

# Общая и неорганическая химия. Лекция 11

Периодический закон и периодическая система химических элементов.

# Магнитные свойства

- Атомы или ионы, имеющие только спаренные электроны, **выталкиваются** из магнитного поля (они **диамагнитны**).
- Примеры: He –  $1s^2$   
Be –  $1s^2 2s^2$   
F<sup>-</sup> –  $1s^2 2s^2 2p^6$   
Al<sup>3+</sup> –  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^0 3p^0$

# Магнитные свойства

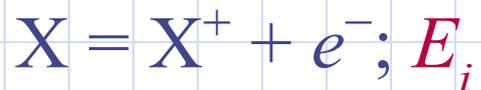
- Атомы или ионы, имеющие один или несколько неспаренных электронов, **втягиваются** в магнитное поле (они **парамагнитны**).

- Примеры:  ${}_1\text{H} - 1s^1$



# Энергия ионизации

- Энергия (потенциал) ионизации атома  $E_i$  - минимальная энергия, необходимая для удаления электрона из атома:



- Значения  $E_i$  (кДж/моль):

	<u>Н</u>	<u>1312,1</u>			
К	418,7	F	1680,8	He	2372
Rb	403,0	Cl	1255,5	Ne	2080
Cs	375,7	Br	1142,6	Ar	1520

# Сродство к электрону

- Сродство атома к электрону  $E_e$  – способность атомов присоединять добавочный электрон и превращаться в отрицательный ион.

- Мерой сродства к электрону служит энергия, выделяющаяся или поглощающаяся при этом:



- Значения  $E_e$  (кДж/моль)

F      –345,7

Cl     –366,7

Br     –341,6

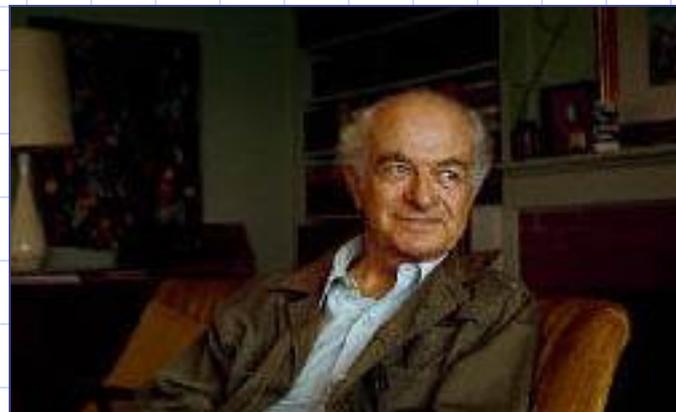
# Электроотрицательность

$$\chi = \frac{E_i + E_e}{2}$$

(абсолютная  
электроотрицательность)

Относительная  
электроотрицательность:

$$\chi_F = 4$$



Лайнус-Карл ПОЛИНГ  
(28.02.1901 – 19.08.1994)

Одна из самых  
распространенных –  
шкала  
электроотрицательност  
и Оллреда – Рохова

# Периодическая таблица элементов

Электроотрицательность

										Электроотрицательность									
la																VIIa			
1											5	6	7	8	9	2			
H	IIa											IIIa	IVa	Va	VIa	VIIa	He		
3	4											5	6	7	8	9	10		
Li	Be											B	C	N	O	F	Ne		
11	12											13	14	15	16	17	18		
Na	Mg	IIIb	IVb	Vb	VIb	VIIb	VIIIb					IB	IIB	IIIa	IVa	Va	VIa	VIIa	
19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36		
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr		
37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54		
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe		
55	56	57	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86		
Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn		
87	88	89	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113							
Fr	Ra	Ac	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Uun	Uuu	Uub	Uut							
			58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71			
			Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu			
			90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103			
			Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr			

# Ряды Рихтера и триады Дёберейнера

- Немецкий химик И.В. Рихтер в 1793 г. расположил металлы, обладающие близкими свойствами (натрий и калий; магний, кальций, стронций и барий) в ряд по возрастанию их атомных масс.
- В 1817 году немецкий химик И.В. Дёберейнер обнаружил, триады сходных по свойствам элементов: кальций – стронций – барий, литий - натрий - калий; сера - селен - теллур и хлор - бром - иод.

# Группы элементов Гесса

- В изданном в 1849 г. учебнике "Основания чистой химии", российский химик Г.И. Гесс рассмотрел группы элементов-неметаллов: углерод – бор – кремний; азот – фосфор – мышьяк; сера – селен – теллур и хлор – бром – иод.
- Считается, что именно Гесс впервые ввел в употребление понятие "группа элементов".

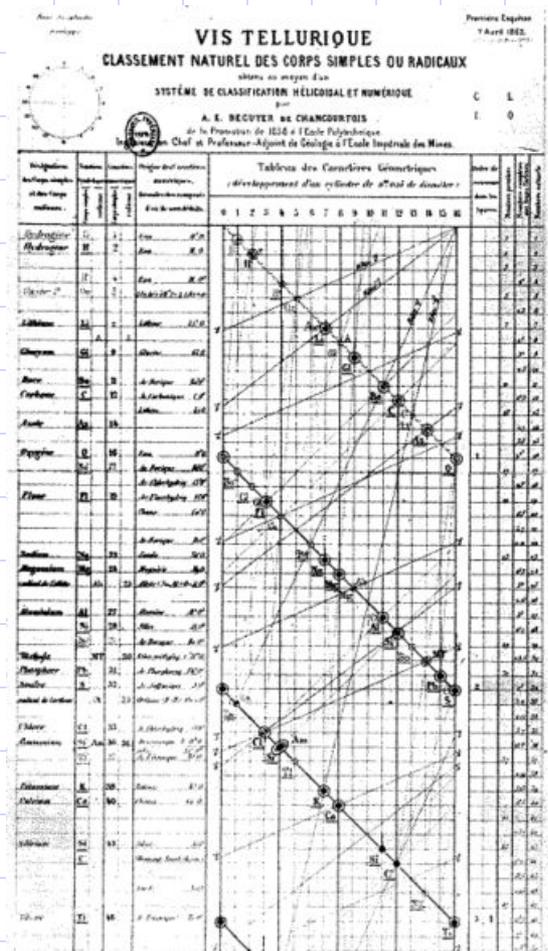


Герман Иванович  
ГЕСС (7.08.1802 -  
12.12.1850)

# Спираль Шанкуртуа или «теллурический винт»



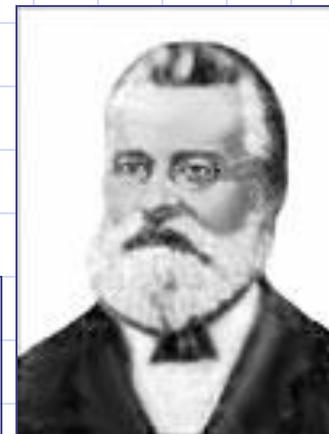
БЕГЬЕ ДЕ ШАНКУРТУА  
Александр-Эмиль  
(1819-1886)



# Закон октав

- В 1865 г. американский химик Дж. Ньюлендс предложил "закон октав".
- В таблице Ньюлендса близкие по свойствам элементы повторялись через семь номеров.
- Дж. Ньюлендс впервые употребил термин «порядковый номер элемента».

Джон-Александр-Рейна  
НЬЮЛЕНДС  
(26.09.1837-29.07.1898)



1.H	8.F	15.Cl	22.Co,Ni
2. <u>Li</u>	<u>9.Na</u>	<u>16.K</u>	<u>23.Rb,Cs</u>
3.Be	10.Mg	17.Ca	24.Zn
4.B	11.Al	18.Cr	25.Y
5.C	12.Si	19.Ti	26.In
6.N	13.P	20.Mn	27.As
7.O	14.S	21.Fe	28.Se

# Таблица Лотара Мейера



Лотар-Юлиус МЕЙЕР  
(19.08.1830 - 11.04.1895)

- В 1864 г. немецкий химик Л.Ю. Мейер в книге "Современные теории химии и их значения для химической статики" опубликовал таблицу, где химические элементы были расположены в порядке увеличения их атомных масс.
- В эту таблицу Мейер поместил 27 элементов.

# Периодический закон и периодическая система химических элементов

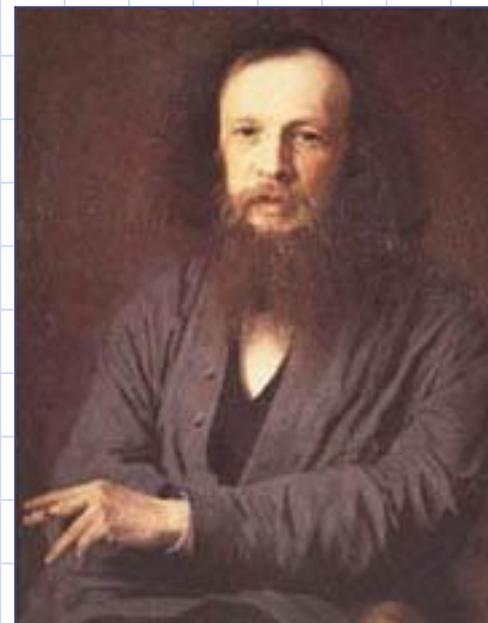
## ОПЫТЪ СИСТЕМЫ ЭЛЕМЕНТОВЪ.

ОСНОВАННОЙ НА ИХЪ АТОМНОМЪ ВѢСѢ И ХИМИЧЕСКОМЪ СХОДСТВѢ.

		Tl=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	
H=1		Cu=63,4	Ag=108	Hg=200	
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?		

Д. Менделѣевъ

Первая публикация Д. И. Менделеева о периодической системе химических элементов



Д.И. Менделеев, 1869 г.  
Создание учебника  
«Основы химии»

# Периодический закон

- "Свойства простых тел, а также формы и свойства соединений элементов находятся в периодической зависимости (или, выражаясь алгебраически, образуют периодическую функцию) от величины атомных весов элементов».



МЕНДЕЛЕЕВ Дмитрий  
Иванович (8.02.1834 -  
2.02.1907)

# Периодическая система химических элементов Д.И. Менделеева (1873 г.)

Группы I	Группы II	Группы III	Группы IV	Группы V	Группы VI	Группы VII	Группы VIII (соединяет 8 гр.)	Группы IX			
R'O	R'O или RO	R'O'	R'O' или RO'	R'O'	R'O' или RO'	R'O'	R'O' или RO'	R'O'			
Водород H=1 H <sup>+</sup> , OH <sup>-</sup> , HCl, H <sup>+</sup> N, H <sup>+</sup> C, NH <sub>3</sub>			RH'	RH'	RH'	RH		H=1 HX			
Литий Li=7 LiCl, LiOH, Li <sub>2</sub> O, Li <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	Бериллий Be=9,4 BeCl <sub>2</sub> , BeO, Be <sup>+</sup> Al <sup>+</sup> Si <sup>+</sup>	Бор B=11 BCl <sub>3</sub> , B <sup>+</sup> O <sup>+</sup> , B <sup>+</sup> Na <sup>+</sup> O <sup>+</sup> , B <sup>+</sup> Na <sup>+</sup> CO <sub>3</sub>	Углерод C=12 CH <sub>4</sub> , C <sup>+</sup> H <sup>+</sup> , CO, CO <sub>2</sub> , CO <sup>+</sup>	Азот N=14 NH <sub>3</sub> , N <sup>+</sup> H <sup>+</sup> Cl, N <sup>+</sup> O, NO, NO <sup>+</sup> , N <sup>+</sup> CN <sup>+</sup>	Кислород O=16 OH, O <sup>+</sup> , O <sup>+</sup> Cl, O <sup>+</sup> Cl <sub>2</sub> , O <sup>+</sup> H <sub>2</sub>	Фтор F=19 HF, F <sup>+</sup> Cl <sup>+</sup> , CaF <sub>2</sub> , KF, NaF					
Натрий Na=23 NaCl, NaOH, Na <sup>+</sup> O, Na <sup>+</sup> SO <sub>4</sub> , Na <sup>+</sup> CO <sub>3</sub>	Магний Mg=24 MgCl <sub>2</sub> , MgO, MgCO <sub>3</sub> , MgSO <sub>4</sub> , MgNH <sup>+</sup> PO <sub>4</sub>	Алюминий Al=27,3 Al <sup>+</sup> Cl <sup>+</sup> , Al <sup>+</sup> O <sub>3</sub> , KAIS <sup>+</sup> O <sup>+</sup> OH <sup>+</sup> O	Силиций Si=28 SiO <sub>2</sub> , SiCl <sub>4</sub> , SiH <sub>4</sub> , K <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	Фосфор P=31 P <sup>+</sup> Cl <sup>+</sup> , P <sup>+</sup> O <sup>+</sup> , P <sup>+</sup> Cl <sup>+</sup> O, P <sup>+</sup> O <sup>+</sup> Cl <sub>2</sub> , P <sup>+</sup> O <sup>+</sup> Cl <sub>3</sub>	Сера S=32 SO <sub>2</sub> , SO <sub>3</sub> , S <sup>+</sup> H <sub>2</sub>	Хлор Cl=35,5 Cl <sub>2</sub> , Cl <sup>+</sup> , Cl <sup>+</sup> O, Cl <sup>+</sup> O <sub>2</sub> , Cl <sup>+</sup> Na, AgCl					
Калий K=39 KCl, KOH, K <sup>+</sup> O, KNO <sub>3</sub> , K <sup>+</sup> NO <sub>2</sub> , K <sup>+</sup> HSO <sub>4</sub>	Кальций Ca=40 CaSO <sub>4</sub> , CaO, CaCO <sub>3</sub> , CaCl <sub>2</sub> , CaO, CaC <sub>2</sub>	Цинк Zn=65 ZnCl <sub>2</sub> , ZnO, ZnCO <sub>3</sub> , ZnSO <sub>4</sub> , Zn <sup>+</sup> Si <sup>+</sup>	Титан Ti=48(47) TiCl <sub>3</sub> , TiO <sub>2</sub> , FeTiO <sub>3</sub> , FeTiO <sub>3</sub> OH <sup>+</sup>	Ванадий V=51 VOCl <sub>3</sub> , VO <sub>2</sub> , V <sup>+</sup> O <sup>+</sup> VO, V <sup>+</sup> O <sup>+</sup> VO <sub>2</sub>	Хром Cr=52 CrCl <sub>3</sub> , CrO, CrO <sub>2</sub> , Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Cr <sub>2</sub> S <sub>3</sub> , Cr <sub>2</sub> N <sub>3</sub> , Cr <sub>2</sub> Si <sub>2</sub>	Марганец Mn=55 MnCl <sub>2</sub> , MnO, MnO <sub>2</sub> , NaClMnO <sub>2</sub>	Железо Fe=56 FeCl <sub>2</sub> , FeCl <sub>3</sub> , FeO, Fe <sup>+</sup> O <sub>2</sub> , Fe <sup>+</sup> K <sup>+</sup> Cy <sup>+</sup>	Кобальт Co=59 CoCl <sub>2</sub> , Co <sup>+</sup> K <sup>+</sup>	Никель Ni=59 NiCl <sub>2</sub> , NiO, NiSO <sub>4</sub> , Ni <sup>+</sup> OH <sup>+</sup> , Ni <sup>+</sup> K <sup>+</sup> Cy <sup>+</sup>	Медь Cu=63 CuCl, CuX, CuH, Cu <sup>+</sup> O, Cu <sup>+</sup> SO <sub>4</sub> , Cu <sup>+</sup> K <sup>+</sup> Cy <sup>+</sup>	
Рубидий Rb=85 RbCl, RbOH, Rb <sup>+</sup> PO <sub>4</sub>	Стронций Sr=87 SrCl <sub>2</sub> , SrO, Sr <sup>+</sup> O <sup>+</sup> , SrSO <sub>4</sub> , SrCO <sub>3</sub>	Иттрий Yt=88? Yt <sup>+</sup> O <sup>+</sup> Yt <sup>+</sup>	Цирконий Zr=90 ZrCl <sub>2</sub> , ZrO <sub>2</sub> , Zr <sup>+</sup> X <sup>+</sup>	Ниобий Nb=94 NbCl <sub>5</sub> , Nb <sup>+</sup> O <sup>+</sup> , Sb <sup>+</sup> O <sup>+</sup> NbO <sup>+</sup> K <sup>+</sup>	Молибден Mo=96 MoCl <sub>3</sub> , MoCl <sub>5</sub> , MoO <sub>3</sub> , N <sup>+</sup> H <sup>+</sup> O <sup>+</sup> Mo <sup>+</sup>		Родий Ru=104 RuO <sub>2</sub> , RuCl <sub>3</sub> , Ru <sup>+</sup> O <sup>+</sup> , Ru <sup>+</sup> K <sup>+</sup> Cy <sup>+</sup>	Резерфордий Rh=104 RhCl <sub>3</sub> , RhCl <sub>4</sub> , Rh <sup>+</sup> O <sup>+</sup> , Rh <sup>+</sup> K <sup>+</sup> Cy <sup>+</sup>	Палладий Pd=106 PdCl <sub>2</sub> , PdO, PdCl <sub>2</sub> PdCl <sub>2</sub> , Pd <sup>+</sup> K <sup>+</sup> Cy <sup>+</sup>	Серебро Ag=108 AgNO <sub>3</sub> , AgX, Ag <sup>+</sup> Cl <sup>+</sup> , Ag <sup>+</sup> K <sup>+</sup> Cy <sup>+</sup>	
Иод I=127 AgX, AgCl <sub>2</sub>	Кадмий Cd=112 CdCl <sub>2</sub> , CdO, CdS, CdSO <sub>4</sub>	Индий In=113 InCl <sub>3</sub> , In <sup>+</sup> O <sup>+</sup>	Свинец Sn=118 SnCl <sub>2</sub> , SnCl <sub>4</sub> , SnO, SnX, SnX <sup>+</sup> O <sup>+</sup>	Сурь Sb=123 SbH <sup>+</sup> SO <sup>+</sup> Cl <sup>+</sup> Sb <sup>+</sup> O <sup>+</sup> , Sb <sup>+</sup> O <sup>+</sup> SO <sup>+</sup> SO <sup>+</sup> Cl <sup>+</sup>	Теллур Te=125(127) TeH <sup>+</sup> TeCl <sup>+</sup> TeO <sup>+</sup> , TeO <sup>+</sup> N <sup>+</sup> TeX <sup>+</sup>		Желтый ртуть J=127 H <sub>2</sub> J, J <sub>2</sub> , JHO <sub>2</sub> , JHO <sub>2</sub> , HgJ <sub>2</sub> , J <sub>2</sub>				
Цезий Cs=133 CsCl, CsOH, Cs <sup>+</sup> PO <sub>4</sub>	Барий Ba=137 BaCl <sub>2</sub> , BaSO <sub>4</sub> , BaO, BaSO <sub>4</sub> , Ba <sup>+</sup> Si <sup>+</sup> P <sup>+</sup>	Диборий Di=138? Di <sup>+</sup> O <sup>+</sup> DiX <sup>+</sup>	Селен Se=140(138) SeCl <sub>2</sub> , SeO <sub>2</sub> , SeO <sub>3</sub> , SeX <sup>+</sup> O <sup>+</sup> Si <sup>+</sup> Cl <sup>+</sup> K <sup>+</sup> X <sup>+</sup>								
		Эрбий Er=178? Er <sup>+</sup> O <sup>+</sup> ErX <sup>+</sup>	Лантан La=180? LaO <sub>2</sub> , LaX <sup>+</sup>	Тантал Ta=182 TaCl <sub>5</sub> , Ta <sup>+</sup> O <sup>+</sup> , Ta <sup>+</sup> X <sup>+</sup>	Вольфрам W=184 WCl <sub>6</sub> , WCl <sub>5</sub> , WO <sub>3</sub> , K <sup>+</sup> WO <sub>4</sub> , WO <sub>3</sub>		Осмиум Os=193 OsO <sub>2</sub> , OsH <sup>+</sup> O <sup>+</sup> , OsCl <sub>2</sub> , OsCl <sub>3</sub> , Os <sup>+</sup> K <sup>+</sup> Cy <sup>+</sup>	Иридий Ir=195 IrCl <sub>3</sub> , IrCl <sub>4</sub> , Ir <sup>+</sup> O <sup>+</sup> , Ir <sup>+</sup> K <sup>+</sup> Cy <sup>+</sup>	Платина Pt=197 PtCl <sub>2</sub> , PtCl <sub>4</sub> , PtCl <sub>2</sub> Pt <sup>+</sup> K <sup>+</sup> X <sup>+</sup> , Pt <sup>+</sup> K <sup>+</sup> Cy <sup>+</sup>	Золото Au=197 AuCl, AuCl <sub>3</sub> , Au <sup>+</sup> O <sup>+</sup> , Au <sup>+</sup> SO <sub>4</sub> , Au <sup>+</sup> X <sup>+</sup> Cy <sup>+</sup>	
	Желтый ртуть Hg=200 HgCl <sub>2</sub> , HgO, Hg <sup>+</sup> SO <sub>4</sub> , Hg <sup>+</sup> O, Hg <sup>+</sup> X <sup>+</sup> SO <sub>4</sub>	Торий Th=204 ThCl <sub>4</sub> , ThO <sub>2</sub> , Th <sup>+</sup> O <sup>+</sup> , Th <sup>+</sup> SO <sub>4</sub> , Th <sup>+</sup> Cl <sup>+</sup>	Свинец Pb=207 PbCl <sub>2</sub> , PbO, PbO <sub>2</sub> , PbSO <sub>4</sub> , Pb <sup>+</sup> SO <sub>4</sub> , Pb <sup>+</sup> K <sup>+</sup> O <sup>+</sup> , PbX <sup>+</sup> SO <sub>4</sub> , PbNO <sup>+</sup> (SO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	Бисмут Bi=208 BiCl <sub>3</sub> , BiO <sub>2</sub> , Bi <sup>+</sup> O <sup>+</sup> , BiX <sup>+</sup> SO <sub>4</sub> , BiNO <sup>+</sup> (SO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>							
			Торий Th=231 ThCl <sub>4</sub> , ThO <sub>2</sub> , Th <sup>+</sup> SO <sub>4</sub> , Th <sup>+</sup> Cl <sup>+</sup>		Уран U=240 UCl <sub>4</sub> , UO <sub>2</sub> , UO <sub>3</sub> , U <sup>+</sup> X <sup>+</sup> , U <sup>+</sup> SO <sub>4</sub> , U <sup>+</sup> Cl <sup>+</sup>						

• This system, with corrections as sent.  
 • This arrangement was revised.  
 H=K, Ag=H, Cl=Ca, Fe=...  
 X=Cl, OH, O, H, SO<sub>4</sub>, CO<sub>3</sub>, SO<sub>3</sub>, ...

Периодическая система химических элементов, опубликованная во втором томе «Основ химии» Д. И. Менделеева (1873)

# Периодическая таблица химических элементов, 2005 г.

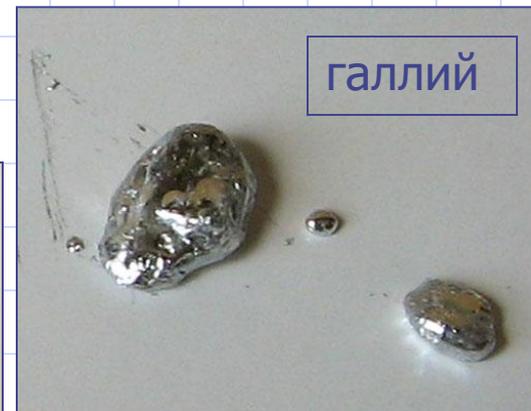
la											Группы					VIIIa				
1 H	IIa										5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne				
3 Li	4 Be											13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar			
11 Na	12 Mg	IIIb	IVb	Vb	VIb	VIIb	VIIIb			IIb	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr				
19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe			
37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn			
55 Cs	56 Ba	57 La	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg									
87 Fr	88 Ra	89 Ac	104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Uun	111 Uuu	112 Uub	113 Uut								
			58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu				
			90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr				

# Атомные массы и периодическая система химических элементов

- Менделеев учитывал, что для некоторых элементов атомные массы могли быть определены неточно (пример – бериллий).
- Исключения в порядке возрастания масс атомов с ростом атомного номера (особенности изотопного состава элементов):
  - Cl – 35,5    Ar – 39,9    K – 39,1
  - Fe – 55,8    Co – 58,9    Ni – 58,7
  - Sb – 121,8    Te – 127,6    I – 126,9

# Предсказание химических элементов

- Менделеев оставил в таблице пустые места для не открытых элементов (экабор, экаалюминий, экасилиций, экамарганец и двимарганец), которые были заполнены в последующие десятилетия (элементы скандий, галлий, германий и др.)



# Физический смысл порядкового номера элемента

- А.И. Ван ден Брук (1870-1926) предположил, что "каждому элементу должен соответствовать внутренний заряд, соответствующий его порядковому номеру".
- В 1913 г. это подтвердил Г. Мозли (1887-1915) своими рентгеноспектральными исследованиями.
- В 1920 г. Дж. Чедвик (1891-1974) экспериментально определил заряды ядер атомов меди, серебра и платины. Было установлено, что порядковый номер элемента совпадает с зарядом его ядра.

# Периодический закон сегодня:

- **"Свойства химических элементов, а также образуемых ими простых и сложных веществ находятся в периодической зависимости от заряда ядра".**
  - Заряд ядра атома определяет число электронов.
  - Электроны заселяют атомные орбитали таким образом, что строение внешней электронной оболочки периодически повторяется.
  - Это выражается в периодическом изменении химических свойств элементов и их соединений.

# Структура периодической системы элементов

- Периодическая система химических элементов - естественная классификация химических элементов, являющаяся табличным выражением периодического закона Д.И. Менделеева.
- Прообразом Периодической системы химических элементов послужила таблица, составленная Д.И. Менделеевым 1 марта 1869 г.
- В 1870 г. Менделеев назвал систему естественной, а в 1871 г. - периодической.
- Формы периодической таблицы:  
короткопериодная, длиннопериодная,  
лестничная

# Периодическая система химических элементов Д.И. Менделеева

периоды	ряды	группы элементов										
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII			
I	1	<b>H</b> 1,00795 водород								<b>He</b> 4,002602 гелий		
II	2	<b>Li</b> 6,9412 литий	<b>Be</b> 9,01218 бериллий	<b>B</b> 10,812 бор	<b>C</b> 12,0108 углерод	<b>N</b> 14,0067 азот	<b>O</b> 15,9994 кислород	<b>F</b> 18,99840 фтор		<b>Ne</b> 20,179 неон		
III	3	<b>Na</b> 22,98977 натрий	<b>Mg</b> 24,305 магний	<b>Al</b> 26,98154 алюминий	<b>Si</b> 28,086 кремний	<b>P</b> 30,97376 фосфор	<b>S</b> 32,06 сера	<b>Cl</b> 35,453 хлор		<b>Ar</b> 39,948 аргон		
IV	4	<b>K</b> 39,0983 калий	<b>Ca</b> 40,08 кальций	<b>Sc</b> 44,9559 скандий	<b>Ti</b> 47,90 титан	<b>V</b> 50,9415 ванадий	<b>Cr</b> 51,996 хром	<b>Mn</b> 54,9380 марганец	<b>Fe</b> 55,847 железо	<b>Co</b> 58,9332 кобальт	<b>Ni</b> 58,70 никель	<b>Zn</b> 65,38 цинк
		<b>Cu</b> 63,546 медь	<b>Zn</b> 65,38 цинк	<b>Ga</b> 69,72 галлий	<b>Ge</b> 72,59 германий	<b>As</b> 74,9216 мышьяк	<b>Se</b> 78,96 селен	<b>Br</b> 79,904 бром				<b>Kr</b> 83,80 криптон
V	5	<b>Rb</b> 85,4678 рубидий	<b>Sr</b> 87,62 стронций	<b>Y</b> 88,9059 иттрий	<b>Zr</b> 91,22 цирконий	<b>Nb</b> 92,9064 ниобий	<b>Mo</b> 95,94 молибден	<b>Tc</b> 98,9062 технеций	<b>Ru</b> 101,07 рутений	<b>Rh</b> 102,9055 родий	<b>Pd</b> 106,4 палладий	<b>Ag</b> 107,868 серебро
		<b>Ag</b> 107,868 серебро	<b>Cd</b> 112,41 кадмий	<b>In</b> 114,82 индий	<b>Sn</b> 118,69 олово	<b>Sb</b> 121,75 сурьма	<b>Te</b> 127,60 теллур	<b>I</b> 126,9045 иод				<b>Xe</b> 131,30 ксенон
VI	6	<b>Cs</b> 132,9054 цезий	<b>Ba</b> 137,33 барий	<b>La</b> 138,9 лантан ×	<b>Hf</b> 178,49 гафний	<b>Ta</b> 180,9479 тантал	<b>W</b> 183,85 вольфрам	<b>Re</b> 186,207 рений	<b>Os</b> 190,2 осмий	<b>Ir</b> 192,22 иридий	<b>Pt</b> 195,09 платина	<b>Au</b> 196,9665 золото
		<b>Au</b> 196,9665 золото	<b>Hg</b> 200,59 ртуть	<b>Tl</b> 204,37 таллий	<b>Pb</b> 207,2 свинец	<b>Bi</b> 208,9 висмут	<b>Po</b> 209 полоний	<b>At</b> 210 астат				<b>Rn</b> 222 радон
VII	7	<b>Fr</b> 223 франций	<b>Ra</b> 226,0 радий	<b>Ac</b> 227 актиний ××	<b>Rf</b> 261 резерфордий	<b>Db</b> 262 дубний	<b>Sg</b> 266 сиборгий	<b>Bh</b> 269 борий	<b>Hs</b> 269 хассий	<b>Mt</b> 268 мейтнерий	<b>Ds</b> 271 дармштадтий	<b>Pm</b> 147 прометий
		<b>Rg</b> 272 рентгений										<b>Sm</b> 150,4 самарий

<b>La</b> 138,9 лантан	<b>Ce</b> 140,1 церий	<b>Pr</b> 140,9 празеодим	<b>Nd</b> 144,2 неодим	<b>Pm</b> 145 прометий	<b>Sm</b> 150,4 самарий	<b>Eu</b> 151,9 европий	<b>Gd</b> 157,3 гадолиний	<b>Tb</b> 158,9 тербий	<b>Dy</b> 162,5 диспрозий	<b>Ho</b> 164,9 гольмий	<b>Er</b> 167,3 эрбий	<b>Tm</b> 168,9 тулий	<b>Yb</b> 173,0 иттербий	<b>Lu</b> 174,9 лютеций
<b>Ac</b> 227 актиний	<b>Th</b> 232,0 торий	<b>Pa</b> 231,0 протактиний	<b>U</b> 238,0 уран	<b>Np</b> 237 нептуний	<b>Pu</b> 244 плутоний	<b>Am</b> 243 америций	<b>Cm</b> 247 курий	<b>Bk</b> 247 берклий	<b>Cf</b> 251 калифорний	<b>Es</b> 252 эйнштейний	<b>Fm</b> 257 фермий	<b>Md</b> 258 менделевий	<b>No</b> 259 нобелий	<b>Lr</b> 262 лоуренсий

# Периодическая таблица элементов

Металлические свойства ▾

металлы  
 неметаллы

1a																		VIIa	
1	IIa											IIIa	IVa	Va	VIa	VIIa		VIIIa	2
H	He											B	C	N	O	F		Ne	
3	4											5	6	7	8	9		10	
Li	Be											B	C	N	O	F		Ne	
11	12											13	14	15	16	17		18	
Na	Mg	IIIb	IVb	Vb	VIb	VIIb	VIIIb			Ib	IIb	Al	Si	P	S	Cl		Ar	
19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35		36	
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br		Kr	
37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53		54	
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I		Xe	
55	56	57	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85		86	
Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At		Rn	
87	88	89	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113							
Fr	Ra	Ac	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Uun	Uuu	Uub	Uut							
			58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71			
			Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu			
			90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103			
			Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr			

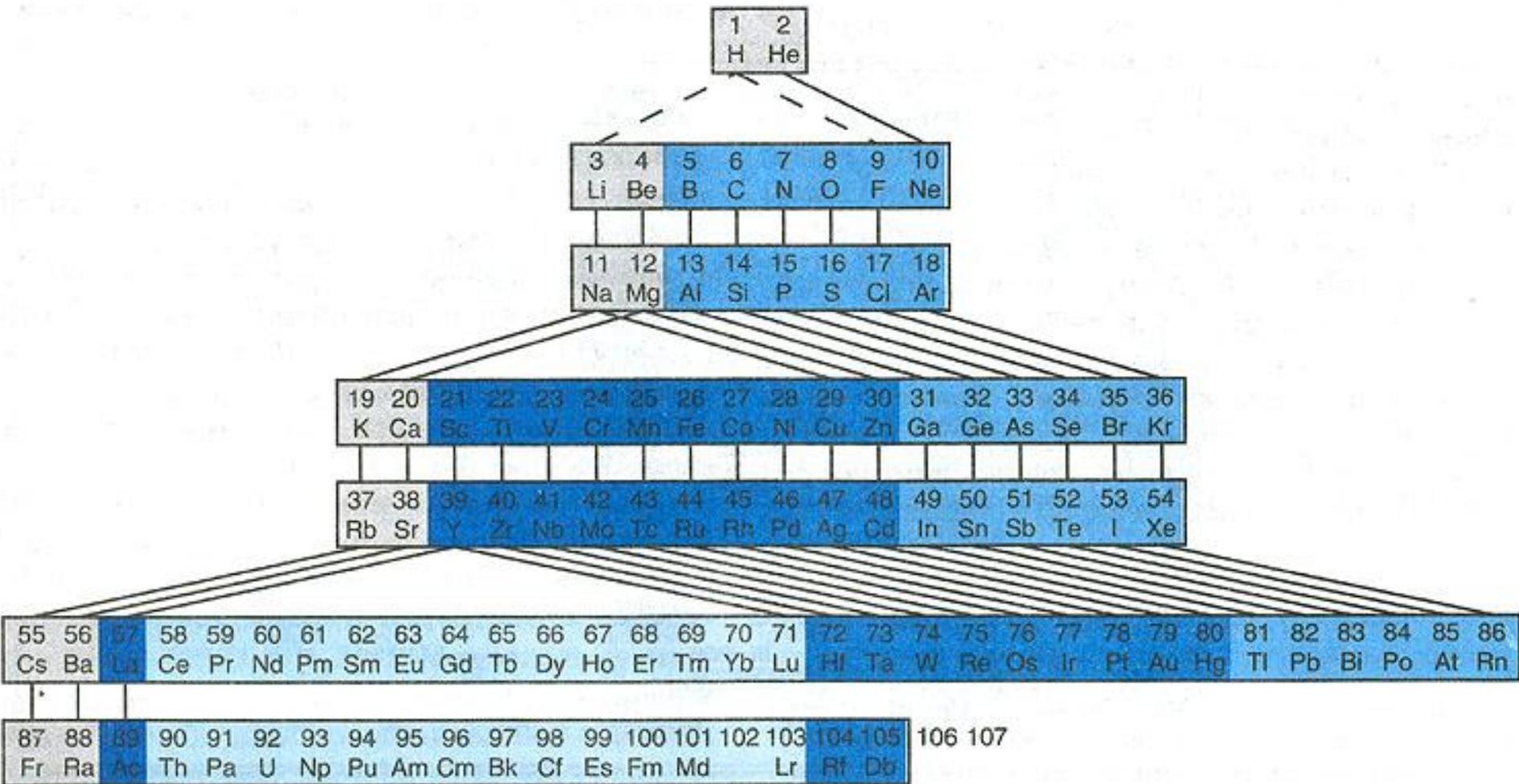


Рис. 7. Лестничная форма периодической системы химических элементов

# Период и группа

- **Период** – горизонтальная последовательность элементов, начинающаяся со щелочного металла и заканчивающаяся благородным газом; **главное квантовое число  $n$ , равное номеру периода** и характеризующее **внешний энергетический уровень**, у всех элементов периода **одинаково**.
- **Группа** элементов (в длиннопериодном варианте П.С.) – вертикальная совокупность элементов, обладающих **однотипной электронной конфигурацией** и определенным химическим сходством.

# Правило Клечковского (правило $n + l$ )

- Заселение электронами энергетических уровней и подуровней в нейтральных атомах в основном состоянии происходит с увеличением порядкового номера элемента в порядке увеличения суммы главного и орбитального квантовых чисел ( $n + l$ ), а при одинаковом значении ( $n + l$ ) – в порядке увеличения главного квантового числа  $n$ .

$n+l$	$n$	$l$	АО	Число $e^-$ на АО	Период	Число элементов в периоде
1	1	0	$1s^2$	2	1	2 (H→He)
2	2	0	$2s^2$	2	2	8 (Li→Ne)
3	2	1	$2p^6$	6		
3	3	0	$3s^2$	2	3	8 (Na→Ar)
4	3	1	$3p^6$	6		
4	4	0	$4s^2$	2	4	18 (K→Kr)
5	3	2	$3d^{10}$	10		
5	4	1	$4p^6$	6		
5	5	0	$5s^2$	2	5	18 (Rb→Xe)
6	4	2	$4d^{10}$	10		
6	5	1	$5p^6$	6		

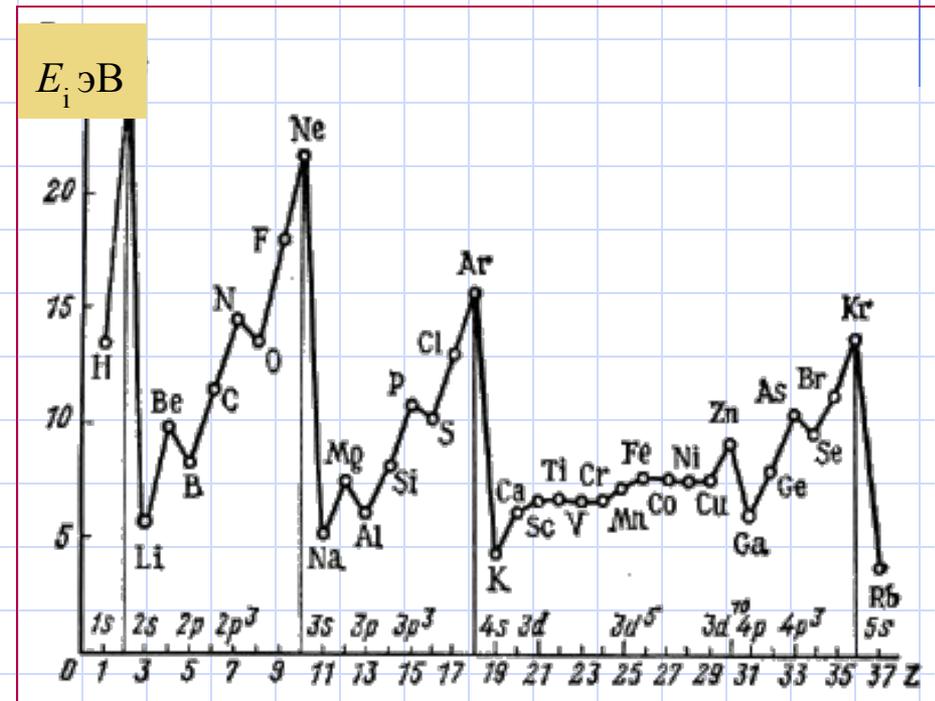
$n+l$	$n$	$l$	АО	Число $e^-$ на АО	Период	Число элементов в периоде
6	6	0	$6s^2$	2	6	32 (Cs→Rn)
7	4	3	$4f^{14}$	14		
7	5	2	$5d^{10}$	10		
7	6	1	$6p^6$	6		
7	7	0	$7s^2$	2	7	32 (Fr→...)
8	5	3	$5f^{14}$	14		
8	6	2	$6d^{10}$	10		
8	7	1	$7p^6$	6		

# Периодичность

- Периодичность – это повторяемость свойств химических и физических свойств элементов и их соединений по определенному направлению П.С. при скачкообразном изменении порядкового номера элементов.
- Виды периодичности: вертикальная, горизонтальная, диагональная, звездная.

# Вертикальная периодичность

- Повторяемость свойств химических элементов в вертикальных столбцах Периодической системы.
- Обуславливает объединение элементов в группы элементы объединены в группы.
- Элементы одной группы имеет однотипные электронные конфигурации.



Зависимость потенциала ионизации от атомного номера

# Горизонтальная периодичность

- Горизонтальная периодичность заключается в появлении максимальных и минимальных значений свойств простых веществ и соединений в пределах каждого периода.

# Горизонтальная периодичность

Элемент	Li	Be	B	C	N	O	F	Ne
$E_i$ кДж/моль	520	900	801	1086	1402	1314	1680	2080
$E_e$ кДж/моль	-60	0	-27	-122	+7	-141	-328	0
Электронная формула (валентные электроны)	$2s^1$	$2s^2$	$2s^2 2p^1$	$2s^2 2p^2$	$2s^2 2p^3$	$2s^2 2p^4$	$2s^2 2p^5$	$2s^2 2p^6$
Число неспаренных электронов	1	0	1	2	3	2	1	0

# Диагональная периодичность

- Повторяемость свойств простых веществ и соединений по диагоналям Периодической системы; связана с возрастанием неметаллических свойств в периодах слева направо и в группах снизу вверх.
- Примеры: литий похож по свойствам на магний, бериллий на алюминий, бор на кремний, углерод на фосфор.
- Так, литий и магний образуют много алкильных и арильных соединений, которые часто используют в органической химии.
- Бериллий и алюминий имеют сходные значения окислительно-восстановительных потенциалов. Бор и кремний образуют летучие, реакционноспособные молекулярные гидриды.

# Звездная периодичность

- Пример: свойства германия напоминают свойства его соседей — галлия, кремния, мышьяка и олова.
- На основании таких "геохимических звезд" можно предсказать присутствие элемента в минералах и рудах.

Период	IIБ	IIIА	IVА	VA
3			Si ↑	
4	Zn	Ca←	Ge→	As
5			↓ Sn	