

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.

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.)

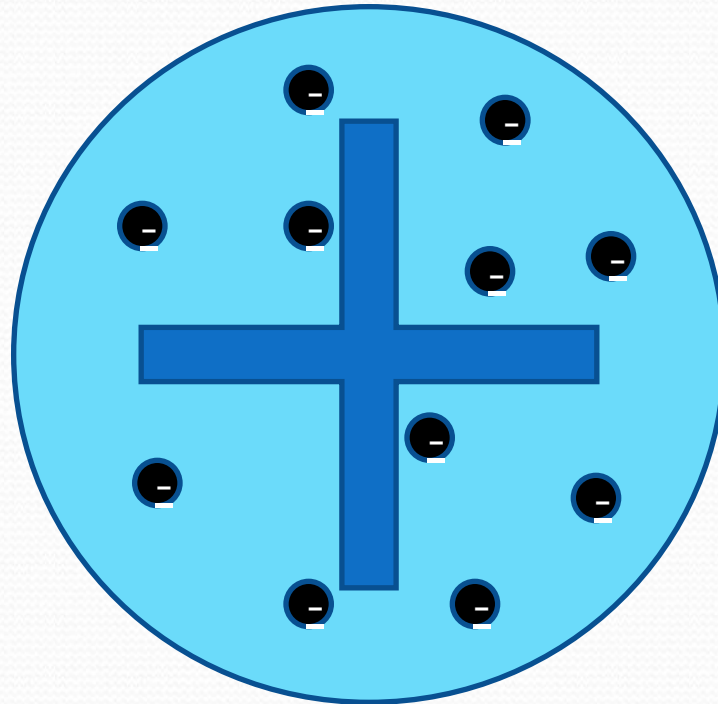
Джозеф Джон Томсон (1856-1940)



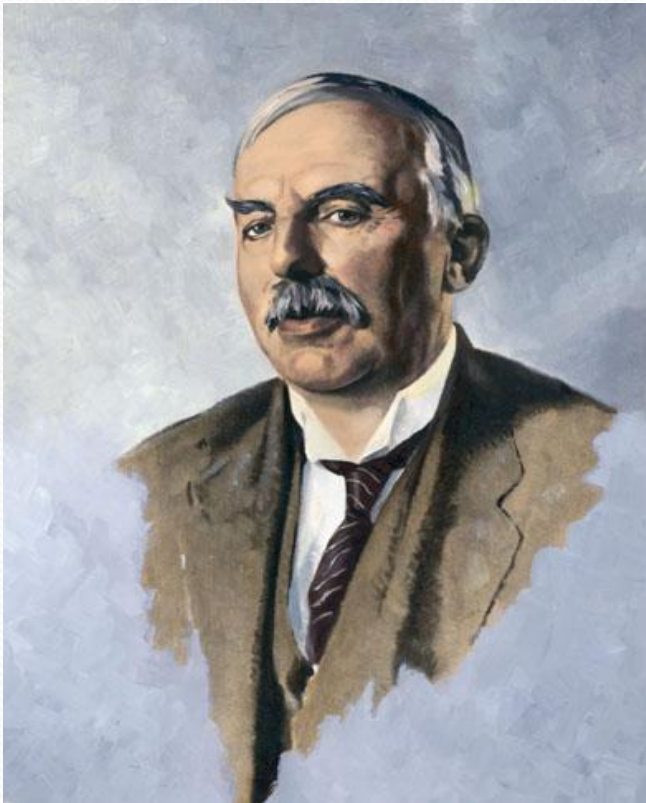
В конце 19-го века открыл электрон. Масса электрона оказалась примерно в две тысячи раз меньше массы самого “лёгкого” атома, а это означало, что электроны каким-то образом входят в состав атомов, то есть атомы должны быть составными объектами.

Модель атома Томсона

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



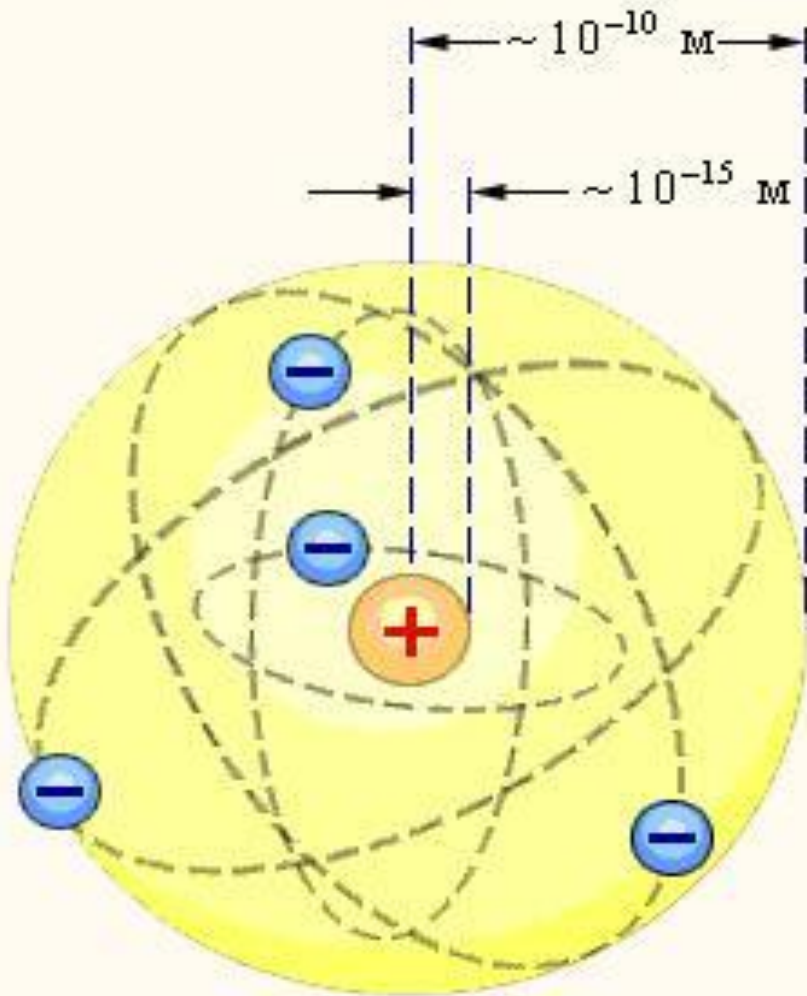
Эрнест Резерфорд (1871-1937)



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.

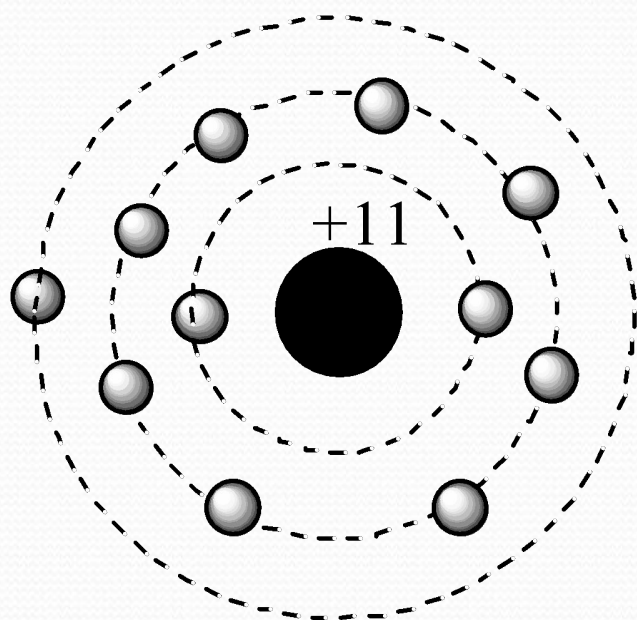
электроны движутся вокруг ядра по круговым и эллиптическим орбитам, как планеты вокруг Солнца :

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**: $A = Z + N$

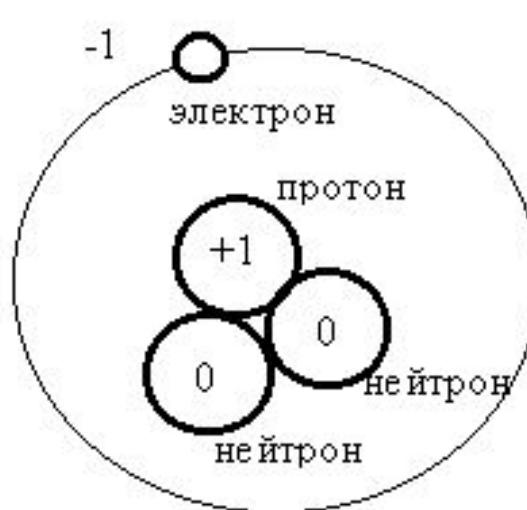
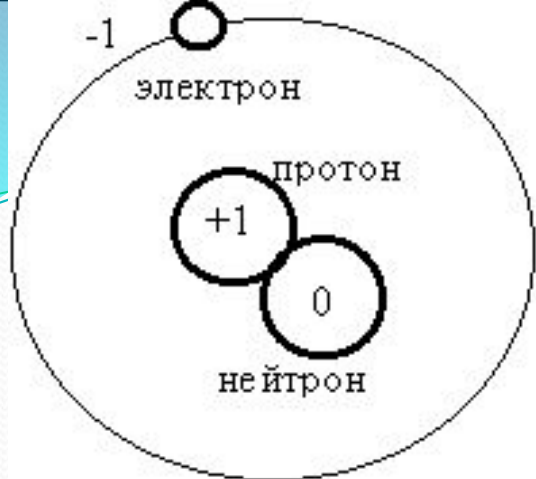
Обозначение ядер: ${}_Z^A X$, где X обозначение химического элемента.

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

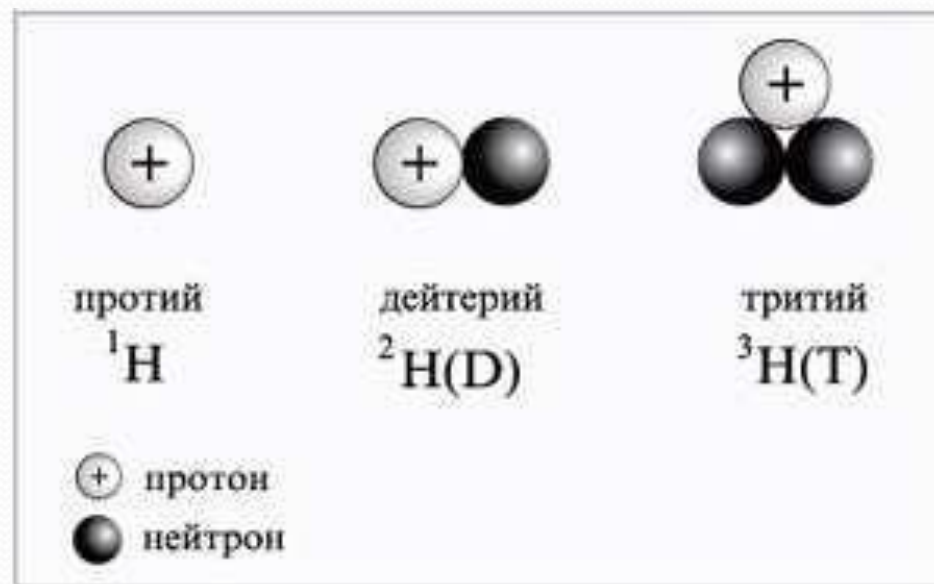
ИЗОТОПЫ.

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



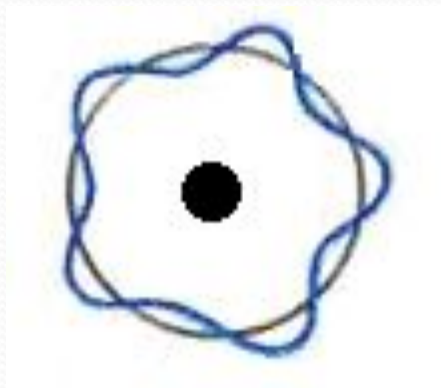
Ядра изотопов водорода

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

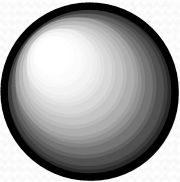

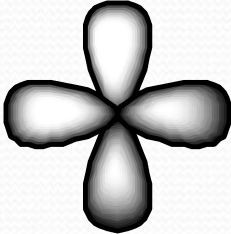
энергетических уровней (электронных слоев или оболочек), отвечающих определенным значениям *главного квантового числа - n* .

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,

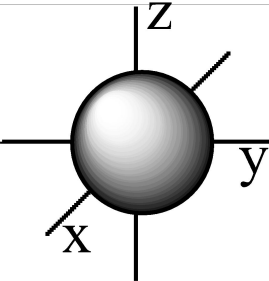
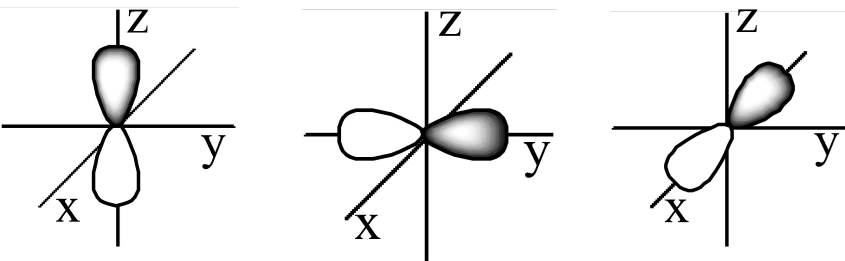
p -состоянию – три,

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 .

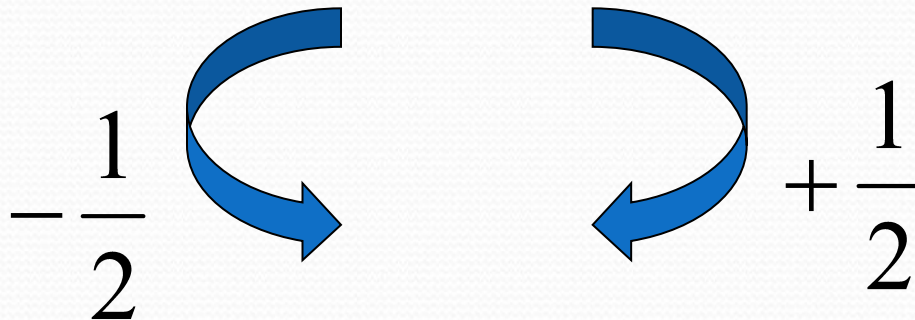
Все орбитали, принадлежащие одному подуровню данного энергетического уровня, имеют одинаковую энергию в отсутствии магнитного поля (вырожденные).

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"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <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...



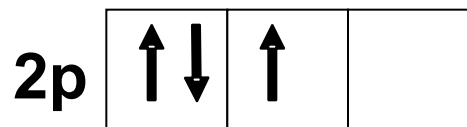
Увеличение E

Последовательность заполнения электронами уровней и подуровней:

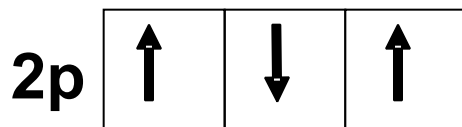
$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^6 5s^2 4d^{10} 5p^6 6s^2$

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

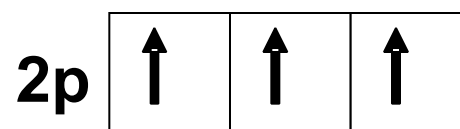
При наличии однотипных орбиталей их заполнение происходит в соответствии с **правилом Хунда**: в пределах энергетического подуровня электроны располагаются так, чтобы их суммарный спин был максимальным. Например,



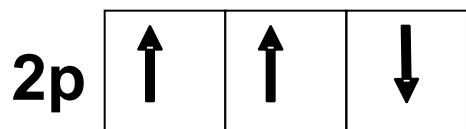
$$\frac{1}{2} + \underset{\text{и}}{\overset{\text{ж}}{3}} - \frac{1}{2} \underset{\text{ш}}{\overset{\text{ц}}{4}} + \frac{1}{2} = \frac{1}{2}$$



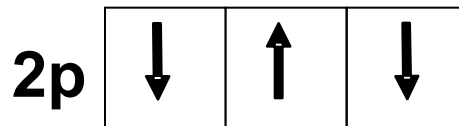
$$\frac{1}{2} + \underset{\text{и}}{\overset{\text{ж}}{3}} - \frac{1}{2} \underset{\text{ш}}{\overset{\text{ц}}{4}} + \frac{1}{2} = \frac{1}{2}$$



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



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



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

↑
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																Электронная конфигурация
		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								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 50,942	Cr ХРОМ 51,996	Mn МАРГАНЕЦ 54,938	Fe ЖЕЛЕЗО 55,845	Co КОБАЛЬТ 58,933	Ni НИКЕЛЬ 58,71							
	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									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 102,906	Pd ПАЛЛАДИЙ 106,42							
	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									Xe КСЕНОН 131,3
6	8	Cs ЦЕЗИЙ 132,905	Ba БАРИЙ 137,34	La-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 РУТЬ 200,59	Tl ТАЛЛИЙ 204,37	Pb СВИНЕЦ 207,19	Bi ВИСМУТ 208,98	Po ПОЛОНИЙ [209]	At АСТАТ [210]	Rn РАДОН [222]									Rn РАДОН [222]
7	10	Fr ФРАНЦИЙ [223]	Ra РАДИЙ [226]	Ac-103 АКТИНОИДЫ	Rf РЕЗЕРФОРДИЙ [261]	Db ДУБИЙ [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 МЕНДЕЛЕВИЙ [258]	102 No НОБЕЛИЙ [259]	103 Lr ЛОУРЕНСКИЙ [260]
----------------------------------	----------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------	-----------------------------------	----------------------------------	----------------------------------	--------------------------------	----------------------------------	-------------------------------------	-------------------------------------	----------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------	--------------------------------------

Символы элементов

Названия элементов

Относительная атомная масса

Group 1 IUPAC 1989 Groups IA...VIII...0 IUPAC 1970 Группы 1...18 ИЮПАК, 1989 Группы IA...VIII...0 ИЮПАК, 1970		13 IIIA										14 IVA										15 VA										16 VIA										17 VIIA										18 0									
Period	1 H	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																											
Период	1 H	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																											
1	1.00794	4.002602		6.941		9.012182		10.811		12.011		14.00674		15.9994		18.9984032		20.1797		22.989770		24.3050		26.981538		28.0855		30.973761		32.066		35.4527		39.948																											
2	1s ²	1s ²		[He]2s ²		[He]2s 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		[Ne]3s ²		[Ne]3s ²		[Ne]3s ² 3p ¹		[Ne]3s ² 3p ²		[Ne]3s ² 3p ³		[Ne]3s ² 3p ⁴		[Ne]3s ² 3p ⁵		[Ne]3s ² 3p ⁶																											
3	1s ² 2s ² 2p ⁶	1s ² 2s ² 2p ⁶		[He]2s ² 2p ⁶		[He]2s ² 2p ⁶		[He]2s ² 2p ⁶ 3s ²		[He]2s ² 2p ⁶ 3s ²		[He]2s ² 2p ⁶ 3s ²		[He]2s ² 2p ⁶ 3s ²		[He]2s ² 2p ⁶ 3s ²		[He]2s ² 2p ⁶ 3s ²		[Ne]3s ² 3p ⁶		[Ne]3s ² 3p ⁶		[Ne]3s ² 3p ⁶ 4s ¹		[Ne]3s ² 3p ⁶ 4s ²		[Ne]3s ² 3p ⁶ 4s ²		[Ne]3s ² 3p ⁶ 4s ²		[Ne]3s ² 3p ⁶ 4s ²		[Ne]3s ² 3p ⁶ 4s ²																											
4	1s ² 2s ² 2p ⁶ 3s ² 3p ⁶	1s ² 2s ² 2p ⁶ 3s ² 3p ⁶		[Ne]3s ² 3p ⁶		[Ne]3s ² 3p ⁶		[Ne]3s ² 3p ⁶ 4s ²		[Ne]3s ² 3p ⁶ 4s ²		[Ne]3s ² 3p ⁶ 4s ²		[Ne]3s ² 3p ⁶ 4s ²		[Ne]3s ² 3p ⁶ 4s ²		[Ne]3s ² 3p ⁶ 4s ²		[Ne]3s ² 3p ⁶ 4s ² 4p ¹		[Ne]3s ² 3p ⁶ 4s ² 4p ²		[Ne]3s ² 3p ⁶ 4s ² 4p ²		[Ne]3s ² 3p ⁶ 4s ² 4p ²		[Ne]3s ² 3p ⁶ 4s ² 4p ²		[Ne]3s ² 3p ⁶ 4s ² 4p ²		[Ne]3s ² 3p ⁶ 4s ² 4p ²		[Ne]3s ² 3p ⁶ 4s ² 4p ²																											
5	1s ² 2s ² 2p ⁶ 3s ² 3p ⁶ 4s ²	1s ² 2s ² 2p ⁶ 3s ² 3p ⁶ 4s ²		[Ar]4s ¹		[Ar]4s ¹		[Ar]4s ¹ 4d ¹		[Ar]4s ¹ 4d ¹		[Ar]4s ¹ 4d ¹		[Ar]4s ¹ 4d ¹		[Ar]4s ¹ 4d ¹		[Ar]4s ¹ 4d ¹		[Kr]5s ¹		[Kr]5s ¹		[Kr]5s ¹ 4d ¹		[Kr]5s ¹ 4d ¹		[Kr]5s ¹ 4d ¹		[Kr]5s ¹ 4d ¹		[Kr]5s ¹ 4d ¹		[Kr]5s ¹ 4d ¹		[Kr]5s ¹ 4d ¹																									
6	1s ² 2s ² 2p ⁶ 3s ² 3p ⁶ 4s ² 4p ⁶	1s ² 2s ² 2p ⁶ 3s ² 3p ⁶ 4s ² 4p ⁶		[Ar]4s ¹		[Ar]4s ¹		[Ar]4s ¹ 4d ¹		[Ar]4s ¹ 4d ¹		[Ar]4s ¹ 4d ¹		[Ar]4s ¹ 4d ¹		[Ar]4s ¹ 4d ¹		[Ar]4s ¹ 4d ¹		[Kr]5s ¹		[Kr]5s ¹		[Kr]5s ¹ 4d ¹		[Kr]5s ¹ 4d ¹		[Kr]5s ¹ 4d ¹		[Kr]5s ¹ 4d ¹		[Kr]5s ¹ 4d ¹		[Kr]5s ¹ 4d ¹		[Kr]5s ¹ 4d ¹																									
7	1s ² 2s ² 2p ⁶ 3s ² 3p ⁶ 4s ² 4p ⁶ 5s ²	1s ² 2s ² 2p ⁶ 3s ² 3p ⁶ 4s ² 4p ⁶ 5s ²		[Ar]4s ¹		[Ar]4s ¹		[Ar]4s ¹ 4d ¹		[Ar]4s ¹ 4d ¹		[Ar]4s ¹ 4d ¹		[Ar]4s ¹ 4d ¹		[Ar]4s ¹ 4d ¹		[Ar]4s ¹ 4d ¹		[Kr]5s ¹		[Kr]5s ¹		[Kr]5s ¹ 4d ¹		[Kr]5s ¹ 4d ¹		[Kr]5s ¹ 4d ¹		[Kr]5s ¹ 4d ¹		[Kr]5s ¹ 4d ¹		[Kr]5s ¹ 4d ¹		[Kr]5s ¹ 4d ¹																									
8	1s ² 2s ² 2p ⁶ 3s ² 3p ⁶ 4s ² 4p ⁶ 5s ² 5p ⁶	1s ² 2s ² 2p ⁶ 3s ² 3p ⁶ 4s ² 4p ⁶ 5s ² 5p ⁶		[Ar]4s ¹		[Ar]4s ¹		[Ar]4s ¹ 4d ¹		[Ar]4s ¹ 4d ¹		[Ar]4s ¹ 4d ¹		[Ar]4s ¹ 4d ¹		[Ar]4s ¹ 4d ¹		[Ar]4s ¹ 4d ¹		[Kr]5s ¹		[Kr]5s ¹		[Kr]5s ¹ 4d ¹		[Kr]5s ¹ 4d ¹		[Kr]5s ¹ 4d ¹		[Kr]5s ¹ 4d ¹		[Kr]5s ¹ 4d ¹		[Kr]5s ¹ 4d ¹		[Kr]5s ¹ 4d ¹																									
9	1s ² 2s ² 2p ⁶ 3s ² 3p ⁶ 4s ² 4p ⁶ 5s ² 5p ⁶ 6s ²	1s ² 2s ² 2p ⁶ 3s ² 3p ⁶ 4s ² 4p ⁶ 5s ² 5p ⁶ 6s ²		[Ar]4s ¹		[Ar]4s ¹		[Ar]4s ¹ 4d ¹		[Ar]4s ¹ 4d ¹		[Ar]4s ¹ 4d ¹		[Ar]4s ¹ 4d ¹		[Ar]4s ¹ 4d ¹		[Ar]4s ¹ 4d ¹		[Kr]5s ¹		[Kr]5s ¹		[Kr]5s ¹ 4d ¹		[Kr]5s ¹ 4d ¹		[Kr]5s ¹ 4d ¹		[Kr]5s ¹ 4d ¹		[Kr]5s ¹ 4d ¹		[Kr]5s ¹ 4d ¹		[Kr]5s ¹ 4d ¹																									
10	1s ² 2s ² 2p ⁶ 3s ² 3p ⁶ 4s ² 4p ⁶ 5s ² 5p ⁶ 6s ² 6p ⁶	1s ² 2s ² 2p ⁶ 3s ² 3p ⁶ 4s ² 4p ⁶ 5s ² 5p ⁶ 6s ² 6p ⁶		[Ar]4s ¹		[Ar]4s ¹		[Ar]4s ¹ 4d ¹		[Ar]4s ¹ 4d ¹		[Ar]4s ¹ 4d ¹		[Ar]4s ¹ 4d ¹		[Ar]4s ¹ 4d ¹		[Ar]4s ¹ 4d ¹		[Kr]5s ¹		[Kr]5s ¹		[Kr]5s ¹ 4d ¹		[Kr]5s ¹ 4d ¹		[Kr]5s ¹ 4d ¹		[Kr]5s ¹ 4d ¹		[Kr]5s ¹ 4d ¹		[Kr]5s ¹ 4d ¹		[Kr]5s ¹ 4d ¹																									
11	1s ² 2s ² 2p ⁶ 3s ² 3p ⁶ 4s ² 4p ⁶ 5s ² 5p ⁶ 6s ² 6p ⁶ 7s ²	1s ² 2s ² 2p ⁶ 3s ² 3p ⁶ 4s ² 4p ⁶ 5s ² 5p ⁶ 6s ² 6p ⁶ 7s ²		[Ar]4s ¹		[Ar]4s ¹		[Ar]4s ¹ 4d ¹		[Ar]4s ¹ 4d ¹		[Ar]4s ¹ 4d ¹		[Ar]4s ¹ 4d ¹		[Ar]4s ¹ 4d ¹		[Ar]4s ¹ 4d ¹		[Kr]5s ¹		[Kr]5s ¹		[Kr]5s ¹ 4d ¹		[Kr]5s ¹ 4d ¹		[Kr]5s ¹ 4d ¹		[Kr]5s ¹ 4d ¹		[Kr]5s ¹ 4d ¹		[Kr]5s ¹ 4d ¹		[Kr]5s ¹ 4d ¹																									
12	1s ² 2s ² 2p ⁶ 3s ² 3p ⁶ 4s ² 4p ⁶ 5s ² 5p ⁶ 6s ² 6p ⁶ 7s ² 7p ⁶	1s ² 2s ² 2p ⁶ 3s ² 3p ⁶ 4s ² 4p ⁶ 5s ² 5p ⁶ 6s ² 6p ⁶ 7s ² 7p ⁶		[Ar]4s ¹		[Ar]4s ¹		[Ar]4s ¹ 4d ¹		[Ar]4s ¹ 4d ¹		[Ar]4s ¹ 4d ¹		[Ar]4s ¹ 4d ¹		[Ar]4s ¹ 4d ¹		[Ar]4s ¹ 4d ¹		[Kr]5s ¹		[Kr]5s ¹		[Kr]5s ¹ 4d ¹		[Kr]5s ¹ 4d ¹		[Kr]5s ¹ 4d ¹		[Kr]5s ¹ 4d ¹		[Kr]5s ¹ 4d ¹		[Kr]5s ¹ 4d ¹		[Kr]5s ¹ 4d ¹																									
13	1s ² 2s ² 2p ⁶ 3s ² 3p ⁶ 4s ² 4p ⁶ 5s ² 5p ⁶ 6s ² 6p ⁶ 7s ² 7p ⁶ 8s ²	1s ² 2s ² 2p ⁶ 3s ² 3p ⁶ 4s ² 4p ⁶ 5s ² 5p ⁶ 6s ² 6p ⁶ 7s ² 7p ⁶ 8s ²		[Ar]4s ¹		[Ar]4s ¹		[Ar]4s ¹ 4d ¹		[Ar]4s ¹ 4d ¹		[Ar]4s ¹ 4d ¹		[Ar]4s ¹ 4d ¹		[Ar]4s ¹ 4d ¹		[Ar]4s ¹ 4d ¹		[Kr]5s ¹		[Kr]5s ¹		[Kr]5s ¹ 4d ¹		[Kr]5s ¹ 4d ¹		[Kr]5s ¹ 4d ¹		[Kr]5s ¹ 4d ¹		[Kr]5s ¹ 4d ¹		[Kr]5s ¹ 4d ¹		[Kr]5s ¹ 4d ¹																									
14	1s ² 2s ² 2p ⁶ 3s ² 3p ⁶ 4s ² 4p ⁶ 5s ² 5p ⁶ 6s ² 6p ⁶ 7s ² 7p ⁶ 8s ² 8p ⁶	1s ² 2s ² 2p ⁶ 3s ² 3p ⁶ 4s ² 4p ⁶ 5s ² 5p ⁶ 6s ² 6p ⁶ 7s ² 7p ⁶ 8s ² 8p ⁶		[Ar]4s ¹		[Ar]4s ¹		[Ar]4s ¹ 4d ¹		[Ar]4s ¹ 4d ¹		[Ar]4s ¹ 4d ¹		[Ar]4s ¹ 4d ¹		[Ar]4s ¹ 4d ¹		[Ar]4s ¹ 4d ¹		[Kr]5s ¹		[Kr]5s ¹		[Kr]5s ¹ 4d ¹		[Kr]5s ¹ 4d ¹		[Kr]5s ¹ 4d ¹		[Kr]5s ¹ 4d ¹		[Kr]5s ¹ 4d ¹		[Kr]5s ¹ 4d ¹		[Kr]5s ¹ 4d ¹																									
15	1s ² 2s ² 2p ⁶ 3s ² 3p ⁶ 4s ² 4p ⁶ 5s ² 5p ⁶ 6s ² 6p ⁶ 7s ² 7p ⁶ 8s ² 8p ⁶ 9s ²	1s ² 2s ² 2p ⁶ 3s ² 3p ⁶ 4s ² 4p ⁶ 5s ² 5p ⁶ 6s ² 6p ⁶ 7s ² 7p ⁶ 8s ² 8p ⁶ 9s ²		[Ar]4s ¹		[Ar]4s ¹		[Ar]4s ¹ 4d ¹		[Ar]4s ¹ 4d ¹		[Ar]4s ¹ 4d ¹		[Ar]4s ¹ 4d ¹		[Ar]4s ¹ 4d ¹		[Ar]4s ¹ 4d ¹		[Kr]5s ¹		[Kr]5s ¹		[Kr]5s ¹ 4d ¹		[Kr]5s ¹ 4d ¹		[Kr]5s ¹ 4d ¹		[Kr]5s ¹ 4d ¹		[Kr]5s ¹ 4d ¹		[Kr]5s ¹ 4d ¹		[Kr]5s ¹ 4d ¹																									
16	1s ² 2s ² 2p ⁶ 3s ² 3p ⁶ 4s ² 4p ⁶ 5s ² 5p ⁶ 6s ² 6p ⁶ 7s ² 7p ⁶ 8s ² 8p ⁶ 9s ² 9p ⁶	1s ² 2s ² 2p ⁶ 3s ² 3p ⁶ 4s ² 4p ⁶ 5s ² 5p ⁶ 6s ² 6p ⁶ 7s ² 7p ⁶ 8s ² 8p ⁶ 9s ² 9p ⁶		[Ar]4s ¹		[Ar]4s ¹		[Ar]4s ¹ 4d ¹		[Ar]4s ¹ 4d ¹		[Ar]4s ¹ 4d ¹		[Ar]4s ¹ 4d ¹		[Ar]4s ¹ 4d ¹		[Ar]4s ¹ 4d ¹		[Kr]5s ¹		[Kr]5s ¹		[Kr]5s ¹ 4d ¹		[Kr]5s ¹ 4d ¹		[Kr]5s ¹ 4d ¹		[Kr]5s ¹ 4d ¹		[Kr]5s ¹ 4d ¹		[Kr]5s ¹ 4d ¹		[Kr]5s ¹ 4d ¹																									
17	1s ² 2s ² 2p ⁶ 3s ² 3p ⁶ 4s ² 4p ⁶ 5s ² 5p ⁶ 6s ² 6p ⁶ 7s ² 7p ⁶ 8s ² 8p ⁶ 9s ² 9p ⁶ 10s ²	1s ² 2s ² 2p ⁶ 3s ² 3p ⁶ 4s ² 4p ⁶ 5s ² 5p ⁶ 6s ² 6p ⁶ 7s ² 7p ⁶ 8s ² 8p ⁶ 9s ² 9p ⁶ 10s ²		[Ar]4s ¹		[Ar]4s ¹		[Ar]4s ¹ 4d ¹		[Ar]4s ¹ 4d ¹		[Ar]4s ¹ 4d ¹		[Ar]4s ¹ 4d ¹		[Ar]4s ¹ 4d ¹		[Ar]4s ¹ 4d ¹		[Kr]5s ¹		[Kr]5s ¹		[Kr]5s ¹ 4d ¹																																					

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.

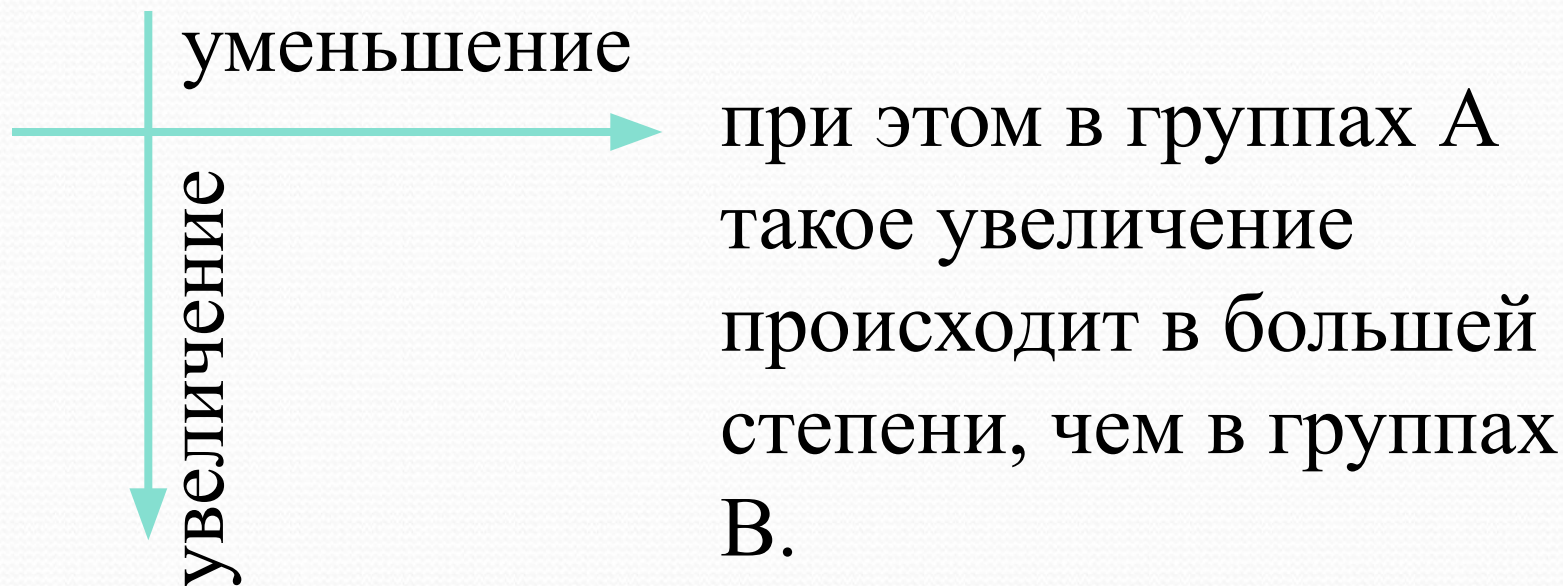
Элементы –аналоги, т.е. расположенные в одной подгруппе ПС, имеют одинаковое строение внешних электронных оболочек атомов при различных значениях n и поэтому проявляют сходные химические свойства.

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

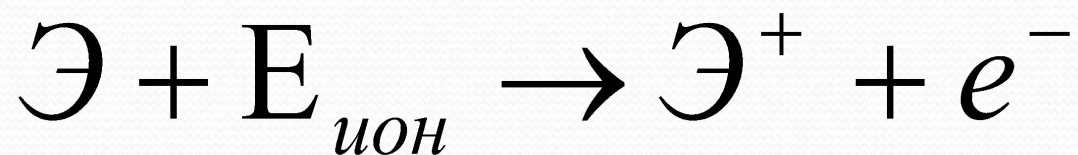
Эффективный атомный радиус – радиус сферы действия атома или иона



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

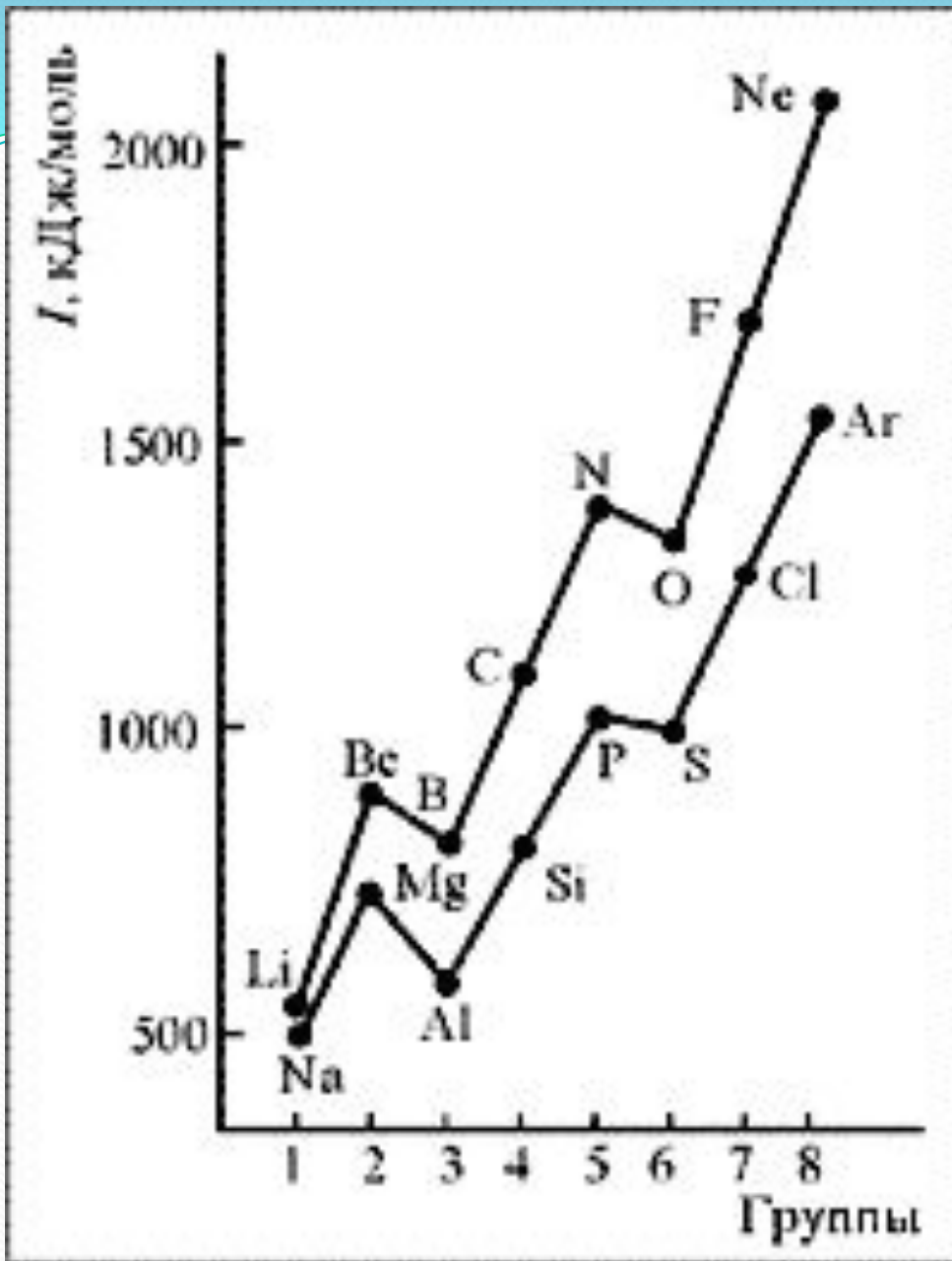
[кДж/моль] или [эВ/атом] ($1\text{эВ/атом} = 100\text{ кДж/моль.}$)

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



Характер изменения в периодах одинаков:

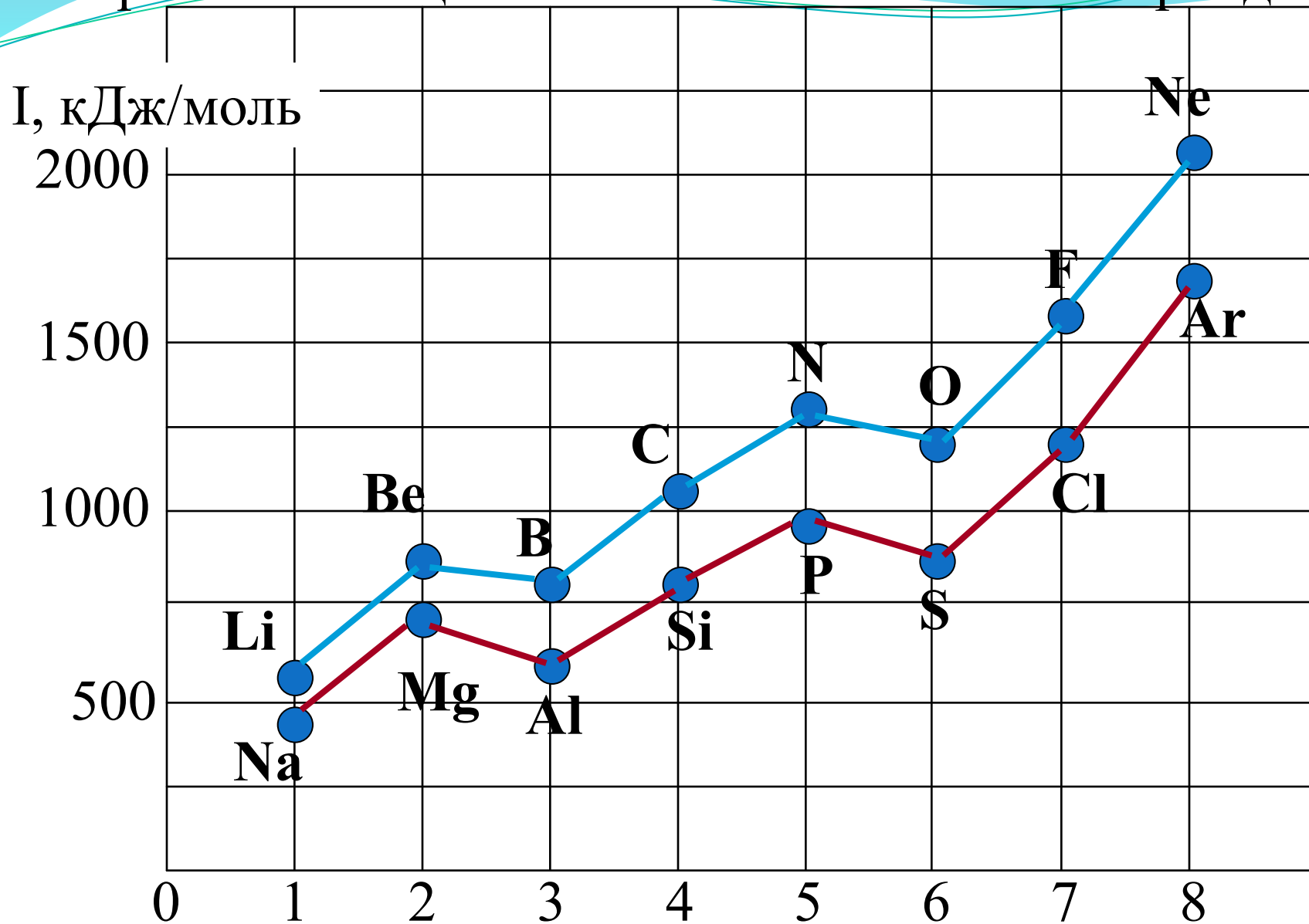
Энергии ионизации атомов элементов 2-го и 3-го периодов



Увеличивается
немонотонно

уменьшение

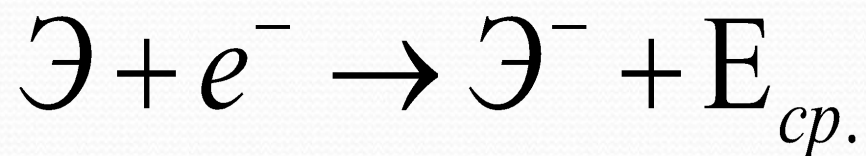
Энергии ионизации элементов II-го и III-го периодов



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

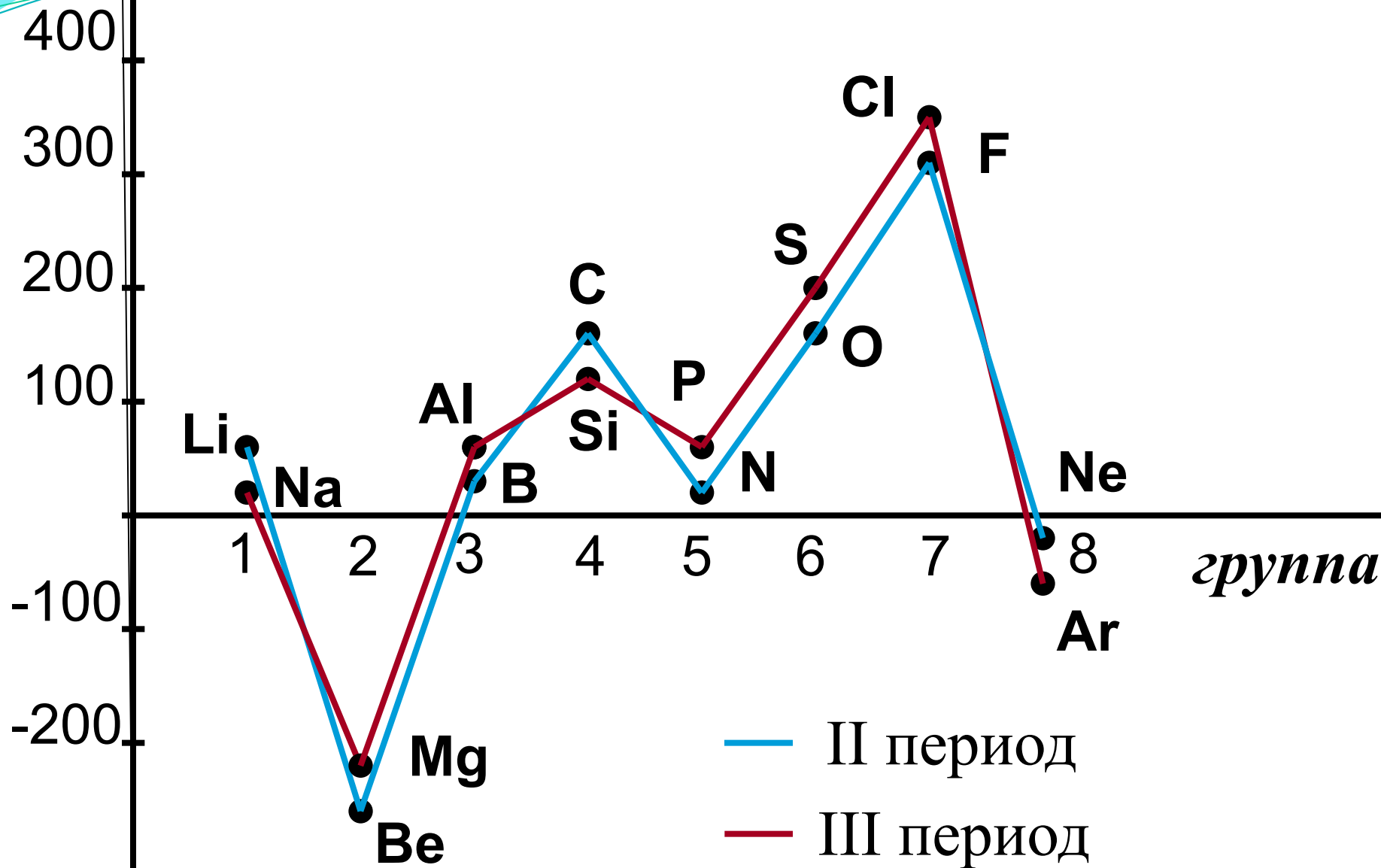
1. В периодах $E_{\text{ион}} \uparrow$, что вызвано сжатием электронной оболочки вследствие увеличения эфф. заряда ядра.
2. Атомы щелочных Me (ns^1) имеют самые низкие $E_{\text{ион}}$
3. Атомы благородных газов (ns^2np^6) имеют $\max E_{\text{ион}}$

2. Сродство к электрону ($E_{\text{ср.}}$)
[кДж/моль] или [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!