сложных соединений стоят в периодической зависимости от их атомного веса”.

Это определение немного ошибочно.

Современная формулировка ПЗ гласит:

Свойства химических элементов, а также формы и свойства их соединений находятся в периодической зависимости от величины заряда атомных ядер в результате периодического повторения электронных конфигураций внешнего энергетического уровня.

Первым вариантом системы элементов, предложенным Д. И. Менделеевым 1 марта 1869 г., был так называемый вариант длинной формы, В этом варианте периоды располагались одной строкой. В декабре 1870 г. он опубликовал второй вариант периодической системы — так называемую короткую форму. В этом варианте периоды разбиваются на ряды, а группы — на подгруппы (главную и побочную).

Періодическая система элементовъ по группамъ и рядамъ.

Ряды.	ГРУППЫ ЭЛЕМЕНТОВЪ:								
	0	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
1	—	Водородъ. H 1,008	—	—	—	—	—	—	—
2	Гелій. He 4,0	Литій. Li 7,03	Бериллій. Be 9,1	Боръ. B 11,0	Углеродъ. C 12,0	Азотъ. N 14,01	Кислородъ. O 16,00	Фторъ. F 19,0	—
3	Неонъ. Ne 19,9	Натрій. Na 23,05	Магній. Mg 24,36	Алюминій. Al 27,1	Кремній. Si 28,2	Фосфоръ. P 31,0	Сѣра. S 32,06	Хлоръ. Cl 35,45	—
4	Аргонъ. Ar 38	Кальцій. Ca 40,1	Кальцій. Ca 40,1	Скандій. Sc 44,1	Титанъ. Ti 48,1	Ванадій. V 51,2	Хромъ. Cr 52,1	Марганецъ. Mn 55,0	Железо. Fe 55,9
5	—	Мѣдь. Cu 63,6	Цинкъ. Zn 65,4	Галлій. Ga 70,0	Германій. Ge 72,5	Мышьякъ. As 75	Селенъ. Se 79,2	Бромъ. Br 79,95	Никель. Ni 59
6	Криptonъ. Kr 81,8	Рубидій. Rb 85,5	Стронцій. Sr 87,6	Иттрий. Y 89,0	Цирконій. Zr 90,6	Ніобій. Nb 94,0	Молибденъ. Mo 96,0	—	Кобальтъ. Co 59
7	—	Серебро. Ag 107,93	Кадмій. Cd 112,4	Индій. In 115,0	Олово. Sn 119,0	Сурьма. Sb 120,2	Теллуръ. Te 127	Йодъ. I 127	Палладій. Pd 106,5
8	Ксенонъ. Xe 128	Цезій. Cs 132,9	Барій. Ba 137,4	Лантанъ. La 138,9	Церій. Ce 140,2	—	—	—	—
9	—	—	—	—	—	—	—	—	—
10	—	—	—	Иттербій. Yb 173	—	Танталъ. Ta 183	Вольфрамъ. W 184	—	Осмій. Os 191
11	—	Золото. Au 197,2	Ртуть. Hg 200,0	Талій. Tl 204,1	Свинець. Pb 206,9	Висмутъ. Bi 208,5	—	—	Иридій. Ir 193
12	—	—	Радій. Rd 225	—	Торій. Th 232,5	—	Уранъ. U 238,5	—	Платина. Pt 194,8

Вышіе солеобразные окислы:

R	R ²⁰	RO	R ²⁰ 3	RO ²	R ²⁰ 5	RO ³	R ²⁰ 7	RO ⁴
---	-----------------	----	-------------------	-----------------	-------------------	-----------------	-------------------	-----------------

Вышія газообразныя водородныя соединенія:

RH ⁴	RH ³	RH ²	RH
-----------------	-----------------	-----------------	----

ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ Д.И.МЕНДЕЛЕЕВА

Периоды	Ряды	ГРУППЫ ЭЛЕМЕНТОВ																Энергетический уровень
		I		II		III		IV		V		VI		VII		VIII		
		а	б	а	б	а	б	а	б	а	б	а	б	б		а		
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 26,982	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 47,88	V ВАНАДИЙ 50,942	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 АРСЕН 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 91,224	Nb НИОБИЙ 92,906	Mo МОЛИБДЕН 95,94	Tc ТЕХНЕЦИЙ [98]	Ru РУТЕНИЙ 101,07	Rh РОДИЙ 102,905	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	La-Pr 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 РУТЬ 200,59	Tl ТАЛЛИЙ 204,37	Pb СВИНЕЦ 207,19	Bi ВИСМУТ 208,98	Po ПОЛОНИЙ [209]	At АСТАТ [210]										Rn РАДОН [222]
7	10	Fr ФРАНЦИЙ [223]	Ra РАДИЙ [226]	Ac-Lr АКТИНОИДЫ	Rf РЕЗЕРФОРДИЙ [261]	Db ДУБНИЙ [262]	Sg СИБОРГИЙ [263]	Bh БОРИЙ [264]	Hn ХАННИЙ [265]	Mt МЕЙТНЕРИЙ [266]								
ВЫСШИЕ ОКСИДЫ		R ₂ O		RO		R ₂ O ₃		RO ₂		R ₂ O ₅		RO ₃		R ₂ O ₇		RO ₄		
ЛЕГУЧИЕ ВОДОРОДНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ						RH ₄		RH ₃		H ₂ R		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 158,928	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 238,029	93 Np НЕПУТЧИЙ [237]	94 Pu ПУТОНИЙ [244]	95 Am АМЕРЦИЙ [243]	96 Cm КЮРИЙ [247]	97 Bk БЕРКЛИЙ [247]	98 Cf КАЛИБОРНИЙ [251]	99 Es ЭЙНШТЕЙНИЙ [254]	100 Fm ФЕРМИЙ [257]	101 Md МЕЙДЕНЕРИЙ [258]	102 No НОБЕЛИЙ [259]	103 Lr ЛОУРЕНСКИЙ [260]
----------------------------------	----------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------	-----------------------------------	----------------------------------	----------------------------------	--------------------------------	----------------------------------	-------------------------------------	-------------------------------------	----------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------	--------------------------------------

Энергетический уровень

СИМВОЛ ЭЛЕМЕНТА

НАЗВАНИЕ ЭЛЕМЕНТА

ОТНОСИТЕЛЬНАЯ АТОМНАЯ МАССА

Group 1 Группа 1		1a										18																																																																														
Period	1	2		3-10										11		12		13		14		15		16		17		18																																																														
Период	1	2		3-10										11		12		13		14		15		16		17		18																																																														
Hydrogen Водород Hydrogenium	Helium Гелий Heliumium		Lithium Литий Lithiumium										Beryllium Бериллий Berylliumium		Scandium Скандий Scandiumium										Titanium Титан Titaniumium		Vanadium Ванадий Vanadiumium		Chromium Хром Chromiumium		Manganese Марганец Manganese Manganium		Iron Железо Ferrum		Cobalt Кобальт Cobaltium		Nickel Никель Niccolum		Copper Медь Cuprum		Zinc Цинк Zincum		Gallium Галлий Galliumium		Germanium Германий Germaniumium		Arsenic Мышьяк Arsenicum		Selenium Селен Seleniumium		Bromine Бром Bromium		Krypton Криптон Kryptonium		Rubidium Рубидий Rubidiumium		Strontium Стронций Strontiumium		Yttrium Иттрий Yttriumium		Zirconium Цирконий Zirconiumium		Niobium Ниобий Niobiumium		Molybdenum Молибден Molybdenium		Technetium Технеций Technetiumium		Ruthenium Рутений Rutheniumium		Rhodium Родий Rhodiumium		Palladium Палладий Palladiumium		Silver Серебро (Argentum)		Cadmium Кадмий Cadmiumium		Indium Индий Indiumium		Tin Олово Stannum		Antimony Сурьма (Stibium)		Tellurium Теллур Telluriumium		Iodine Иод Iodium		Xenon Ксенон Xenoniumium	
Atomic mass, relative	Atomic No. Symbol		Atomic mass, relative										Atomic No. Symbol		Atomic mass, relative										Atomic No. Symbol		Atomic mass, relative										Atomic No. Symbol		Atomic mass, relative										Atomic No. Symbol																																									
Atomnaya massa, otnositel'naya	75Re		Atomnaya massa, otnositel'naya										75Re		Atomnaya massa, otnositel'naya										75Re		Atomnaya massa, otnositel'naya										75Re		Atomnaya massa, otnositel'naya										75Re																																									
Atomnyy nomer. Oboznachenie	[Xe] 4f ¹⁴ 5d ⁵ 6s ²		Atomnyy nomer. Oboznachenie										[Xe] 4f ¹⁴ 5d ⁵ 6s ²		Atomnyy nomer. Oboznachenie										[Xe] 4f ¹⁴ 5d ⁵ 6s ²		Atomnyy nomer. Oboznachenie										[Xe] 4f ¹⁴ 5d ⁵ 6s ²		Atomnyy nomer. Oboznachenie										[Xe] 4f ¹⁴ 5d ⁵ 6s ²																																									
Raspredeleniye elektronov	3180		Raspredeleniye elektronov										3180		Raspredeleniye elektronov										3180		Raspredeleniye elektronov										3180		Raspredeleniye elektronov										3180																																									
Temperatura plavleniya (°C)	5627		Temperatura plavleniya (°C)										5627		Temperatura plavleniya (°C)										5627		Temperatura plavleniya (°C)										5627		Temperatura plavleniya (°C)										5627																																									
Temperatura kipeniya (°C)	1.9/1.46		Temperatura kipeniya (°C)										1.9/1.46		Temperatura kipeniya (°C)										1.9/1.46		Temperatura kipeniya (°C)										1.9/1.46		Temperatura kipeniya (°C)										1.9/1.46																																									
Elektrootritsatel'nost' (po Polinguy/po Allpredu i Roxhovu)	Rhenium Рений Rheniumium		Elektrootritsatel'nost' (po Polinguy/po Allpredu i Roxhovu)										Rhenium Рений Rheniumium		Elektrootritsatel'nost' (po Polinguy/po Allpredu i Roxhovu)										Rhenium Рений Rheniumium		Elektrootritsatel'nost' (po Polinguy/po Allpredu i Roxhovu)										Rhenium Рений Rheniumium		Elektrootritsatel'nost' (po Polinguy/po Allpredu i Roxhovu)										Rhenium Рений Rheniumium																																									
Latinskoye nazvaniye	Rhenium Рений Rheniumium		Latinskoye nazvaniye										Rhenium Рений Rheniumium		Latinskoye nazvaniye										Rhenium Рений Rheniumium		Latinskoye nazvaniye										Rhenium Рений Rheniumium		Latinskoye nazvaniye										Rhenium Рений Rheniumium																																									
13		14		15		16		17		18		13		14		15		16		17		18		13		14		15		16		17		18																																																								
IIIA		IVA		VA		VIA		VIIA		VIIIA		IIIA		IVA		VA		VIA		VIIA		VIIIA		IIIA		IVA		VA		VIA		VIIA		VIIIA																																																								
5		6		7		8		9		10		5		6		7		8		9		10		5		6		7		8		9		10																																																								
2s ² 2p ²		2s ² 2p ²		2s ² 2p ²		2s ² 2p ²		2s ² 2p ²		2s ² 2p ²		2s ² 2p ²		2s ² 2p ²		2s ² 2p ²		2s ² 2p ²		2s ² 2p ²		2s ² 2p ²		2s ² 2p ²		2s ² 2p ²		2s ² 2p ²		2s ² 2p ²		2s ² 2p ²																																																										
2210 -2600		-3550 4827		-209.66 -185.8		-218.4 -182.96		-219.62 -188.11		-248.7 -246.05		2.04/2.01		2.55/2.50		3.04/3.07		3.44/3.50		3.98/4.10		10.8 eV		26.981538		28.0855		30.973761		32.066		35.4527		39.948																																																								
Boron Бор Borium		Carbon Углерод Carbonium		Nitrogen Азот Nitrogenium		Oxygen Кислород Oxygenium		Fluorine Фтор Fluorium		Neon Неон Neoniumium		Aluminum Алюминий Aluminiumium		Silicon Кремний Silicium		Phosphorus Фосфор Phosphorium		Sulphur Сера Sulphurium		Chlorine Хлор Chlorium		Argon Аргон Argoniumium		Potassium Калий Kaliumium		Calcium Кальций Calciumium		Scandium Скандий Scandiumium		Titanium Титан Titaniumium		Vanadium Ванадий Vanadiumium		Chromium Хром Chromiumium		Manganese Марганец Manganese Manganium		Iron Железо Ferrum		Cobalt Кобальт Cobaltium		Nickel Никель Niccolum		Copper Медь Cuprum		Zinc Цинк Zincum		Gallium Галлий Galliumium		Germanium Германий Germaniumium		Arsenic Мышьяк Arsenicum		Selenium Селен Seleniumium		Bromine Бром Bromium		Krypton Криптон Kryptonium																																
660.37 2467		1412 2355		44.14 280		112.8 444.674		112.8 2.58/2.44		-100.98 -189.7		660.37 2467		1412 2355		44.14 280		112.8 444.674		112.8 2.58/2.44		-100.98 -189.7		26.981538 2467		28.0855 2355		30.973761 280		32.066 444.674		35.4527 3.16/2.83		39.948 7.7 eV																																																								
13Al		14Si		15P		16S		17Cl		18Ar		13Al		14Si		15P		16S		17Cl		18Ar		13Al		14Si		15P		16S		17Cl		18Ar																																																								
3s ² 3p ¹		3s ² 3p ²		3s ² 3p ³		3s ² 3p ⁴		3s ² 3p ⁵		3s ² 3p ⁶		3s ² 3p ¹		3s ² 3p ²		3s ² 3p ³		3s ² 3p ⁴		3s ² 3p ⁵		3s ² 3p ⁶		3s ² 3p ¹		3s ² 3p ²		3s ² 3p ³		3s ² 3p ⁴		3s ² 3p ⁵		3s ² 3p ⁶																																																								
1.61/1.47		1.90/1.74		2.19/2.06		2.58/2.44		3.16/2.83		7.7 eV		1.61/1.47		1.90/1.74		2.19/2.06		2.58/2.44		3.16/2.83		7.7 eV		1.61/1.47		1.90/1.74		2.19/2.06		2.58/2.44		3.16/2.83		7.7 eV																																																								
39.0983		40.78		44.955910		47.887		50.9415		51.9961		54.938046		55.845		58.933200		58.6934		63.546		65.39		69.923		72.61		74.92160		78.96		79.904		83.80																																																								
19K		20Ca		21Sc		22Ti		23V		24Cr		25Mn		26Fe		27Co		28Ni		29Cu		30Zn		31Ga		32Ge		33As		34Se		35Br		36Kr																																																								
[Ar]4s ¹		4s ²		3d ¹ 4s ²		3d ² 4s ²		3d ³ 4s ²		3d ⁴ 4s ²		3d ⁵ 4s ²		3d ⁶ 4s ²		3d ⁷ 4s ²		3d ⁸ 4s ²		3d ⁹ 4s ¹		3d ¹⁰ 4s ²		3d ¹⁰ 4s ² 4p ¹		3d ¹⁰ 4s ² 4p ²		3d ¹⁰ 4s ² 4p ³		3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁴		3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁵																																																										
63.55 77.4		839 1487		1541 2831		1670 3267		1890 3380		1857 2672		1244 1.55/1.60		1535 1.83/1.64		1495 1.88/1.70		1453 1.91/1.75		1083.4 2587		419.88 907		29.78 2403		937.4 2830		317.5 2.01/2.02		217 684.9		-7.25 58.78		-156.6 -152.3																																																								
0.82/0.91		1.00/1.04		1.36/1.20		1.54/1.32		1.63/1.45		1.66/1.56		1.55/1.60		1.83/1.64		1.88/1.70		1.91/1.75		1.65/1.65		1.65/1.65		1.81/1.82		2.01/2.02		2.55/2.48		2.96/2.74		6.8 eV																																																										
Potassium Калий Kaliumium		Calcium Кальций Calciumium		Scandium Скандий Scandiumium		Titanium Титан Titaniumium		Vanadium Ванадий Vanadiumium		Chromium Хром Chromiumium		Manganese Марганец Manganese Manganium		Iron Железо Ferrum		Cobalt Кобальт Cobaltium		Nickel Никель Niccolum		Copper Медь Cuprum		Zinc Цинк Zincum		Gallium Галлий Galliumium		Germanium Германий Germaniumium		Arsenic Мышьяк Arsenicum		Selenium Селен Seleniumium		Bromine Бром Bromium		Krypton Криптон Kryptonium																																																								
85.4678		87.62		88.90585		91.224		92.90638		95.94		101.07		102.90550		106.42		107.8682		112.411		114.818		118.710		121.760		127.60		128.90447		131.29																																																										
37Rb		38Sr		39Y		40Zr		41Nb		42Mo		43Tc		44Ru		45Rh		46Pd		47Ag		48Cd		49In		50Sn		51Sb		52Te		53I		54Xe																																																								
[Kr]5s ¹		5s ²		4d ¹ 5s ²		4d ² 5s ²		4d ³ 5s ²		4d ⁴ 5s ²		4d ⁵ 5s ²		4d ⁶ 5s ²		4d ⁷ 5s ²		4d ⁸ 5s ²		4d ⁹ 5s ¹		4d ¹⁰ 5s ²		4d ¹⁰ 5s ² 5p ¹		4d ¹⁰ 5s ² 5p ²		4d ¹⁰ 5s ² 5p ³		4d ¹⁰ 5s ² 5p ⁴		4d ¹⁰ 5s ² 5p ⁵																																																										
38.89 687.2		769 1384		1522 3337		1852 4377		2468 4742		2617 4612		2172 4877		2310 3727		1966 3727		1552 3140		981.93 2212		320.9 765		158.76 2080		321.88 2270		630.5 1750		989.8		184.35 -107.1		-119.9																																																								
0.82/0.89		0.95/0.99		1.22/1.11		1.33/1.22		1.61/1.23		2.16/1.30		1.91/1.36		2.21/1.42		2.21/1.42		2.21/1.42		1.91/1.4		1.71/1.5		1.78/1.5		2.05/1.8		2.1/2.0		2.66/2.2		5.85 eV																																																										
Rubidium Рубидий Rubidiumium		Strontium Стронций Strontiumium		Yttrium Иттрий Yttriumium		Zirconium Цирконий Zirconiumium		Niobium Ниобий Niobiumium		Molybdenum Молибден Molybdenium		Technetium Технеций Technetiumium		Ruthenium Рутений Rutheniumium		Rhodium Родий Rhodiumium		Palladium Палладий Palladiumium		Silver Серебро (Argentum)		Cadmium Кадмий Cadmiumium		Indium Индий Indiumium		Tin Олово Stannum		Antimony Сурьма (Stibium)		Tellurium Теллур Telluriumium		Iodine Иод Iodium		Xenon Ксенон Xenoniumium																																																								
132.90545		137.327		138.9055		178.46		180.9478		183.84		186.207		190.23		192.217		195.078		200.59		204.3833		207.2		208.98038		(210)		(210)		(222)																																																										
55Cs		56Ba		57La		72Hf		73Ta		74W		75Re		76Os		77Ir		78Pt		79Au		80Hg		81Tl		82Pb		83Bi		84Po		85At		86Rn																																																								
[Xe]6s ¹		6s ²		5d ¹ 6s ²		4f ¹⁴ 5d ² 6s ²		4f ¹⁴ 5d ³ 6s ²		4f ¹⁴ 5d ⁴ 6s ²		4f ¹⁴ 5d ⁵ 6s ²		4f ¹⁴ 5d ⁶ 6s ²		4f ¹⁴ 5d ⁷ 6s ²		4f ¹⁴ 5d ⁸ 6s ²		4f ¹⁴ 5d ⁹ 6s ¹		4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ²		4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ² 6p ¹		4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ² 6p ²		4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ² 6p ³		4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ² 6p ⁴		4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ² 6p ⁵																																																										
72.5 678.4		725 1640		920 3454		2227 4602		2996 5425		3410 5960		3180 5627		3045 5027		2410 4130		1773.5 3830		1064.43 2807		303.5 1457		158.76 2080		321.88 2270		630.5 1750		989.8		184.35 -107.1		-119.9																																																								
0.79/0.86		0.89/0.97		1.10/1.04		1.31/1.23		1.51/1.33		1.71/1.40		1.91/1.46		2.21/1.52		2.21/1.6		2.21/1.6		2.54/1.42		1.62/1.44		2.33/1.55		2.02/1.67		2.0/1.76		2.21/1.86		5.1 eV																																																										
Caesium Цезий Caesiumium		Barium Барий Bariumium		Lanthanum Лантан Lanthanumium		Hafnium Гафний Hafniumium		Tantalum Тантал Tantalumium		Molybdenum Молибден Molybdenium		Technetium Технеций Technetiumium																																																																														

Периодом в ПС называется – горизонтальный ряд элементов, в пределах которого свойства элементов изменяются последовательно.

В вертикальных колонках, называемых *группами*, объединены элементы, имеющие сходное электронное строение.

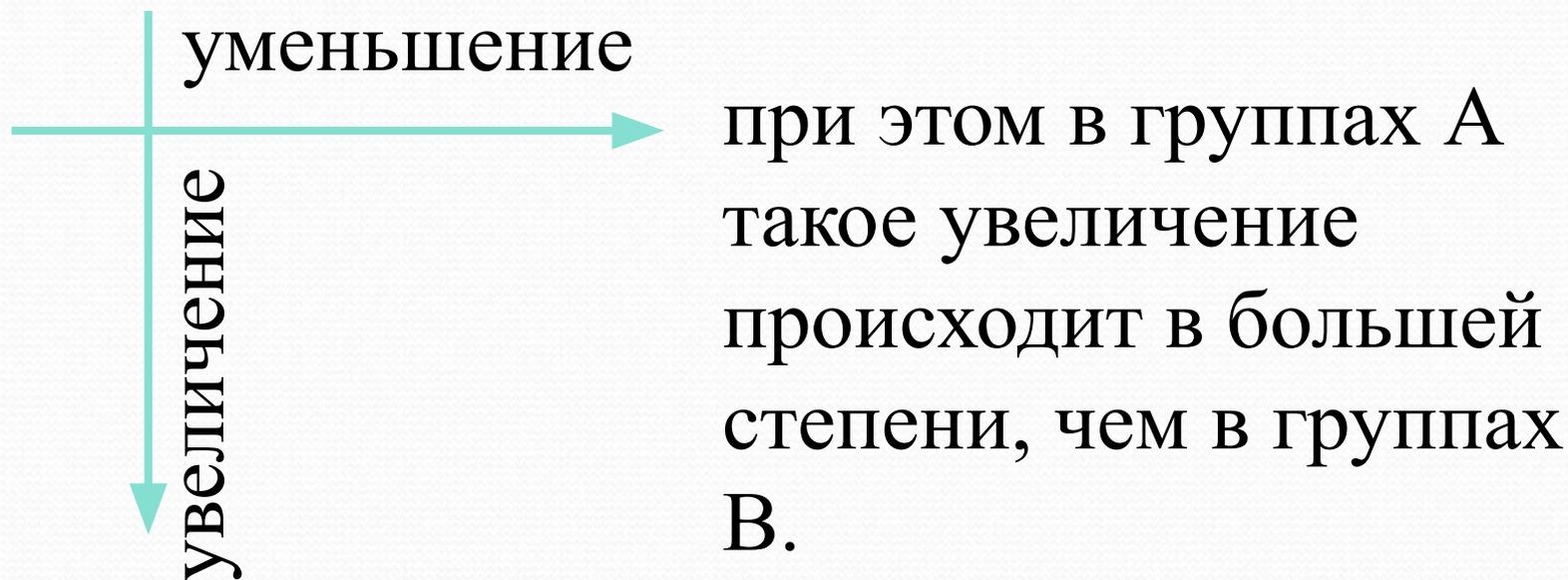
Элементы –аналоги, т.е. расположенные в одной подгруппе ПС, имеют одинаковое строение внешних электронных оболочек атомов при различных значениях n и поэтому проявляют сходные химические свойства.

Периодически меняющиеся свойства атомов

- 1. Атомные и ионные радиусы**
- 2. Энергия ионизации**
- 3. Сродство к электрону**
- 4. Электроотрицательность**

Атомные радиусы – характеристика атома, позволяющая приблизительно оценивать межатомные (межъядерные) расстояния в молекулах и кристалла

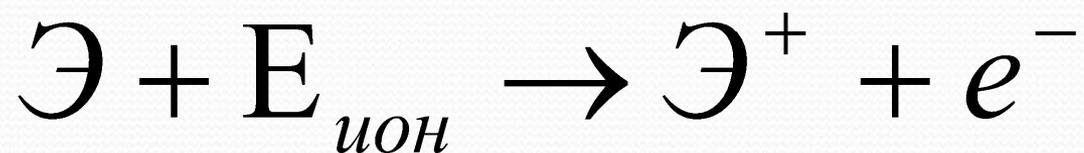
Эффективный атомный радиус – радиус сферы действия атома или иона



2. Энергия ионизации ($E_{\text{ион}}$)

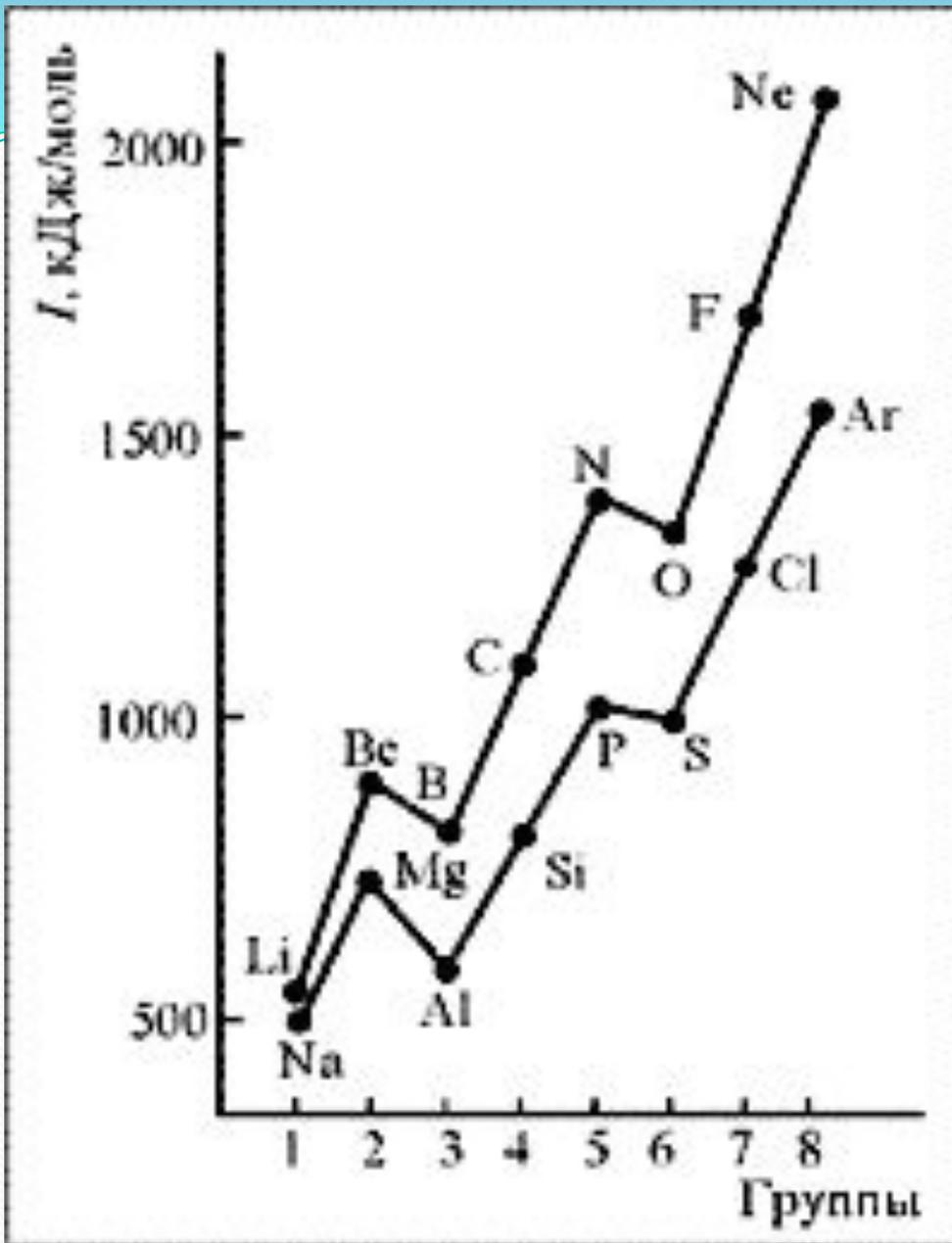
[кДж/моль] или [эВ/атом] ($1\text{эВ/атом} = 100\text{ кДж/моль.}$)

– минимальная энергия, необходимая для отрыва наиболее слабосвязанного электрона от невозбужденного атома



Характер изменения в периодах одинаков:

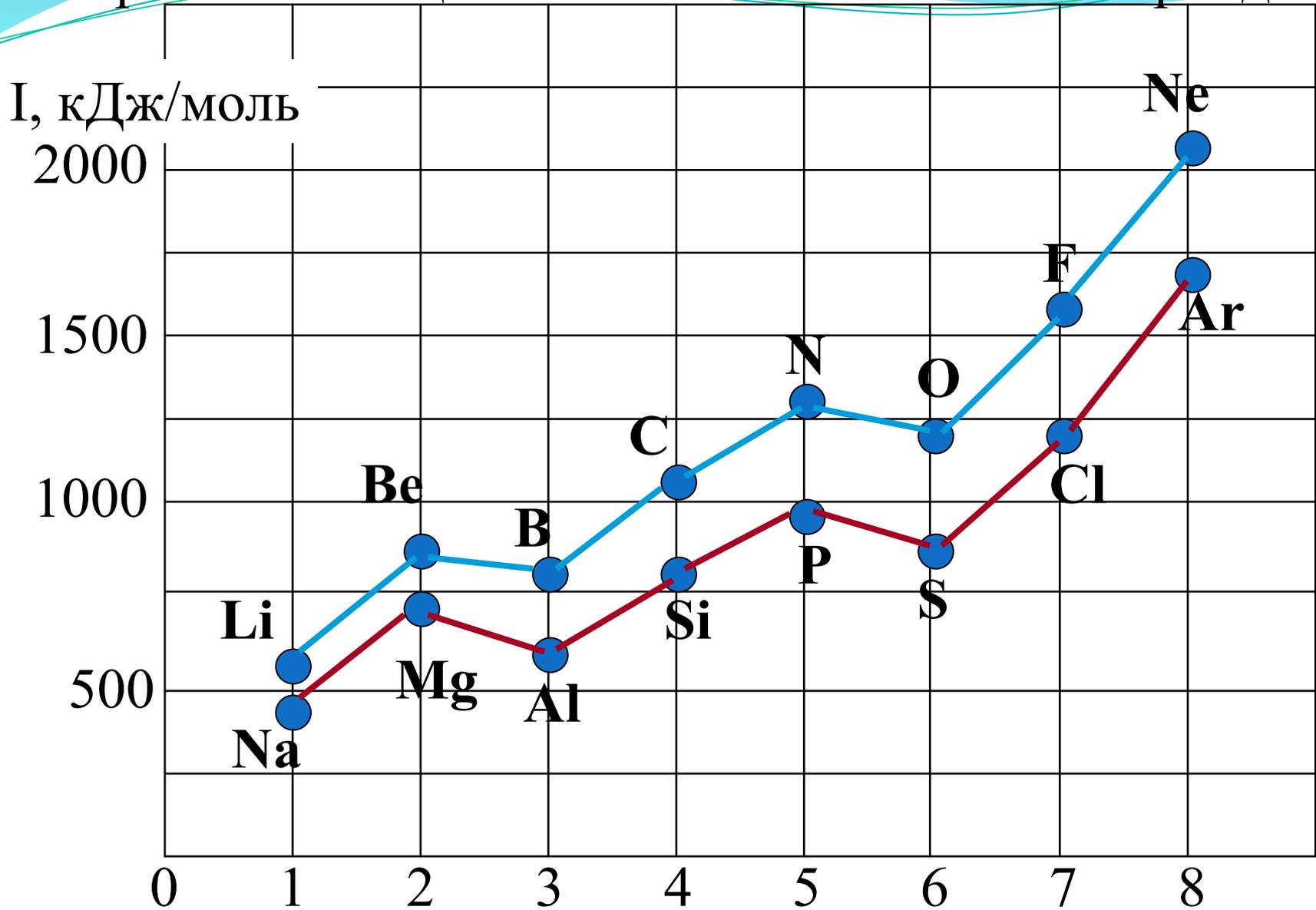
Энергии ионизации атомов элементов 2-го и 3-го периодов



Увеличивается
немонотонно

уменьшение

Энергии ионизации элементов II-го и III-го периодов

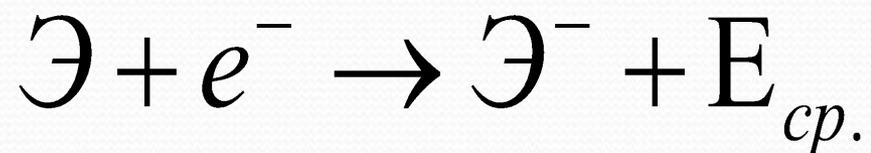


Анализ изменения $E_{\text{ион}}$ позволяет сделать некоторые выводы:

1. В периодах $E_{\text{ион}} \uparrow$, что вызвано сжатием электронной оболочки вследствие увеличения эфф. заряда ядра.
2. Атомы щелочных Me (ns^1) имеют самые низкие $E_{\text{ион}}$
3. Атомы благородных газов (ns^2np^6) имеют $\max E_{\text{ион}}$

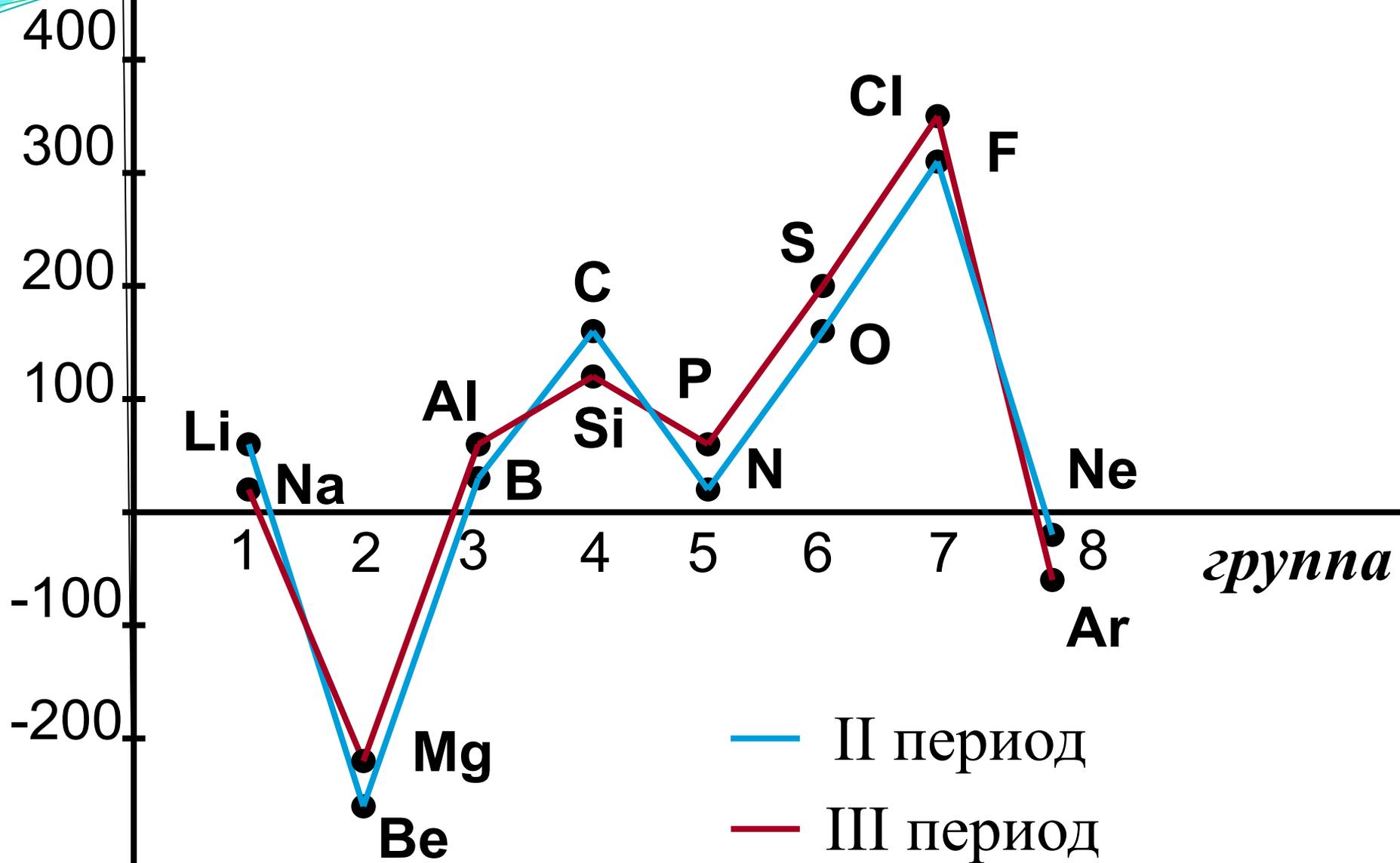
2. Сродство к электрону ($E_{\text{ср.}}$)

$[\text{кДж/моль}]$ или $[\text{эВ/атом}]$ - энергетический эффект присоединения электрона к нейтральному атому



Характер изменения в периодах одинаков:

E_{cp} , кДж/моль



Анализ изменения СЭ позволяет сделать некоторые выводы:

1. Min (отрицательное) СЭ наблюдается у атомов, имеющих завершённые ns^2 и ns^2np^6 подуровни.
2. Незначительно СЭ у атомов с конфигурацией np^3 (устойчивый наполовину заполненный подуровень)
3. Max СЭ обладают атомы 7(A) группы – ns^2np^5

3. Электроотрицательность (χ)

[кДж/моль] или [эВ/атом] – характеризует

способность атома в химическом соединении притягивать к себе электроны.

ОЭО элементов по Л.Полингу

Группа								
Период	Ia	IIa	IIIa	IVa	Va	VIa	VIIa	VIIIa
1	(H)						H 2,1	He
2	Li 1,0	Be 1,6	B 2,1	C 2,6	N 3,0	O 3,4	F 4,0	Ne
3	Na 0,9	Mg 1,3	Al 1,6	Si 1,9	P 2,2	S 2,6	Cl 3,0	Ar
4	K 0,8	Ca 1,0	Ga 1,8	Ge 2,0	As 2,2	Se 2,4	Br 2,8	Kr
5	Rb 0,8	Sr 1,0	In 1,8	Sn 2,0	Sb 2,1	Te 2,1	I 2,5	Xe

уменьшение

увеличение



СПАСИБО
за
ВНИМАНИЕ!