

Тема № 1

ПЕРИОДИЧЕСКИЙ ЗАКОН И ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА Д. И. МЕНДЕЛЕЕВА

Вторичная периодичность

Формулировки

«Свойства простых тел, а также формы и свойства соединений элементов находятся в периодической зависимости *от атомных весов (?) элементов*»

«Свойства простых тел, а также формы и свойства соединений элементов находятся в периодической зависимости от заряда ядра (!) атомов элементов»

Естественный ряд химических элементов ${}_1\text{H}$, ${}_2\text{He}$, ${}_3\text{Li}$ ${}_{108}\text{Hs}$, ${}_{109}\text{Mt}$ образует систему с периодическим изменением электронной конфигурации и свойств химических элементов, а также образуемых ими простых и сложных веществ.

Создание и эволюция Периодической системы

1. 8 элементов известны с древности – Fe, Ag, Au, Hg, Pb, S, C, Sn.
2. Получены в средние века – Zn, As, Sb, Bi, P.
3. XVIII век – Ni, Zr, Mo, Te, Ba, Pt, H, Be, N, O, F, Cl, T, Cr, Mn, Co.
4. XIX век – He, Li, B, Ne, Na, Mg, Al, Si, Ar, K, Ca, Sc, V, Ga, Ge, Se, Br, Kr, Rb, Sr, Y, Nb, Ru, Rh, Pd, In, I, Xe, Cs, La, лантаноиды, актиноиды.

С середины XIX-XX вв. - систематизация и уточнение разрозненных сведений о природе химических элементов.

ПОИСК ФУНДАМЕНТАЛЬНОГО ЗАКОНА!!!!

Попытки классификации химических элементов до Д.И. Менделеева

...По мере возрастания числа открытых химических элементов возникала естественная необходимость их классификации и систематизации...

Первая попытка – А. Лавуазье

в конце XVIII века А.Лавуазье, выделил 4 класса:

- 1.газы и флюиды (свет и тепло),
- 2.металлы,
- 3.неметаллы,
- 4.«земли» (оказавшиеся оксидами).



ЛАВУАЗЬЕ (Lavoisier), Антуан Лоран. 26 августа 1743 г. – 8 мая 1794 г.



Получил в 1774 кислород, создал кислородную теорию горения. Считал воздух источником питательных веществ для растений

Имя А. Лавуазье внесено в список величайших учёных Франции, помещённый на первом этаже [Эйфелевой башни](#).

Таблица простых тел Лавуазье

*Простые металлические вещества, способные окисляться
и образовывать кислоты*

Новые названия		Старые названия
Антимоний (сурьма)		Антимоний (сурьма)
Мышьяк		Мышьяк
Висмут		Висмут
Кобальт		Кобальт
Медь		Медь
Золото		Золото
Железо		Железо
Свинец		Свинец
Марганец		Марганец
Ртуть		Ртуть
Молибден		Молибден
Никель		Никель
Платина		Платина
Серебро		Серебро
Олово		Олово
Вольфрам		Вольфрам
Цинк	Металлические корольки	Цинк

Простые солеобразующие вещества земного происхождения

Новые названия		Старые названия
Известь	{	Мел, известковая земля, гашеная известь
Магнезия	{	Магнезия, основание эпсомской соли, обожженная или кальцинированная магнезия
Бариты		Бариты или тяжелая земля
Глинозем		Глина, квасцовая земля
Кремнезем		Кремнистая земля, или остекловывающаяся земля

ТРИАДЫ И. Доберейнера

В 1817 году немецкий ученый И. Доберейнер располагает все известные элементы отдельными триадами (публ. 1829 г.):

- 1) Li, Na, K;
- 2) Ca, Sr, Ba;
- 3) P, As, Sb;
- 4) S, Se, Te;
- 5) Cl, Br, J (I);

И(!) обнаруживает интересную закономерность:

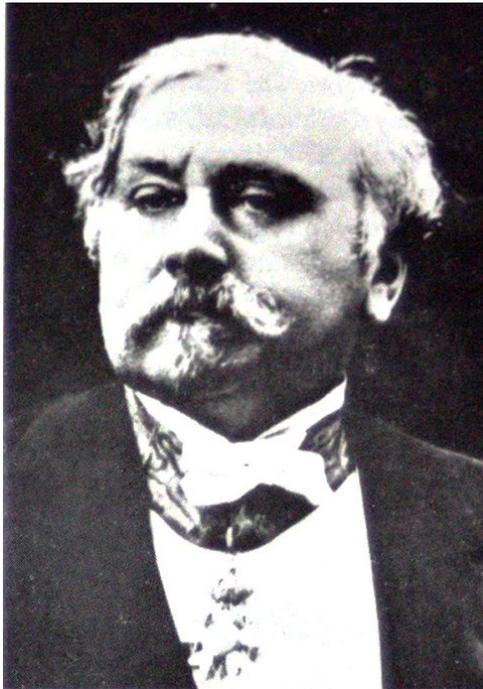
масса атома среднего элемента равна среднеарифметическому из масс крайних элементов, например: $Ar_{Na} = (Ar_{Li} + Ar_{K})/2 = (6,94 + 39,1)/2 = 23$.

Эта закономерность занимала умы многих химиков, и в 1857 году Ленсеен 60 известных к тому времени элементов располагает в 20 триад. Многие ученые понимали, что элементы связаны каким-то, пока неясным внутренним родством..., однако причины открытых закономерностей не выявлялись.

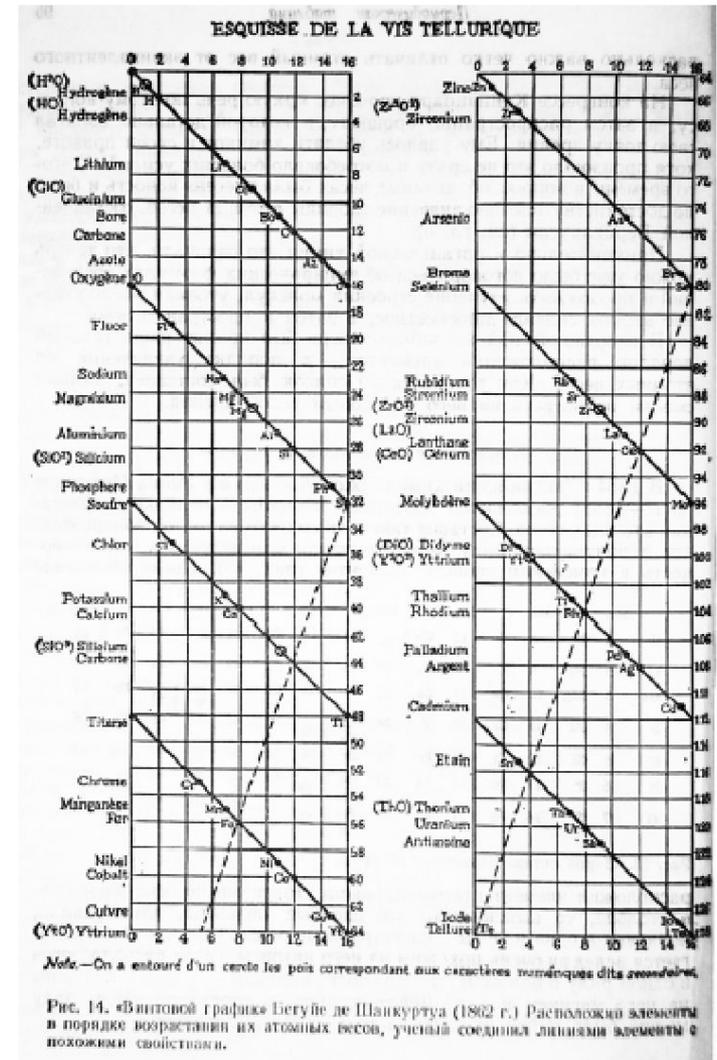
1862 г. СПИРАЛЬ де Шанкуртуа

Александр Эмиль Бегуйе Де Шанкуртуа

20 января 1820 г. – 14 ноября 1886 г.

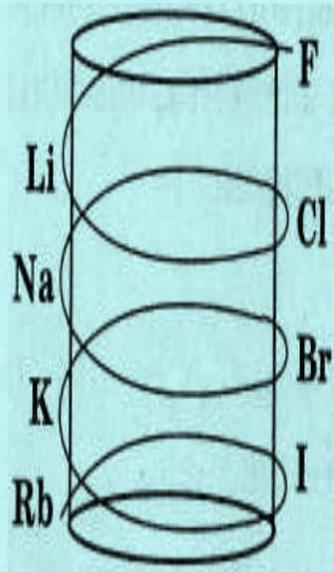


Французский геолог и химик родился в Париже.
 С 1848 г. Шанкуртуа преподавал в высшей Горной школе, с 1852 г. – профессор геологии.



«Земная спираль» Шанкуртуа

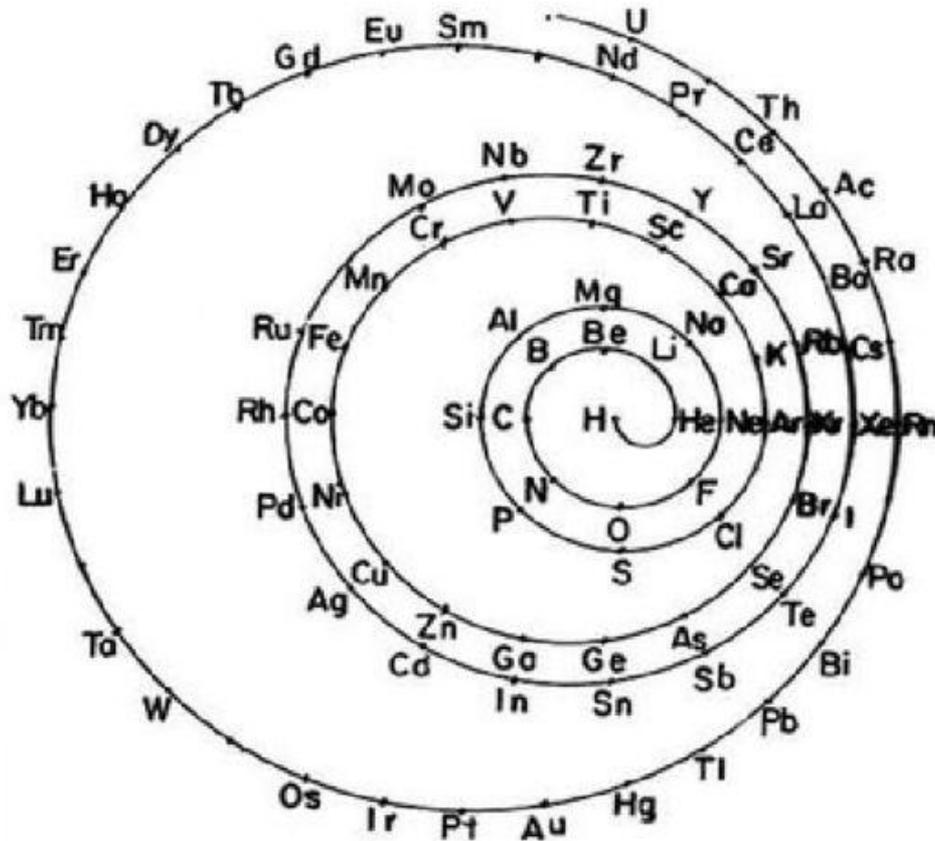
Шанкуртуа разместил элементы вдоль винтовой линии и отметил частое циклическое повторение химических свойств по вертикали.



Как химик Шанкуртуа известен тем, что в 1862 предложил систематизацию химических элементов, основанную на закономерном изменении атомных масс — т. н. «Земную спираль». Александр де Шанкуртуа располагал все известные в то время химические элементы в единой последовательности возрастания их атомных масс.

- расположение в порядке возрастания атомных масс- похожие элементы попадают в вертикальные столбцы

1862 г. СПИРАЛЬ де Шанкуртуа



Недостатком спирали де Шанкуртуа было то обстоятельство, что на одной линии с близкими по своей химической природе элементами оказывались при этом и элементы совсем иного химического поведения. В группу щелочных металлов попадал марганец, в группу кислорода и серы - ничего общего с ними не имеющий титан.

- 1864 г. **Закон ОКТАВ** английского ученого **А.Ньюлендса**:
- элементы располагаются в порядке возрастания атомных масс, свойства повторяются в каждой восьмой позиции

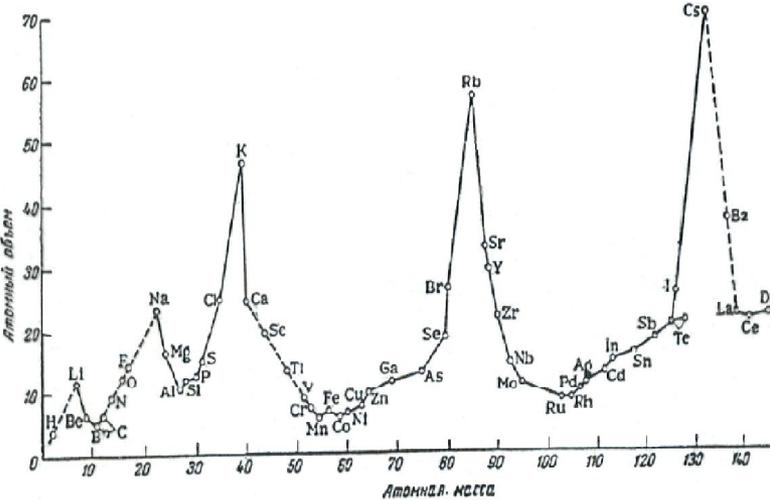
№	№	№	№	№	№	№	№
H 1	F 8	Cl 15	Co и Ni 22	Br 29	Pd 36	I 42	Pt и Ir 50
Li 2	Na 9	K 16	Cu 23	Rb 30	Ag 37	Cs 44	Tl 53
G 3	Mg 10	Cd 17	Zn 25	Sr 31	Cd 38	Ba и V 45	Pb 54
Jo 4	Al 11	Cr 19	Y 24	Ce и La 33	U 40	Ta 46	Th 56
C 5	Si 12	Ti 18	In 26	Zr 32	Sn 39	W 47	Hg 52
N 6	P 13	Mn 20	As 27	Di* и Mo 34	Sb 41	Nb 48	Bi 55
O 7	S 14	Fe 21	Sc 28	Ro* и Ru 35	Te 43	Au 49	Os 51

в периоде не более 8 элементов ???

- 1864 г. классификация Олдинга
 элементы располагаются в
 порядке возрастания их атомных
 масс и валентности

			Mo 96 — Pd 106,5	W 184 Au 196,5 Pt 197
Li 7 G 9 B 11 C 12 N 14 O 16 F 19	Na 23 Mg 24 Al 27,5 Si 28 P 31 S 32 Cl 35,5	— Zn 65 — — As 75 Se 79,5 Br 80	Ag 108 Cd 112 — Sn 118 Sb 122 Te 129 I 127	— Hg 200 Tl 203 Pb 207 Bi 210 — —
	K 39 Ca 40 Ti 48 Cr 52,5 Mn 55	Rb 85 Sr 87,5 Zr 89,5 — —	Cs 133 Ba 137 — V 138 —	Th 231

-1970 г. немецкого ученого Л.Мейер (независимо от Д.И. Менделеева объединил
 элементы в группы, но опубликовал свою работу на 1 год позже!): расположение
 в порядке возрастания атомных масс и атомных объемов.



I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
	B 11 C 12	Al 27,3 Si 28	—	—	—	?In 113,4 Sn 117,8	—	Tl 202,7 Pb 206,4
	N 14	P 30,9	Ti 48	As 74,9	Zr 89,7	Sb 122,1	—	Bi 207,5
	O 16	S 32	V 51,2	Se 78	Nb 93,7	Te 128	Ta 182,2	
	F 19,1	Cl 35,4	Cr 52,4	Br 79,75	Mo 95,6	I 126,5	W 183,5	
			Mn 54,8 Fe 55,9 Ni 58,6		Ru 103,5 Rh 104,1 Rb 106,2		Os 198,62 Ir 196,7 Pt 196,7	
Li 7,0	Na 22,9	K 39	Co =				Cs 132,7	
?Be 9,3	Mg 23,9	Ca 39,9	Cu 63,3	Rb 85,2	Ag 107,7		Ba 136,8	Au 192,2
			Zn 64,9	Sr 87	Cd 111,6			Hg 199,3

Включает и «октавы» Ньюлендса и «триады» Деберейнера

Недостатки таблицы Л. Мейера: некоторые элементы расположены неверно, цель работы – формальная классификация известных к тому времени простых веществ

-1869 г. **Периодический ЗАКОН** и **Периодическая таблица**
Д.И. Менделеева

**СВОЙСТВА ПРОСТЫХ ВЕЩЕСТВ, А ТАКЖЕ ФОРМЫ И СВОЙСТВА
СОЕДИНЕНИЙ ЭТИХ ЭЛЕМЕНТОВ НАХОДЯТСЯ В ПЕРИОДИЧЕСКОЙ
ЗАВИСИМОСТИ ОТ АТОМНЫХ МАСС ЭЛЕМЕНТОВ**

Менделеев не принимал атомную массу элемента, как абсолютную величину. При определении положения элемента в таблице дополнительно учитывались химические свойства элемента.

РЕЗУЛЬТАТ:

уточнение атомных масс известных элементов

предсказание свойств новых элементов

УНИВЕРСАЛЬНЫЙ ЗАКОН!!!!

Первоначальная периодическая таблица Д. И. Менделеева

ОПЫТЪ СИСТЕМЫ ЭЛЕМЕНТОВЪ.

ОСНОВАННОЙ НА ИХЪ АТОМНОМЪ ВѢСѢ И ХИМИЧЕСКОМЪ СХОДСТВѢ.

		Ti = 50	Zr = 90	? = 180.	
		V = 51	Nb = 94	Ta = 182.	
		Cr = 52	Mo = 96	W = 186.	
		Mn = 55	Rh = 104,4	Pt = 197,4	
		Fe = 56	Ru = 104,4	Ir = 198.	
		Ni = Co = 59	Pt = 106,6	Os = 199.	
		Cu = 63,4	Ag = 108	Hg = 200.	
H = 1					
	Be = 9,4	Mg = 24	Zn = 65,2	Cd = 112	
	B = 11	Al = 27,4	? = 68	U = 116	Au = 197?
	C = 12	Si = 28	? = 70	Sn = 118	
	N = 14	P = 31	As = 75	Sb = 122	Bi = 210?
	O = 16	S = 32	Se = 79,4	Te = 128?	
	F = 19	Cl = 35,5	Br = 80	I = 127	
Li = 7	Na = 23	K = 39	Rb = 85,4	Cs = 133	Tl = 204.
		Ca = 40	Sr = 87,6	Ba = 137	Pb = 207.
		? = 45	Ce = 92		
		?Er = 56	La = 94		
		?Yt = 60	Di = 95		
		?In = 75,6	Th = 118?		

1 марта 1869 г.

Расположение в порядке возрастания атомных весов (масс), но:

-изменил атомные веса ряда элементов (U – 240, «последний» элемент)

-сформулировал понятия о группах, малых и больших периодах (оценил их «емкость»),

-назвал систему «естественной»,

-предсказал существование новых элементов (экабор – Sc, экаалюминий – Ga, экасилиций – Ge)

Открытие элементов, предсказанных Д.И. Менделеевым

(экабор(Sc), экасилиций (Ge), экаалюминий(Ga),

-В 1875 г. французский химик **Лекок де Буабодран** открыл новый элемент, и назвал его **галлием**. Свойства открытого элемента соответствовали предсказанному Дмитрием Ивановичем экаалюминию. Однако сначала плотность отличалась от предсказанной Менделеевым, о чем он написал в журнал «Парижский альманах». Французский химик продолжил определение плотности с чистым веществом, и она соответствует менделеевской.

-В 1879 году шведский химик **Ларс Нильсон** открыл **скандий**, предсказанный Менделеевым как экабор. Он писал: «Нет никакого сомнения, что в скандии открыт экабор. Мысли русского химика подтверждаются самым наглядным образом».

-В 1876 г. немецкий ученый **Винклер** открыл **германий**, предсказанный Д. И. Менделеевым как экасилиций. Он писал: «Вряд ли может существовать более яркое доказательство справедливости учения о периодичности элементов, чем открытие до сих пор гипотетического экасилиция; оно составляет, конечно, более чем простое подтверждение смелой теории, - оно знаменует собою выдающееся расширение химического поля зрения, гигантский шаг в области познания».

Периодическая таблица Д. И. Менделеева (1871 г.)

Ряд	Группа I R, O	Группа II RO	Группа III R, O ₂	Группа IV RH ₄ , RO ₂	Группа V RH ₃ , R ₂ O ₃	Группа VI RH ₂ , RO ₂	Группа VII RH R, O ₂	Группа VIII RO ₂	
1	H = 1								
2	Li = 7	Be = 9,4	B = 11	C = 12	N = 14	O = 16	F = 19		
3	Na = 23	Mg = 24	Al = 27,3	Si = 28	P = 31	S = 32	Cl = 35,5		
4	K = 39	Ca = 40	— = 44	Ti = 48	V = 51	Cr = 52	Mn = 55	Fe = 56	Co = 59
5	(Cu = 63)	Zn = 65	— = 68	— = 72	As = 75	Se = 78	Br = 80	Ni = 59	Cu = 63
6	Rb = 85	Sr = 87	?Yt = 88	Zr = 90	Nb = 94	Mo = 96	— = 100	Ru = 104	Rh = 104
7	(Ag = 108)	Cd = 112	In = 113	Sn = 118	Sb = 122	Te = 125	I = 127	Pd = 106	Ag = 108
8	Cs = 133	Ba = 137	?Di = 138	?Ce = 140	—	—	—	—	—
9	(—)	—	—	—	—	—	—	—	—
10	—	—	?Er = 178	?La = 180	Ta = 182	W = 184	—	Os = 195	Ir = 197
11	(Au = 199)	Hg = 200	Tl = 204	Pb = 207	Bi = 208	—	—	Pt = 198	Au = 199
12	—	—	—	Th = 231	—	U = 240	—	—	—

Первая классическая короткая форма ПСЭ.
«Белые пятна»? РЗЭ? Трансурановые?

-1894-1900 гг. открытие благородных газов (Д.Рэлей, У. Рамзай, В. Дорн) привело к появлению новой VIII группы элементов в составе ПС (между галогенами и щелочными металлами);

-1913- 1921 гг. развитие квантовых представлений , определение заряда ядра атома (Г. Мозли), теория строения атома (Н. Бор) привело к пересмотру представлений о причинах периодичности и отказу от атомной массы, как основной характеристики элемента.

СОВРЕМЕННАЯ ФОРМУЛИРОВКА ПЕРИОДИЧЕСКОГО ЗАКОНА:

Свойства элементов, а так же формы и свойства соединений элементов находятся в периодической зависимости от заряда ядра их атомов

РЕЗУЛЬТАТ:

-Устранение нарушений периодичности, вызванных различиями в изотопном составе элементов

Ar ($A_r=39.9$, $Z=+18$) расположен перед K ($A_r=39.1$, $Z=+19$)

Te ($A_r=127.6$, $Z=+52$) расположен перед I ($A_r=126.9$, $Z=+53$)

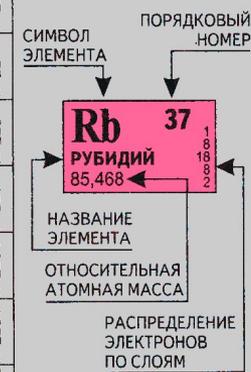
ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ Д.И.МЕНДЕЛЕЕВА

www.calc.ru



Д.И. Менделеев
1834–1907

Периоды	Ряды	Г Р У П П Ы Э Л Е М Е Н Т О В																Энергетические уровни	
		I		II		III		IV		V		VI		VII		VIII			
		a	б	a	б	a	б	a	б	a	б	a	б	a	б	б	a		
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 50,941	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 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
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]
7	10	Fr франций [223]	Ra радий [226]	актиноиды		Rf резерфордий [261]	Db дубний [262]	Sg сигборгий [263]	Bh борий [262]	Hn ханний [265]	Mt мейтнерий [268]	110							
ВЫСШИЕ ОКСИДЫ		R ₂ O	RO	R ₂ O ₃		RO ₂	R ₂ O ₅	RO ₃	R ₂ O ₇	RO ₄									
ЛЕТУЧИЕ ВОДОРОДНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ					RH ₄	RH ₃	H ₂ R	HR											



- s-элементы
- p-элементы
- d-элементы
- f-элементы

Л А Н Т А Н О И Д Ы

57 La лантан 138,905	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 238,029	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 энштейний [254]	100 Fm фермий [257]	101 Md менделевий [258]	102 No нобелий [259]	103 Lr лоуренсий [260]
----------------------------------	----------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------	-----------------------------------	-----------------------------------	----------------------------------	--------------------------------	----------------------------------	-------------------------------------	------------------------------------	----------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------	-------------------------------------

СТРУКТУРА ПЕРИОДИЧЕСКОЙ ТАБЛИЦЫ (короткая форма)

Горизонтальные ряды – ПЕРИОДЫ (1-7)

Малые (короткие) периоды (1,3) – 8 элементов

Большие (длинные) периоды (4-7) – 18, 18, 32, 32 + 2 семейства элементов - лантаноиды и актиноиды)

Вертикальные ряды – ГРУППЫ (I-VIII):

Главные подгруппы (A) – входят элементы малых и больших периодов

Побочные подгруппы (B) – входят элементы только больших периодов

Современная периодическая система элементов Д.И.Менделеева

Период	1	2	Атомная масса, относительная										13	14	15	16	17	18													
1	1.00794 1 H 1s ¹ -259.14 -252.87 2.021 Hydrogen Водород		186.207 75 Re [Xe] 4f ¹⁴ 5d ⁵ 6s ¹ 3180 5627 1.9/1.46 Rhenium Рений										10.811 5 B 2s ² 2p ¹ 22.10 -2000 2.04/2.01 Boron Бор	12.011 6 C 2s ² 2p ² -3550 4827 2.55/2.50 Carbon Углерод	14.00674 7 N 2s ² 2p ³ -209.88 -195.8 3.04/3.07 Nitrogen Азот	15.9994 8 O 2s ² 2p ⁴ -218.4 -182.96 3.44/3.50 Oxygen Кислород	18.9984032 9 F 2s ² 2p ⁵ -218.62 -188.11 3.98/4.10 Fluorine Фтор	20.1797 10 Ne 2s ² 2p ⁶ -248.7 -246.05 10.6 eV Neon Неон													4.002602 2 He 1s ² -272.2 -268.93 12.3 eV Helium Гелий
2	6.941 3 Li [He]2s ¹ 180.54 1347 0.98/0.97 Lithium Литий	9.012182 4 Be 2s ² 1278 2970 1.57/1.47 Beryllium Бериллий	208.982432 82 Pb [Xe] 4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ² 6p ² 3122 5012 2.33/2.33 Lead Свинец										10.811 5 B 2s ² 2p ¹ 22.10 -2000 2.04/2.01 Boron Бор	12.011 6 C 2s ² 2p ² -3550 4827 2.55/2.50 Carbon Углерод	14.00674 7 N 2s ² 2p ³ -209.88 -195.8 3.04/3.07 Nitrogen Азот	15.9994 8 O 2s ² 2p ⁴ -218.4 -182.96 3.44/3.50 Oxygen Кислород	18.9984032 9 F 2s ² 2p ⁵ -218.62 -188.11 3.98/4.10 Fluorine Фтор	20.1797 10 Ne 2s ² 2p ⁶ -248.7 -246.05 10.6 eV Neon Неон													
3	22.989770 11 Na [Ne]3s ¹ 97.86 883.15 0.93/1.01 Sodium Натрий	24.3050 12 Mg 3s ² 648.8 1107 1.31/1.23 Magnesium Магний	223.071861 83 Bi [Xe] 4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ² 6p ³ 3147 5012 2.33/2.33 Bismuth Висмут										10.811 5 B 2s ² 2p ¹ 22.10 -2000 2.04/2.01 Boron Бор	12.011 6 C 2s ² 2p ² -3550 4827 2.55/2.50 Carbon Углерод	14.00674 7 N 2s ² 2p ³ -209.88 -195.8 3.04/3.07 Nitrogen Азот	15.9994 8 O 2s ² 2p ⁴ -218.4 -182.96 3.44/3.50 Oxygen Кислород	18.9984032 9 F 2s ² 2p ⁵ -218.62 -188.11 3.98/4.10 Fluorine Фтор	20.1797 10 Ne 2s ² 2p ⁶ -248.7 -246.05 10.6 eV Neon Неон													
4	39.0983 19 K [Ar]4s ¹ 83.65 774 0.82/0.91 Potassium Калий	40.078 20 Ca 4s ² 839 1487 1.00/1.04 Calcium Кальций	44.955910 21 Sc 3d ¹ 4s ² 1541 2831 1.36/1.20 Scandium Скандий	47.867 22 Ti 3d ² 4s ² 1670 3287 1.54/1.32 Titanium Титан	50.9415 23 V 3d ³ 4s ² 1890 3380 1.63/1.5 Vanadium Ванадий	51.9961 24 Cr 3d ⁵ 4s ¹ 1867 2672 1.66/1.56 Chromium Хром	54.938046 25 Mn 3d ⁵ 4s ² 1244 1982 1.55/1.60 Manganese Марганец	55.845 26 Fe 3d ⁶ 4s ² 1535 2750 1.83/1.64 Iron Железо	58.93209 27 Co 3d ⁷ 4s ² 1495 2870 1.88/1.70 Cobalt Кобальт	58.93209 28 Ni 3d ⁸ 4s ² 1463 2732 1.91/1.75 Nickel Никель	63.546 29 Cu 3d ¹⁰ 4s ¹ 1083.4 2567 1.90/1.75 Copper Медь	65.39 30 Zn 3d ¹⁰ 4s ² 419.88 907 1.65/1.66 Zinc Цинк	69.723 31 Ga 3d ¹⁰ 4s ² 4p ¹ 29.78 2403 1.81/1.82 Gallium Галлий	72.61 32 Ge 3d ¹⁰ 4s ² 4p ² 76.6 2330 2.01/2.02 Germanium Германий	74.92160 33 As 3d ¹⁰ 4s ² 4p ³ 75.94 2002 2.18/2.0 Arsenic Мышьяк	78.96 34 Se 3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁴ 79.904 2044 2.55/2.48 Selenium Селен	83.80 35 Br 3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁵ 79.904 2089 2.96/2.74 Bromine Бром	83.80 36 Kr 3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁶ -7.25 58.78 2.96/2.74 Krypton Криптон													
5	85.4678 37 Rb [Kr]5s ¹ 38.89 687.2 0.82/0.89 Rubidium Рубидий	87.62 38 Sr 5s ² 789 1522 1.22/1.11 Strontium Стронций	88.90585 39 Y 4d ¹ 5s ² 1822 3337 1.33/1.22 Yttrium Иттрий	91.224 40 Zr 4d ² 5s ² 1852 4742 1.33/1.22 Zirconium Цирконий	92.90638 41 Nb 4d ⁴ 5s ¹ 2488 4742 1.61/1.23 Niobium Ниобий	95.94 42 Mo 4d ⁵ 5s ¹ 2617 4612 2.16/1.30 Molybdenum Молибден	97 43 Tc 4d ⁵ 5s ² 2172 4877 1.84/1.36 Technetium Технеций	101.07 44 Ru 4d ⁷ 5s ¹ 2310 3727 2.21/1.42 Ruthenium Рутений	102.90550 45 Rh 4d ⁸ 5s ¹ 1966 3727 2.21/1.5 Rhodium Родий	106.42 46 Pd 4d ¹⁰ 1552 3044 2.31/1.4 Palladium Палладий	107.8682 47 Ag 4d ¹⁰ 5s ¹ 961.93 2212 1.79/1.5 Silver Серебро	112.411 48 Cd 4d ¹⁰ 5s ² 320.9 765 1.79/1.5 Cadmium Кадмий	114.818 49 In 4d ¹⁰ 5s ² 5p ¹ 196.78 2050 1.78/1.5 Indium Индий	118.710 50 Sn 4d ¹⁰ 5s ² 5p ² 231.88 2270 1.96/1.7 Tin Олово	121.760 51 Sb 4d ¹⁰ 5s ² 5p ³ 630.5 1780 2.05/1.7 Antimony Сурьма	127.60 52 Te 4d ¹⁰ 5s ² 5p ⁴ 449.5 989.8 2.17/2.0 Tellurium Теллур	128.90447 53 I 4d ¹⁰ 5s ² 5p ⁵ 449.5 989.8 2.17/2.0 Iodine Йод	131.29 54 Xe 4d ¹⁰ 5s ² 5p ⁶ -111.9 -107.1 -152.3 Xenon Ксенон													
6	132.90545 55 Cs [Xe]6s ¹ 89.5 878.4 0.7/0.88 Cesium Цезий	137.327 56 Ba 6s ² 725 1640 0.88/0.97 Barium Барий	138.9055 57 La 5d ¹ 6s ² 920 3454 1.10/1.08 Lanthanum Лантан	178.48 72 Hf 4f ¹⁴ 5d ² 6s ² 2227 4602 1.31/1.23 Hafnium Гафний	180.9479 73 Ta 4f ¹⁴ 5d ³ 6s ² 2996 5425 1.7/1.40 Tantalum Тантал	183.84 74 W 4f ¹⁴ 5d ⁴ 6s ² 3410 5890 1.91/1.60 Tungsten Вольфрам	186.207 75 Re 4f ¹⁴ 5d ⁵ 6s ² 3180 5627 2.21/1.52 Rhenium Рений	190.23 76 Os 4f ¹⁴ 5d ⁶ 6s ² 3045 5027 2.21/1.6 Osmium Осмий	192.221 77 Ir 4f ¹⁴ 5d ⁷ 6s ² 2410 4130 2.21/1.6 Iridium Иридий	195.078 78 Pt 4f ¹⁴ 5d ⁹ 6s ¹ 1773.5 3830 2.54/1.42 Platinum Платина	196.96655 79 Au 4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ¹ 1064.43 2807 1.97/1.5 Gold Золото	200.59 80 Hg 4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ² 303.5 377.5 1.740 Mercury Ртуть	204.3833 81 Tl 4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ² 6p ¹ 303.5 1457 1.62/1.47 Thallium Таллий	207.2 82 Pb 4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ² 6p ² 303.5 377.5 1.740 Lead Свинец	208.98038 83 Bi 4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ² 6p ³ 271.3 1564 2.02/1.67 Bismuth Висмут	208.98038 84 Po 4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ² 6p ⁴ 209 209 2.01/1.76 Polonium Полоний	208.98038 85 At 4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ² 6p ⁵ 209 209 2.21/1.86 Astatine Астат	222 86 Rn 4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ² 6p ⁶ -71.0 -61.8 5.1 eV Radon Радон													
7	223 87 Fr [Rn]7s ¹ 27 677 0.7/0.88 Francium Франций	226 88 Ra 7s ² 970 1140 0.88/0.97 Radium Радий	227 89 Ac 6d ¹ 7s ² 1050 (-3250) 1-1/1.0 Actinium Актиний	227 104 Rf 5f ¹⁴ 6d ² 7s ² 227 227 1.31/1.23 Rutherfordium Розерфорд	227 105 Db 5f ¹⁴ 6d ³ 7s ² 227 227 1.31/1.23 Dubnium Дубний	227 106 Sg 5f ¹⁴ 6d ⁴ 7s ² 227 227 1.31/1.23 Seaborgium Сиборгий	227 107 Bh 5f ¹⁴ 6d ⁵ 7s ² 227 227 1.31/1.23 Bohrium Борий	227 108 Hs 5f ¹⁴ 6d ⁶ 7s ² 227 227 1.31/1.23 Hassium Хассий	227 109 Mt 5f ¹⁴ 6d ⁷ 7s ² 227 227 1.31/1.23 Meitnerium Мейтнерий	227 110 Uu 5f ¹⁴ 6d ⁸ 7s ² 227 227 1.31/1.23 Ununnilium Унунниль	227 111 Uu 5f ¹⁴ 6d ⁹ 7s ² 227 227 1.31/1.23 Unununium Унунуний	227 112 Uub 5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7s ² 227 227 1.31/1.23 Ununbium Унунбий	227 113 Uut 5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7s ² 7p ¹ 227 227 1.31/1.23 Ununtrium Унунтрий	227 114 Uuq 5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7s ² 7p ² 227 227 1.31/1.23 Ununquadium Унунквадий	227 115 Uup 5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7s ² 7p ³ 227 227 1.31/1.23 Ununpentium Унунпентий	227 116 Uuq 5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7s ² 7p ⁴ 227 227 1.31/1.23 Ununhexium Унунгексий	227 117 Uuh 5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7s ² 7p ⁵ 227 227 1.31/1.23 Ununseptium Унунсептий	227 118 Uuo 5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7s ² 7p ⁶ 227 227 1.31/1.23 Ununoctium Унуноктдий													
8			140.116 58 Ce 4f ¹ 6s ² 798 3426 -1.2/1.1 Cerium Церий	140.90768 59 Pr 4f ² 6s ² 831 3512 -1.2/1.1 Praseodymium Прометий	144.24 60 Nd 4f ³ 6s ² 1021 3068 -1.2/1.1 Neodymium Неодим	145 61 Pm 4f ⁴ 6s ² 1188 2460 1.2/1.1 Promethium Прометий	150.36 62 Sm 4f ⁵ 6s ² 1077 1701 -1.2/1.1 Samarium Самарий	151.964 63 Eu 4f ⁶ 6s ² 822 1597 -1.2/1.1 Europium Европий	157.25 64 Gd 4f ⁷ 6s ² 1312 3250 -1.2/1.1 Gadolinium Гадолий	158.92534 65 Tb 4f ⁸ 6s ² 1356 3123 -1.2/1.1 Terbium Тербий	162.50 66 Dy 4f ⁹ 6s ² 1409 2562 -1.2/1.1 Dysprosium Диспрозий	164.93032 67 Ho 4f ¹⁰ 6s ² 1474 2695 -1.2/1.1 Holmium Гольмий	167.26 68 Er 4f ¹¹ 6s ² 1520 2863 -1.2/1.1 Erbium Эрбий	168.93421 69 Tm 4f ¹² 6s ² 1545 1947 -1.2/1.1 Thulium Туллий	173.04 70 Yb 4f ¹³ 6s ² 819 1163 -1.2/1.1 Ytterbium Иттербий	174.967 71 Lu 4f ¹⁴ 6s ² 1063 3302 -1.2/1.1 Lutetium Лютеций															
9			232 90 Th 6d ² 7s ² 1750 (-3800) 1.1/1.1 Thorium Торий	231 91 Pa 5f ² 6d ¹ 7s ² 1572 3818 1.14/1.1 Protactinium Протактиний	238 92 U 5f ³ 6d ¹ 7s ² 1132 3902 1.22/1.2 Uranium Уран	239 93 Np 5f ⁴ 6d ¹ 7s ² 639 3902 1.22/1.2 Neptunium Нептуний	239 94 Pu 5f ⁶ 7s ² 641 3340 1.2/1.2 Plutonium Плутоний	243 95 Am 5f ⁷ 7s ² 996 2630 -1.1/1.2 Americium Америций	247 96 Cm 5f ⁷ 6d ¹ 7s ² 1340 3110 1.3/1.2 Curium Кюрий	247 97 Bk 5f ⁹ 7s ² 1050 2630 -1.1/1.2 Berkelium Берклий	247 98 Cf 5f ¹⁰ 7s ² 900 1227 1.3/1.2 Californium Каледорний	252 99 Es 5f ¹¹ 7s ² 860 - 1.3/- Einsteinium Эйнштейний	257 100 Fm 5f ¹² 7s ² - - 1.3/1.2 Fermium Фермий	258 101 Md 5f ¹³ 7s ² - - 1.2/1.2 Mendelevium Менделеев	259 102 No 5f ¹⁴ 7s ² - - 1.3/- Nobelium Нобелий	260 103 Lr 5f ¹⁴ 6d ¹ 7s ² - - 1.3/1.2 Lawrencium 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
 [] American spelling of the element's name
 () Альтернативное английское название
 [] Американское написание названия элемента

© P.C. Саифуллин, А.Р.Саифуллин, 2004
 © R.S. Saifullin, A.R. Saifullin, 2004

Mar 2004

Электронное строение атома и периодичность свойств химических элементов

1. Номер периода = числу энергетических уровней в атоме
2. Порядковый номер элемента = количеству электронов = заряду ядра атома
3. Длина периода определяется числом электронов, необходимых для завершения соответствующих энергетических подуровней
4. В коротких периодах, начале и конце длинных периодов наблюдается увеличение числа электронов на внешнем уровне
5. В длинных периодах происходит заполнение внутренних электронных оболочек в атомах переходных металлов
6. Электронные конфигурации элементов в группе аналогичны, что приводит к сходству физических и химических свойств (ЭЛЕКТРОННЫЕ АНАЛОГИ)

- I A: Li, Na, K, Rb, Cs, Fr

① [] ns^1 щелочные металлы

- II A: Be, Mg, Ca, Sr, Ba, Ra

② [] ns^2 щелочноземельные металлы

- III A: B, Al, Ga, In, Tl

⑬ [] ns^2np^1

- IV A: C, Si, Ge, Sn, Pb

⑭ [] ns^2np^2

- V A: N, P, As, Sb, Bi

⑮ [] ns^2np^3 пниктогены

- VI A: O, S, Se, Te, Po

⑯ [] ns^2np^4 халькогены

• VII A: F, Cl, Br, I, At

①⑦ [] ns^2np^5 галогены

• O: He, Ne, Ar, Kr, Xe, Rn

①⑧ $1s^2$ [] инертные газы
[] ns^2np^6

3d – элементы (Sc → Zn)

4d – элементы (Y → Cd)

5d – элементы (La → Hg)

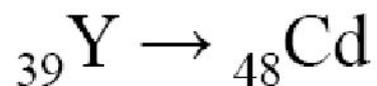
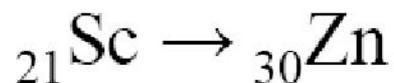
6d – элементы (Ac, Th, Lr → Mt)

4f – элементы (Ce → Lu)

5f – элементы (Pa → No)

Число главных подгрупп = максимальное
число $s + p$ электронов = 8

Число переходных элементов =
максимальное число d электронов = 10



Число лантаноидов = максимальное число f
электронов = 14

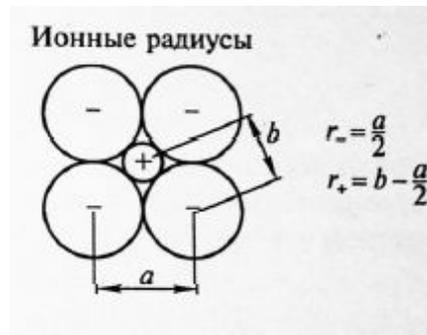
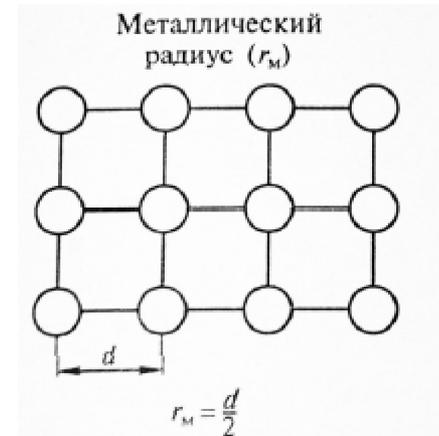
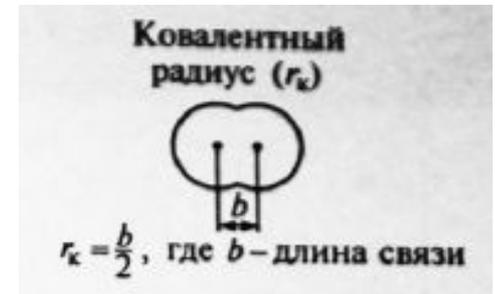
Электронные аналоги – атомы и ионы с однотипным
распределением внешних электронов



Характеристики атомов

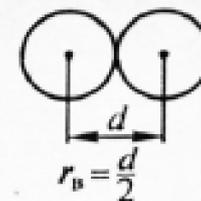
• АТОМНЫЙ РАДИУС

- **Орбитальный радиус ($r_{орб}$)** – расстояние от ядра до максимума радиальной электронной плотности последнего энергетического уровня (наибольшие $r_{орб}$ – щелочные и щелочно-земельные металлы, наименьшие $r_{орб}$ – галогены и инертные газы)
- **Ковалентный радиус (r_k)** – половина длины одинарной ковалентной связи между атомами данного элемента (в том числе для атомов, образующих кратные связи)
- **Металлический радиус (r_M)** – половина межъядерного расстояния соседних атомов в плотноупакованной кристаллической решетке металла
- **Ионный радиус (r_+ , r_-)** – считают, что расстояние между ядрами соседних катиона и аниона равно сумме их ионных радиусов

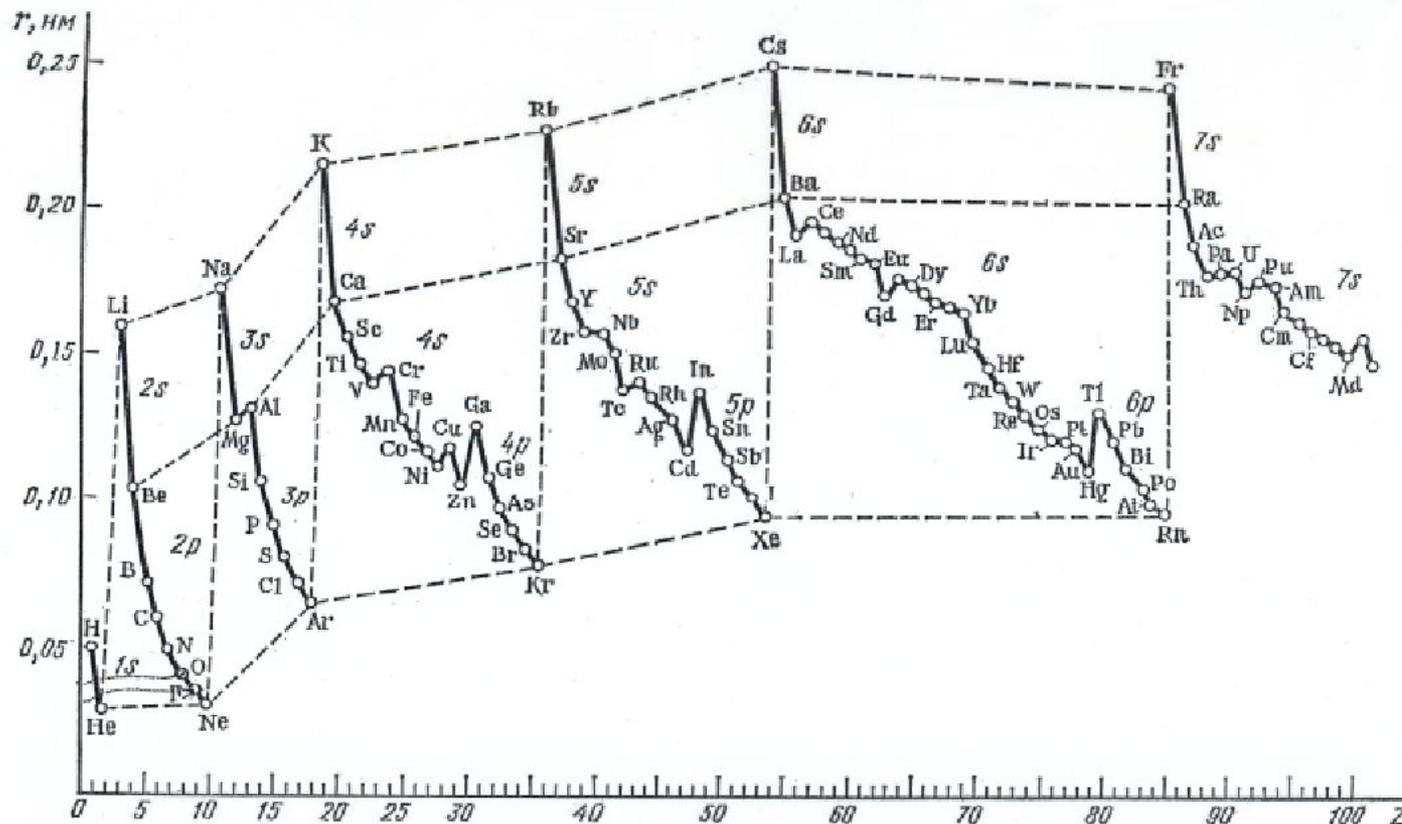


- Ван-дер-ваальсов радиус (r_B) – кратчайшее расстояние между атомами, не образующими химической связи

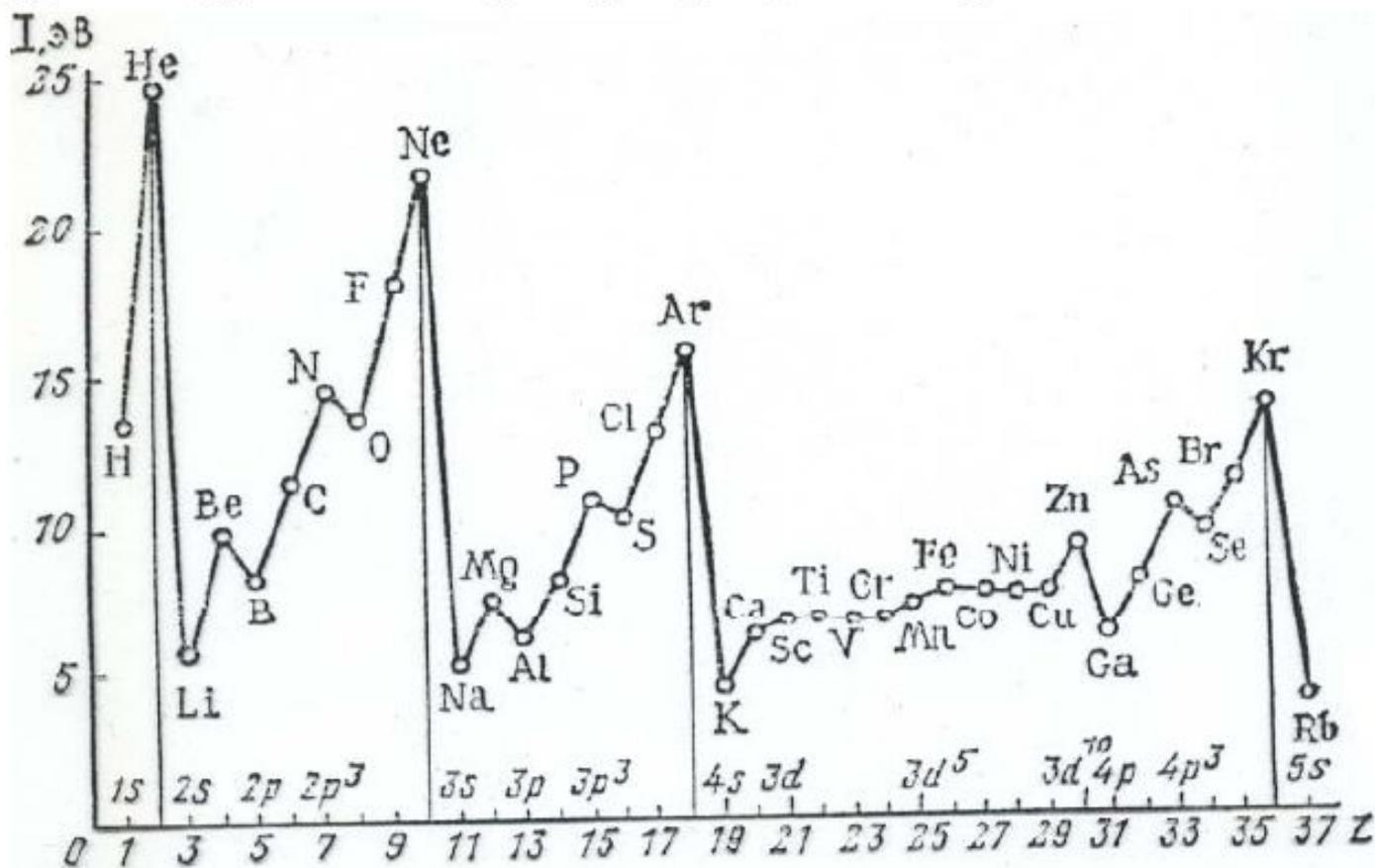
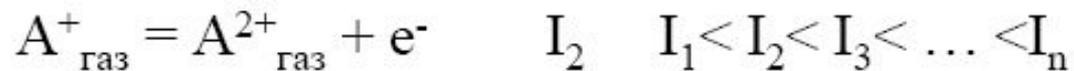
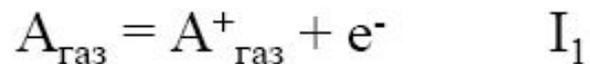
Ван-дер-ваальсов радиус (r_B)

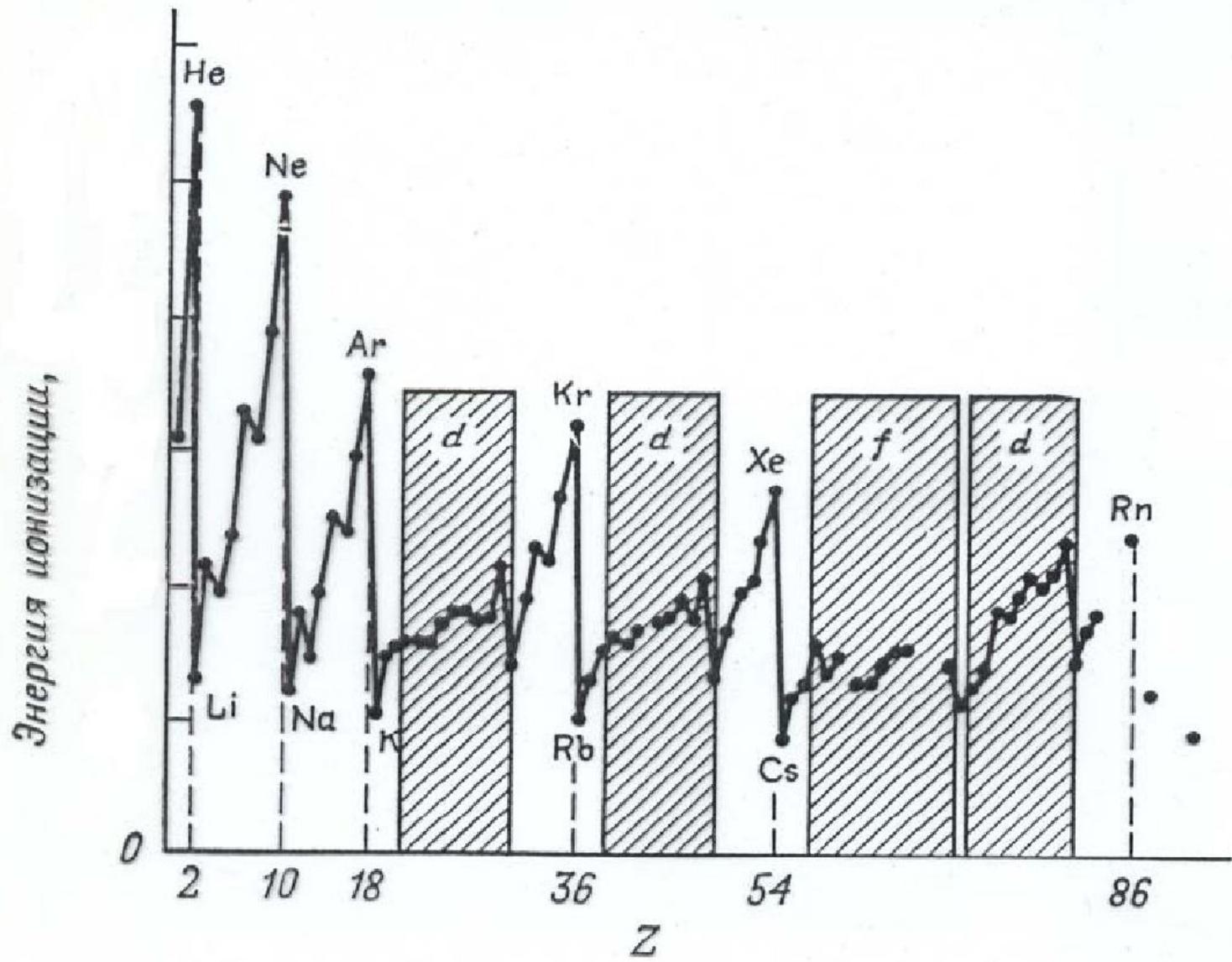


Зависимость орбитальных радиусов атомов от атомного номера элемента



• Потенциал ионизации





- Сродство к электрону A_e



- Магнитный момент $\mu_{\text{эфф}}$

$$\mu_{\text{эфф}} = 2\sqrt{S(S+1)} = \sqrt{n(n+2)}$$

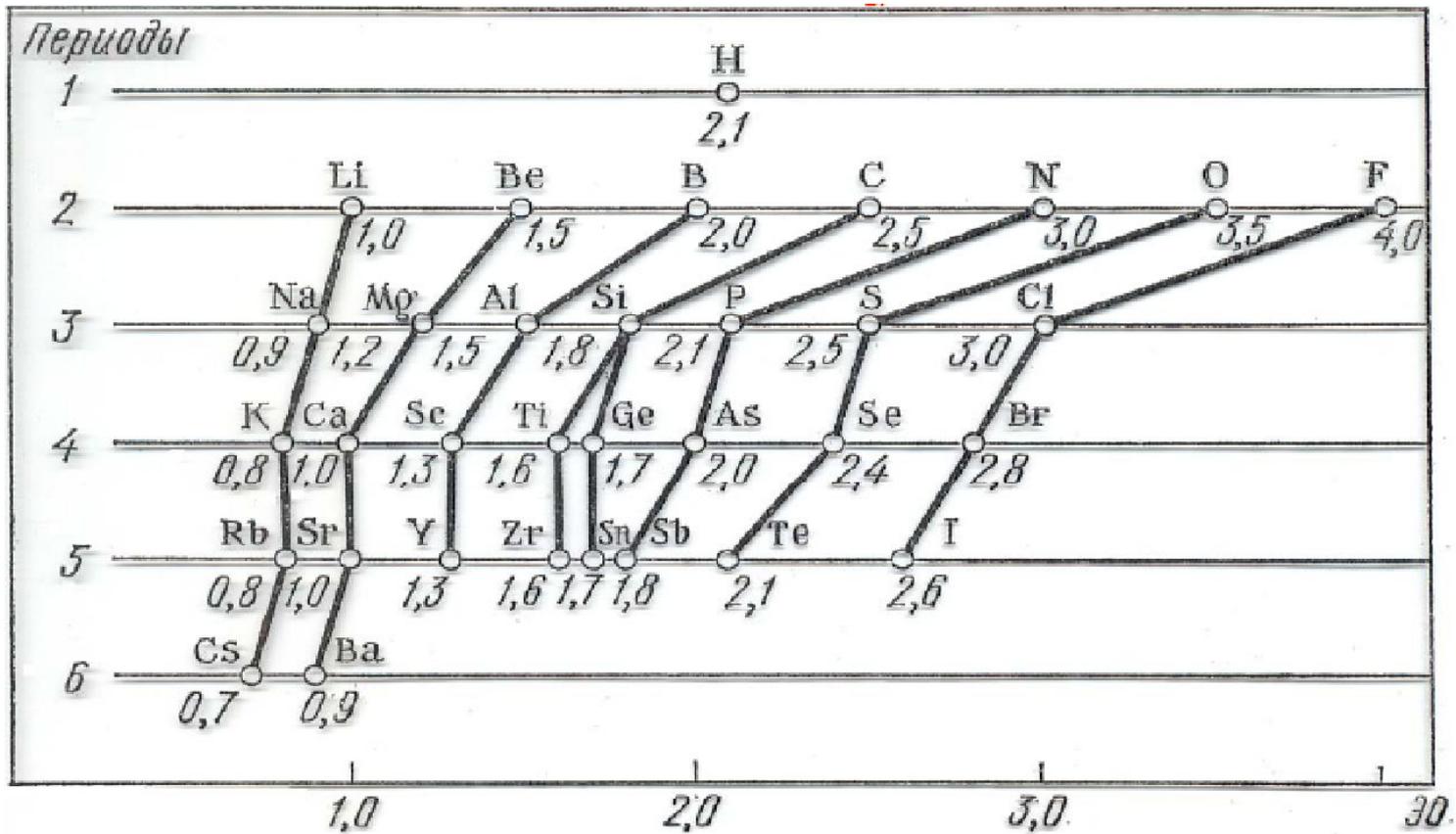
- Электроотрицательность χ

Мера смещения электронной плотности при взаимодействии с другим атомом.

Шкалы: Полинга χ_P , Олреда – Рохова χ_{AR} , Малликена χ_M

$$\chi_M = \frac{1}{2}(I_1 + A_e)$$

Изменение относительной электроотрицательности в периодах



Водород – особый элемент

Простейшее
электронное
строение: $1s^1$



Особое
положение
водорода в ПС

	1	2		13	14	15	16	17	18
	H							(H)	He
	Li	Be		B	C	N	O	F	Ne
	Na	Mg		Al	Si	P	S	Cl	Ar
	K	Ca	d-block	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
	Rb	Sr		In	Sn	Sb	Te	I	Xe
	Cs	Ba		Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
	Fr	Ra							

1 группа: ион H^+ аналогичен катионам щелочных металлов – нет электронов на валентном уровне

17 группа: ион H^- аналогичен анионам галогенов – оболочка инертного газа

Элементы-неметаллы

1	2		13	14	15	16	17	18
H							(H)	He
Li	Be		B	C	N	O	F	Ne
Na	Mg		Al	Si	P	S	Cl	Ar
K	Ca	<i>d</i> -block	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
Rb	Sr		In	Sn	Sb	Te	I	Xe
Cs	Ba		Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
Fr	Ra							

1. Число валентных e^- :
 $n=N-10$

2. Электроотрицательность увеличивается слева направо и снизу вверх

3. Основные положительные степени окисления $n, n-2$

4. Основная отрицательная степень окисления $-(8-n)$

Всего **25** элементов-неметаллов, из них **3** радиоактивны

- Молекулярные, слоистые или цепочечные структуры с малыми к.ч.
- Плохо проводят электрический ток
- Обладают малой эластичностью и большой хрупкостью
- Имеют высокие значения электроотрицательности, больше потенциалы ионизации
- Легко образуют анионы, реагируя с металлами
- Не выделяют водород из кислот
- Образуют ковалентные оксиды, обычно с кислотными свойствами
- Образуют молекулярные фториды
- Образуют молекулярные гидриды, обладающие восстановительными свойствами

Благородные газы

He гелий (солнечный)

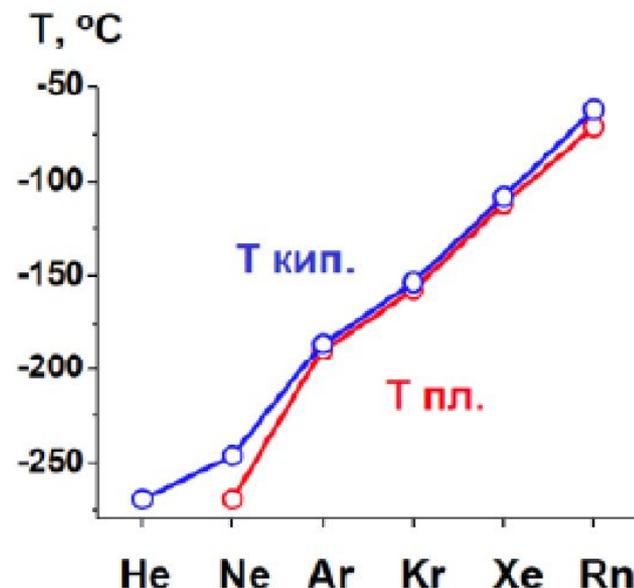
Ne неон (новый)

Ar аргон (недеятельный)

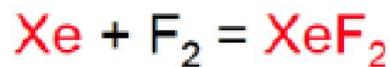
Kr криптон (скрытный)

Xe ксенон (чужой)

Rn радон (радиоактивный)



1. Имеют завершённые электронные оболочки
2. Очень не реакционноспособны
3. He, Ne, Ar не образуют химических соединений
4. Известны производные ксенона в с.о. **+2**, +4, +6, +8



Щелочные и щелочноземельные металлы

	1	2		13	14	15	16	17	18
	H							(H)	He
s-металлы	Li	Be	d-block	B	C	N	O	F	Ne
	Na	Mg		Al	Si	P	S	Cl	Ar
	K	Ca		Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
	Rb	Sr		In	Sn	Sb	Te	I	Xe
	Cs	Ba		Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
	Fr	Ra							

Щелочные металлы

Щелочноземельные металлы

p-Металлы

1	2		13	14	15	16	17	18
H							(H)	He
Li	Be		B	C	N	O	F	Ne
Na	Mg		Al	Si	P	S	Cl	Ar
K	Ca	d-block	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
Rb	Sr		In	Sn	Sb	Te	I	Xe
Cs	Ba		Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
Fr	Ra							



1. Электронные конфигурации, как у неметаллов – незавершенный *p*-подуровень

2. Легкоплавкие металлы

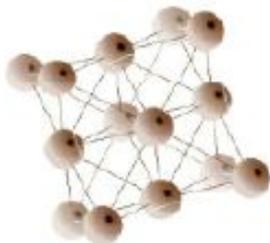
3. Малые значения I_1

4. Устойчивы положительные степени окисления $+n$ и $+(n - 2)$

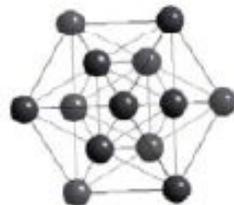
5. Вниз по подгруппе увеличивается стабильность с.о. $+(n - 2)$

6. Химическая активность меньше, чем у *s*-металлов

Al



Pb



d-Металлы

	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1 ряд	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn
2 ряд	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd
3 ряд	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg



+ лантаниды



триада железа



платиновые металлы



монетные металлы

Изменение электронной конфигурации:

от $[\text{Ng}]ns^2(n-1)d^1$

до $[\text{Ng}]ns^2(n-1)d^{10}$

f-металлы

4*f*-металлы – лантаниды

La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Hf
Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr	Rf

Chapter 22 Opener

Shriver & Atkins Inorganic Chemistry, Fourth Edition

© 2006 by D. F. Shriver, P. W. Atkins, T. L. Overton, J. P. Rourke, M. T. Weller, and F. A. Armstrong

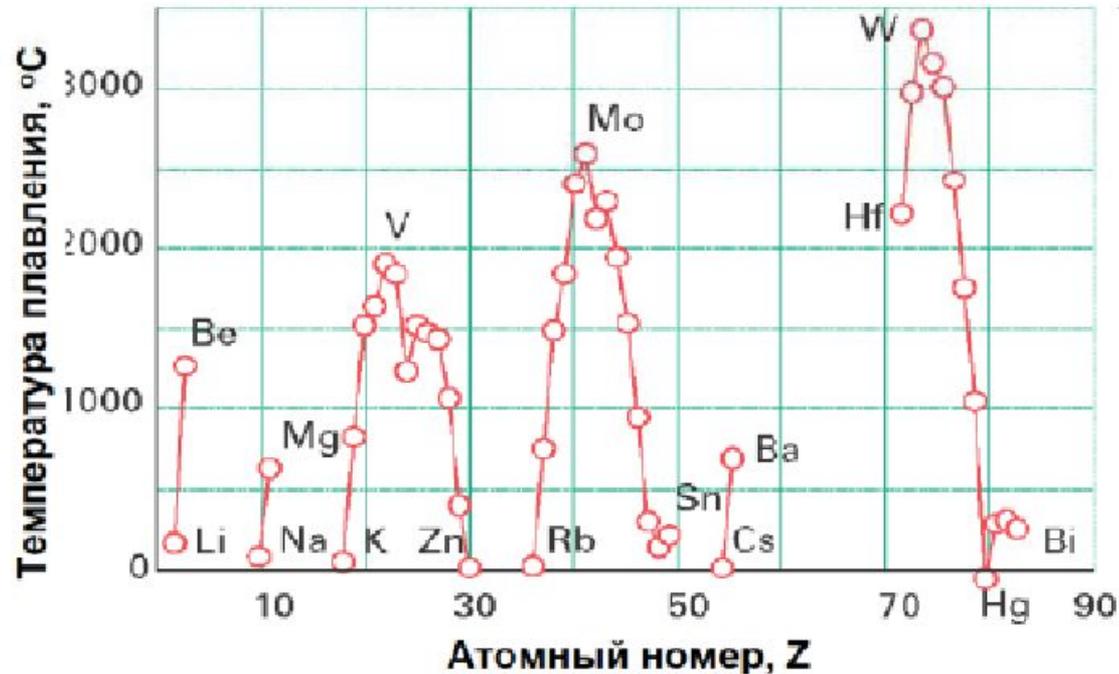
5*f*-металлы – актиниды



1. Заполняется *f*-подуровень $n-2$ периода
2. Лантаниды: степени окисления +3 для всех элементов, а также Ce^{+4} , Eu^{2+}
3. Лантаниды: радиус уменьшается от La до Lu (*лантанидное сжатие*)
4. Актиниды: химически очень разнообразны, с.о. от +2 до +7
5. Все актиниды, а также Pm радиоактивны
6. Для всех *f*-элементов характерны высокие координационные числа

Особенности элементов-металлов

1. Широкий диапазон твердости и пластичности
2. Широкий диапазон температур плавления



3. Различная реакционная способность
4. Различная электроотрицательность, но $\chi \leq 2$.
5. Различная удельная проводимость, но $d\sigma/dT < 0$

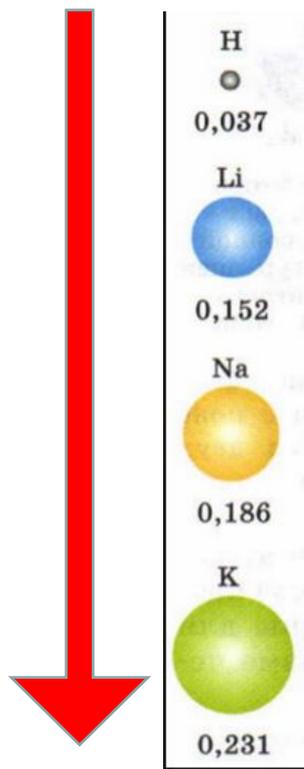
ЭЛЕМЕНТЫ ГЛАВНЫХ ПОДГРУПП

IA – VIIA

(общая характеристика)

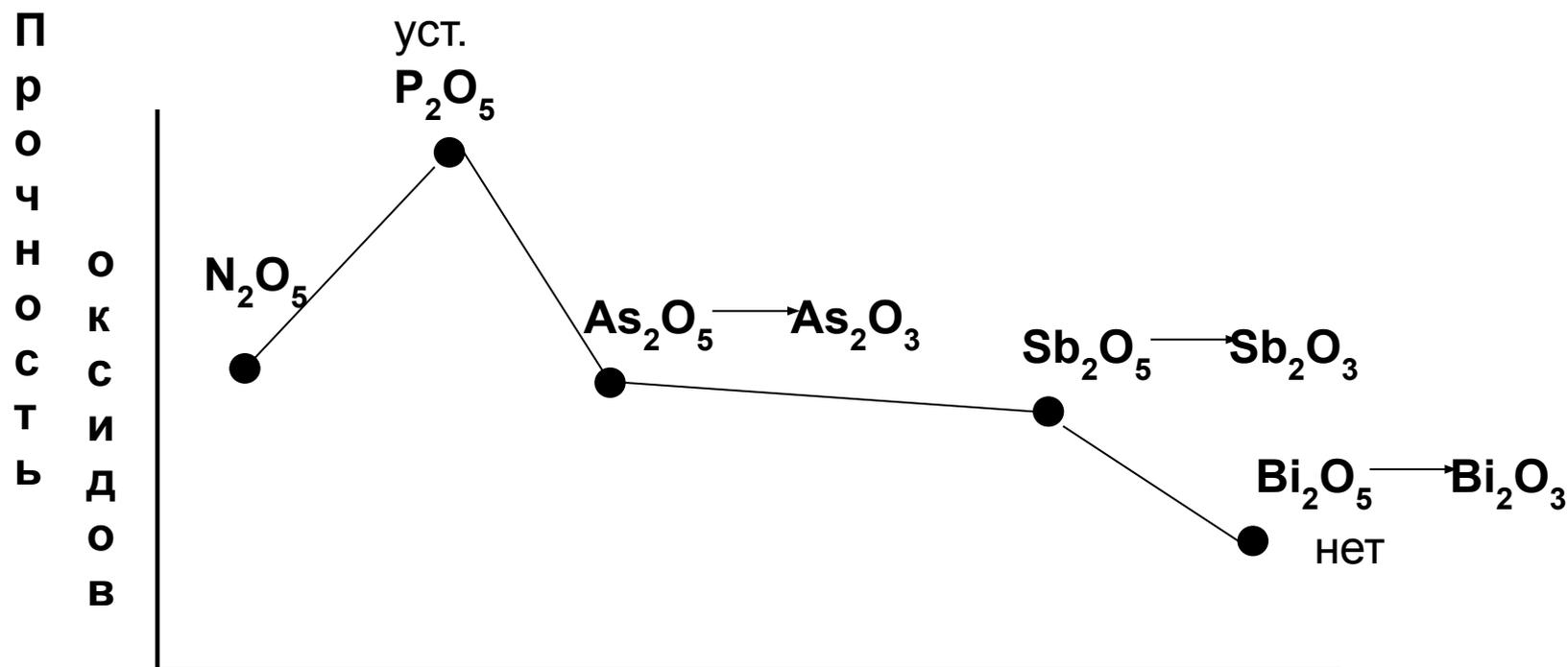
Изменение радиуса атома в периоде

В одной группе с увеличением номера периода атомные радиусы **возрастают**.



Периоды	Ряды	ГРУППЫ ЭЛЕМЕНТОВ																
		I		II		III		IV		V		VI		VII		VIII		
		а	б	а	б	а	б	а	б	а	б	а	б	а	б	а	б	
1	1	Н водород 1,008															He гелий 4,003	
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 20,173	
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	
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 55,845	Co кобальт 58,933	Ni никель 58,71							
5	5	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						Kr криптон 83,8	
6	6	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					Xe ксенон 131,3
7	7	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]	
7	10	Fr франций [223]	Ra радий [226]	89-103 актиноиды			Rf резерфордий [261]	Db дубний [262]	Sg сигборгий [263]	Bh борий [262]	Hn ханей [265]	Mt мейтнерий [266]						

1. Для элементов четных подгрупп характерны четные степени окисления, а для элементов нечетных подгрупп – нечетные степени окисления
2. По подгруппе сверху вниз происходит немонотонное понижение устойчивости соединений в высших степенях окисления



ВТОРИЧНАЯ ПЕРИОДИЧНОСТЬ

(общая характеристика)

3. Вторичная периодичность (объясняет немонотонное изменение свойств)

Оценка ведется по двум параметрам:



$I, \text{эВ}$



НЕМОНОТОННО ИЗМЕНЯЕТСЯ ЭНЕРГИЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ
ВНЕШНИХ s-электронов С ЯДРОМ

В группе IVA: C Si Ge Sn Pb

C $1s^2 2s^2 2p^2$ (внешние $2s^2 2p^2$ -ē находятся близко к ядру, экранированы $2\bar{e}$, трудно отрываются, I – высокий, **C** – НЕМЕТАЛЛ)

Si $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^2 3d^0$ (внешние $3s^2 3p^2$ -ē экранированы $10\bar{e}$, притяжение внешних ē уменьшается, I – уменьшается, **C** – ПОЛУМЕТАЛЛ)

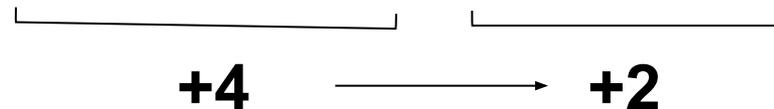
Ge $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^2$ (внешние $4s^2 4p^2$ -ē экранированы $28\bar{e}$, притяжение внешних ē уменьшается, но при возрастании заряда ядра происходит эффект **d-сжатия** электронных оболочек. Это приводит к усилению притяжения $4s^2\bar{e}$ к ядру, I – уменьшается незначительно, **Ge** – МЕТАЛЛ)



В ряду Ge-Sn-Pb за счет роста электронных слоев увеличивается расстояние между внешними $ns^2np^2-\bar{e}$ и ядром

Возрастания заряда ядра приводят к проявлению эффектов d и f –сжатия. Поэтому внешние $s-\bar{e}$ сильно притянуты к ядру и их участие в образовании химических связей уменьшается. I – уменьшается и соответствует отрыву только $p^2 - \bar{e}$.

Происходит понижение устойчивости соединений в высшей степени окисления: **C - Si - Ge - Sn - Pb**

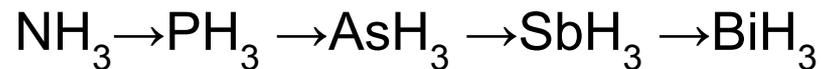


ВТОРИЧНАЯ ПЕРИОДИЧНОСТЬ характерна ТОЛЬКО для элементов IIIA-VIIA групп

В элементах IA-IIA групп s-электроны не подвержены влиянию d и f электронов (эффекты d и f –сжатия отсутствуют)

ОБЩИЕ СВОЙСТВА ЭЛЕМЕНТОВ ГЛАВНЫХ ПОДГРУПП по подгруппе сверху-вниз

1. При понижении потенциала ионизации уменьшается ОЭО элемента и усиливаются металлические свойства.
2. Уменьшается прочность соединений в высших степенях окисления
3. Уменьшается прочность водородных соединений:



4. Усиливаются ОСНОВНЫЕ и ослабляются КИСЛОТНЫЕ свойства оксидов и гидроксидов (сравнивать соединения в одной степени окисления).
5. Характер химической связи в соединениях меняется с ковалентного на ионный и металлический. Растет пластичность, ковкость, проводимость.
6. Изменяется агрегатное состояние веществ: газ → жидк . → тв.

F (г.) Cl (г.) Br (ж.) I (тв.)

O (г.) S (тв.) Se (тв.) Te (тв.)

7. Растут температуры кипения и плавления. Рост количества внутренних электронных слоев и проявление эффекта экранирования внешних электронов от ядра приводят к увеличению деформирования электронной оболочки. В результате легче создается мгновенный дипольный момент и возникают дисперсионные взаимодействия. В результате возрастают температуры кипения и плавления, а так же изменяется агрегатное состояние веществ.