

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ

кафедра химии

Классификация элементов.



Периодический закон.

доцент кафедры химии
Комарова В.И.

План лекции:

- 1) Этапы становления химии как науки
- 2) Открытие периодического закона
- 3) Периодическая система как графическое отражение периодического закона

поэт Степан Щипачев:

«Другого ничего в природе нет,

Ни здесь, ни там, в космических
глубинах:

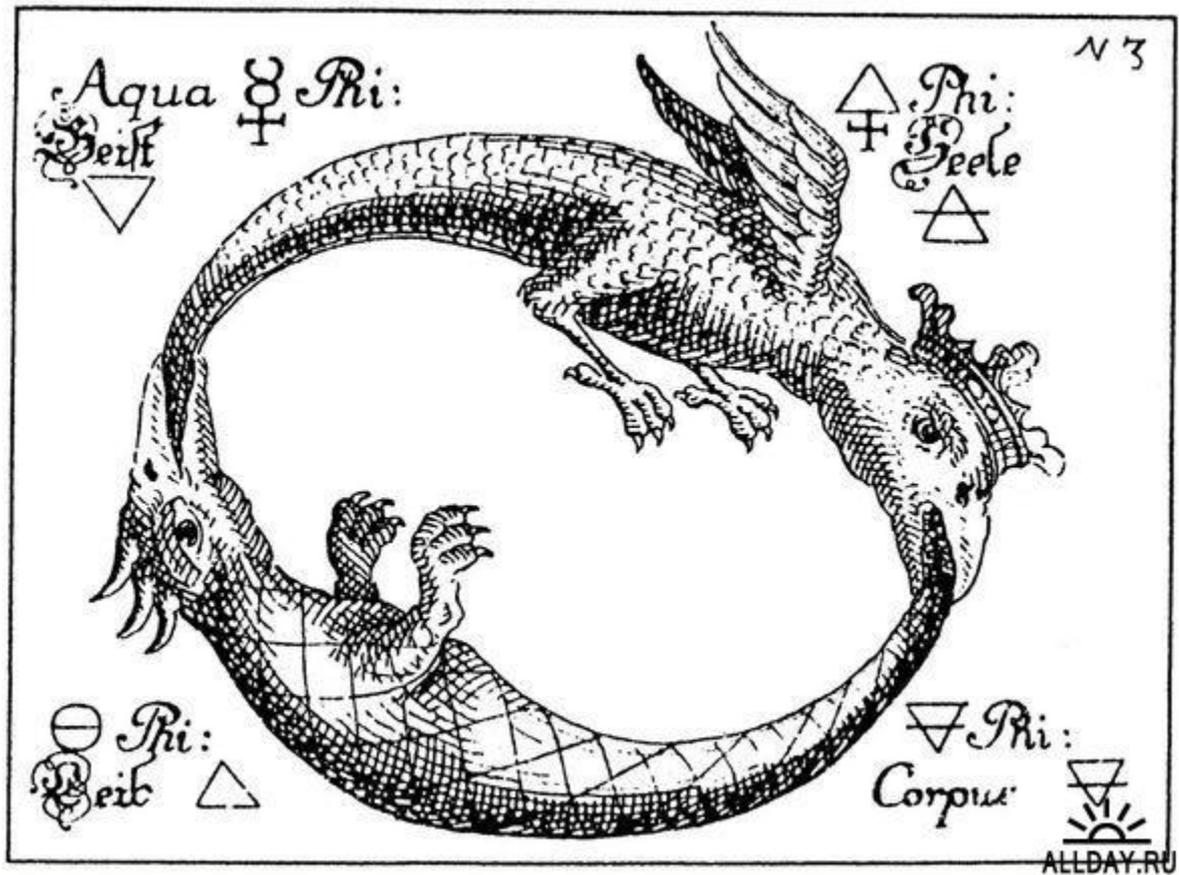
Все – от песчинок малых до планет –

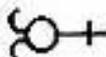
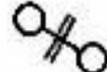
Из элементов состоит единых...»

Алхимический период



В.И. Комарова 2017 (очное)



	- вода		Уксусная кислота		Спирт		Щелочь		Квасиц
	- "море философов"		Сурьма		Мышьк		Белый мышьяк		Лазурит
	- уксус		Копалаит		Медный шафран		Ацетат меди		Кристаллическая уксуснокислая медь
	- масло		Железо		Железный купорос		Свинец		Белый свинец
	- небо, дух		Окисел металла		Сурик (свинцовый)		Азотная кислота		Оливковое масло прованское маслс
	- земля		Поташ		Нашатырь		Соль		Каменная селитра
	- возгонка		Философская сера		Серная кислота		Тальк, жироеик, стеатит, соль		Винный камень
	- осаждение								
	- стекло								
	- время								
	- "возыи"								
	- "сильно"								
	- квасиц								
	- актимоний								
	- Ведикое Делание								
	- окончание Великого Делания								

Полная картина влияния
состава веществ на их свойства
прояснится, писал
М. Ломоносов,
*«не раньше, чем будет
определено число химических
элементов и будет точно
изучена химическая природа
ИХ».*

Вторая половина XVIII – первая половина XIX века

- Открытие ряда элементов, о существовании которых ранее ничего не знали:

кобальт, никель, платина, марганец, молибден, вольфрам, бериллий, титан, хром, калий, натрий, кальций, магний, барий, стронций, кадмий, торий, цезий...

- Бурное развитие химического производства— ученые жаждали объяснить с позиций единой теории все многообразие свойств веществ и химических процессов

□ Попытки
классификации
химических
элементов
(видеофрагмент)



XVIII-XIX века

- Лавуазье
- **Деберейнер, 1817**
- Де Шанкуртуа, 1863
- **Ньюлендс, 1864**
- Олдинг, 1864
- Мейер, 1864
- 4 группы
- **«Триады»**
- Спираль
- **Закон октав**
- Таблица
- Таблица

Atomic Mass (1850)

$$\begin{array}{l} \text{Li } 7 \\ \text{Na } 23 \\ \text{K } 39 \end{array} \left. \vphantom{\begin{array}{l} \text{Li } 7 \\ \text{Na } 23 \\ \text{K } 39 \end{array}} \right\} \rightarrow \frac{7 + 39}{2} = 23$$

$$\begin{array}{l} \text{Ca } 40 \\ \text{Sr } 87 \\ \text{Ba } 137 \end{array} \left. \vphantom{\begin{array}{l} \text{Ca } 40 \\ \text{Sr } 87 \\ \text{Ba } 137 \end{array}} \right\} \rightarrow \frac{40 + 137}{2} = 88.5$$

$$\begin{array}{l} \text{P } 31 \\ \text{As } 75 \\ \text{Sb } 122 \end{array} \left. \vphantom{\begin{array}{l} \text{P } 31 \\ \text{As } 75 \\ \text{Sb } 122 \end{array}} \right\} \rightarrow \frac{31 + 122}{2} = 76.5$$

$$\begin{array}{l} \text{S } 32 \\ \text{Se } 78 \\ \text{Te } 128 \end{array} \left. \vphantom{\begin{array}{l} \text{S } 32 \\ \text{Se } 78 \\ \text{Te } 128 \end{array}} \right\} \rightarrow \frac{32 + 128}{2} = 80$$

$$\begin{array}{l} \text{Cl } 35.5 \\ \text{Br } 80 \\ \text{I } 127 \end{array} \left. \vphantom{\begin{array}{l} \text{Cl } 35.5 \\ \text{Br } 80 \\ \text{I } 127 \end{array}} \right\} \rightarrow \frac{35.5 + 127}{2} = 81.25$$

Atomic Number

$$\begin{array}{l} \text{Li } 3 \\ \text{Na } 11 \\ \text{K } 19 \end{array} \left. \vphantom{\begin{array}{l} \text{Li } 3 \\ \text{Na } 11 \\ \text{K } 19 \end{array}} \right\} \rightarrow \frac{3 + 19}{2} = 11$$

$$\begin{array}{l} \text{Ca } 20 \\ \text{Sr } 38 \\ \text{Ba } 56 \end{array} \left. \vphantom{\begin{array}{l} \text{Ca } 20 \\ \text{Sr } 38 \\ \text{Ba } 56 \end{array}} \right\} \rightarrow \frac{20 + 56}{2} = 38$$

$$\begin{array}{l} \text{P } 15 \\ \text{As } 33 \\ \text{Sb } 51 \end{array} \left. \vphantom{\begin{array}{l} \text{P } 15 \\ \text{As } 33 \\ \text{Sb } 51 \end{array}} \right\} \rightarrow \frac{15 + 51}{2} = 33$$

$$\begin{array}{l} \text{S } 16 \\ \text{Se } 34 \\ \text{Te } 52 \end{array} \left. \vphantom{\begin{array}{l} \text{S } 16 \\ \text{Se } 34 \\ \text{Te } 52 \end{array}} \right\} \rightarrow \frac{16 + 52}{2} = 34$$

$$\begin{array}{l} \text{Cl } 17 \\ \text{Br } 35 \\ \text{I } 53 \end{array} \left. \vphantom{\begin{array}{l} \text{Cl } 17 \\ \text{Br } 35 \\ \text{I } 53 \end{array}} \right\} \rightarrow \frac{17 + 53}{2} = 35$$

H						He	
Li	Be	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

Природа элементов как функция их атомного веса (Л. Мейер, 1870 г.)

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
	B 11.0	Al 27.3				?In 113.4		Tl 202.7
	C 11.97	Si 28				Sn 117.8		Pb 202.7
			Ti 48		Zr 89.7			
	N = 14.01	P = 30.9		As = 74.9		Sb = 122.1		Bi = 207.5
			V = 51.2		Nb = 93.7		Ta = 182.2	
	O = 15.96	S = 31.98		Sc = 78		Te = 128?		
			Cr = 52.4		Mo = 95.6		W = 183.5	
	F 19.1	Cl 35.8		Br 79.75		I 126.5		
			Mn 54.8		Ru 103.5		Os 198.6	
			Fe 55.9		Rh 104.1		Ir 196.7	
			Co = Ni = 58.6		Pd = 106.2		Pt = 196.7	
Li 7.01	Na 22.99	K 39.04		Rb 85.2		Cs 132.7		
			Cu = 63.3		Ag = 107.86		Au = 196.2	
?Be = 9.3	Mg = 23.9	Ca = 39.9		Sr = 87.0		Ba = 136.7		
			Zn = 64.9		Cd = 111.6		Hg = 199.8	

Карл Линней:

*«Система – это
ариаднина нить, без
нее все дело
превращается в
хаос»*

Менделеев Дмитрий Иванович:

Свойства простых тел, а так же формы и свойства соединений элементов находятся в периодической зависимости от величины атомных весов (масс) элементов.

1 марта 1869 года

Квартира Д.И. Менделеева



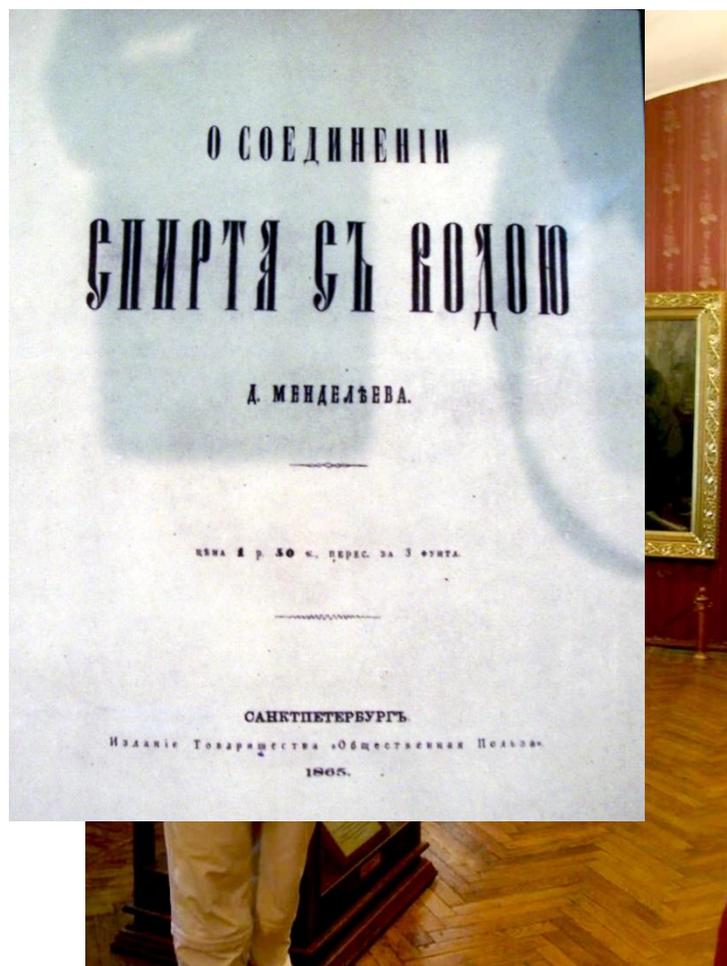
В.И. Комарова 2017 (очное)

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.
			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	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?		

Музей-квартира Д.И. Менделеева



□ **В отличие** от своих научных предшественников открытию периодического закона и созданию периодической таблицы способствовало то, что Дмитрий Иванович за основу взял не **одну только атомную массу элементов**, но и результаты применения «**метода атомной аналогии**».

«Метод атомной аналогии»

Метод был разработан специально для анализа свойств элементов. Из 29 предсказанных элементов Менделеев с удивительной точностью описал 12. При этом подробности свойств относились не только к простому веществу, но и к соединениям.

Li	Bc	B
Na	Mg	Al
K	Ca	Ga

а

Cr	Mn	Fe
Mo	Tc	Ru
W	Re	Os

б

Рис. 1. «Звездность свойств» магния (а) и предсказанного Д.И.Менделеевым технеция (б)

«Правило звездности»:

- исключает даже самую возможность сомнения в том, что Менделеев был первооткрывателем периодического закона и периодической системы
- из него напрямую следует «диагональное сходство» и, соответственно, «диагональное сечение» периодической системы (выражение С.А.Щукарева)

-
- Без учета «правила звездности» трудно понять некоторые фактические сведения о свойствах конкретных элементов. Известно, например, что в группе щелочно-земельных элементов щелочи образуются только с кальция (IV период). Этого нельзя понять, если не рассматривать химическое сходство лития и магния

IUPAC Periodic Table of the Elements

IUPAC Periodic Table of the Elements

																13	14	15	16	17	18																										
1 H hydrogen (1.008, 1.009)															5 B boron (10.81, 10.83)	6 C carbon (12.00, 12.02)	7 N nitrogen (14.00, 14.01)	8 O oxygen (15.99, 16.00)	9 F fluorine 18.99	10 Ne neon 20.18																											
3 Li lithium (6.94, 6.96)	4 Be beryllium 9.012															13 Al aluminium 26.98	14 Si silicon (28.08, 28.09)	15 P phosphorus 30.97	16 S sulphur (32.06, 32.08)	17 Cl chlorine (35.44, 35.46)	18 Ar argon 39.95																										
11 Na sodium 22.99	12 Mg magnesium (24.30, 24.31)															31 Ga gallium 69.72	32 Ge germanium 72.64	33 As arsenic 74.92	34 Se selenium 78.96	35 Br bromine (79.90, 80.00)	36 Kr krypton 83.80																										
19 K potassium 39.10	20 Ca calcium 40.08	21 Sc scandium 44.96	22 Ti titanium 47.87	23 V vanadium 50.94	24 Cr chromium 51.99	25 Mn manganese 54.94	26 Fe iron 55.85	27 Co cobalt 58.93	28 Ni nickel 58.69	29 Cu copper 63.55	30 Zn zinc 65.38	31 Ga gallium 69.72	32 Ge germanium 72.64	33 As arsenic 74.92	34 Se selenium 78.96	35 Br bromine (79.90, 80.00)	36 Kr krypton 83.80																														
37 Rb rubidium 85.47	38 Sr strontium 87.62	39 Y yttrium 88.91	40 Zr zirconium 91.22	41 Nb niobium 92.91	42 Mo molybdenum 95.94	43 Tc technetium 98.91	44 Ru ruthenium 101.1	45 Rh rhodium 102.9	46 Pd palladium 106.4	47 Ag silver 107.9	48 Cd cadmium 112.4	49 In indium 114.8	50 Sn tin 118.7	51 Sb antimony 121.8	52 Te tellurium 127.6	53 I iodine 126.9	54 Xe xenon 131.3																														
55 Cs caesium 132.9	56 Ba barium 137.3	57-71 lanthanoids	72 Hf hafnium 178.5	73 Ta tantalum 180.9	74 W tungsten 183.8	75 Re rhenium 186.2	76 Os osmium 190.2	77 Ir iridium 192.2	78 Pt platinum 195.1	79 Au gold 197.0	80 Hg mercury 200.6	81 Tl thallium (204.3, 204.4)	82 Pb lead 207.2	83 Bi bismuth 208.0	84 Po polonium	85 At astatine	86 Rn radon																														
87 Fr francium	88 Ra radium	89-103 actinoids	104 Rf rutherfordium	105 Db dubnium	106 Sg seaborgium	107 Bh bohrium	108 Hs hassium	109 Mt meitnerium	110 Ds darmstadtium	111 Rg roentgenium	112 Cn copernicium		114 Fl flerovium		116 Lv livermorium																																
<table border="1"> <tr> <td>57 La lanthanum 138.9</td> <td>58 Ce cerium 140.1</td> <td>59 Pr praseodymium 140.9</td> <td>60 Nd neodymium 144.2</td> <td>61 Pm promethium</td> <td>62 Sm samarium 150.4</td> <td>63 Eu europium 151.9</td> <td>64 Gd gadolinium 157.3</td> <td>65 Tb terbium 158.9</td> <td>66 Dy dysprosium 162.5</td> <td>67 Ho holmium 164.9</td> <td>68 Er erbium 167.3</td> <td>69 Tm thulium 168.9</td> <td>70 Yb ytterbium 173.1</td> <td>71 Lu lutetium 174.9</td> </tr> <tr> <td>89 Ac actinium</td> <td>90 Th thorium 232.0</td> <td>91 Pa protactinium 231.0</td> <td>92 U uranium 238.0</td> <td>93 Np neptunium</td> <td>94 Pu plutonium</td> <td>95 Am americium</td> <td>96 Cm curium</td> <td>97 Bk berkelium</td> <td>98 Cf californium</td> <td>99 Es einsteinium</td> <td>100 Fm fermium</td> <td>101 Md mendelevium</td> <td>102 No nobelium</td> <td>103 Lr lawrencium</td> </tr> </table>																		57 La lanthanum 138.9	58 Ce cerium 140.1	59 Pr praseodymium 140.9	60 Nd neodymium 144.2	61 Pm promethium	62 Sm samarium 150.4	63 Eu europium 151.9	64 Gd gadolinium 157.3	65 Tb terbium 158.9	66 Dy dysprosium 162.5	67 Ho holmium 164.9	68 Er erbium 167.3	69 Tm thulium 168.9	70 Yb ytterbium 173.1	71 Lu lutetium 174.9	89 Ac actinium	90 Th thorium 232.0	91 Pa protactinium 231.0	92 U uranium 238.0	93 Np neptunium	94 Pu plutonium	95 Am americium	96 Cm curium	97 Bk berkelium	98 Cf californium	99 Es einsteinium	100 Fm fermium	101 Md mendelevium	102 No nobelium	103 Lr lawrencium
57 La lanthanum 138.9	58 Ce cerium 140.1	59 Pr praseodymium 140.9	60 Nd neodymium 144.2	61 Pm promethium	62 Sm samarium 150.4	63 Eu europium 151.9	64 Gd gadolinium 157.3	65 Tb terbium 158.9	66 Dy dysprosium 162.5	67 Ho holmium 164.9	68 Er erbium 167.3	69 Tm thulium 168.9	70 Yb ytterbium 173.1	71 Lu lutetium 174.9																																	
89 Ac actinium	90 Th thorium 232.0	91 Pa protactinium 231.0	92 U uranium 238.0	93 Np neptunium	94 Pu plutonium	95 Am americium	96 Cm curium	97 Bk berkelium	98 Cf californium	99 Es einsteinium	100 Fm fermium	101 Md mendelevium	102 No nobelium	103 Lr lawrencium																																	

Key:
atomic number
Symbol
name
standard atomic weight

Notes

- IUPAC 2011 Standard atomic weights abridged to four significant digits [Table 4 published in *Pure Appl. Chem.* 85, 1047-1078 (2013); <http://dx.doi.org/10.1351/PAC-REP-13-03-02>. The uncertainty in the last digit of the standard atomic weight value is listed in parentheses following the value. In the absence of parentheses, the uncertainty is one in that last digit. An interval in square brackets provides the lower and upper bounds of the standard atomic weight for that element. No values are listed for elements which lack isotopes with a characteristic isotopic abundance in natural terrestrial samples. See PAC for more details.

- "Aluminium" and "caesium" are commonly used alternative spellings for "aluminum" and "cesium."
- Claims for the discovery of all the remaining elements in the last row of the Table, namely elements with atomic numbers 113, 115, 117 and 118, and for which no assignments have yet been made, are being considered by a IUPAC and IUPAP Joint Working Party.

For updates to this table, see iupac.org/reports/periodic_table/. This version is dated 1 May 2013.
Copyright © 2013 IUPAC, the International Union of Pure and Applied Chemistry.



1												18					
1 H 1.008	2											13	14	15	16	17	2 He 4.0026
3 Li 6.94	4 Be 9.0122											5 B 10.81	6 C 12.011	7 N 14.007	8 O 15.999	9 F 18.998	10 Ne 20.180
11 Na 22.990	12 Mg 24.305	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13 Al 26.982	14 Si 28.085	15 P 30.974	16 S 32.06	17 Cl 35.45	18 Ar 39.948
19 K 39.098	20 Ca 40.078	21 Sc 44.956	22 Ti 47.867	23 V 50.942	24 Cr 51.996	25 Mn 54.938	26 Fe 55.845	27 Co 58.933	28 Ni 58.693	29 Cu 63.546	30 Zn 65.38	31 Ga 69.723	32 Ge 72.630	33 As 74.922	34 Se 78.97	35 Br 79.904	36 Kr 83.798
37 Rb 85.468	38 Sr 87.62	39 Y 88.906	40 Zr 91.224	41 Nb 92.906	42 Mo 95.95	43 Tc (98)	44 Ru 101.07	45 Rh 102.91	46 Pd 106.42	47 Ag 107.87	48 Cd 112.41	49 In 114.82	50 Sn 118.71	51 Sb 121.76	52 Te 127.60	53 I 126.90	54 Xe 131.29
55 Cs 132.91	56 Ba 137.33	57-71 *	72 Hf 178.49	73 Ta 180.95	74 W 183.84	75 Re 186.21	76 Os 190.23	77 Ir 192.22	78 Pt 195.08	79 Au 196.97	80 Hg 200.59	81 Tl 204.38	82 Pb 207.2	83 Bi 208.98	84 Po (209)	85 At (210)	86 Rn (222)
87 Fr (223)	88 Ra (226)	89-103 #	104 Rf (265)	105 Db (268)	106 Sg (271)	107 Bh (270)	108 Hs (277)	109 Mt (276)	110 Ds (281)	111 Rg (280)	112 Cn (285)	113 Nh (286)	114 Fl (289)	115 Mc (289)	116 Lv (293)	117 Ts (294)	118 Og (294)

* Lanthanide series

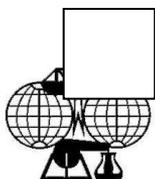
57 La 138.91	58 Ce 140.12	59 Pr 140.91	60 Nd 144.24	61 Pm (145)	62 Sm 150.36	63 Eu 151.96	64 Gd 157.25	65 Tb 158.93	66 Dy 162.50	67 Ho 164.93	68 Er 167.26	69 Tm 168.93	70 Yb 173.05	71 Lu 174.97
---------------------------	---------------------------	---------------------------	---------------------------	--------------------------	---------------------------	---------------------------	---------------------------	---------------------------	---------------------------	---------------------------	---------------------------	---------------------------	---------------------------	---------------------------

Actinide series

89 Ac (227)	90 Th 232.04	91 Pa 231.04	92 U 238.03	93 Np (237)	94 Pu (244)	95 Am (243)	96 Cm (247)	97 Bk (247)	98 Cf (251)	99 Es (252)	100 Fm (257)	101 Md (258)	102 No (259)	103 Lr (262)
--------------------------	---------------------------	---------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	---------------------------	---------------------------	---------------------------	---------------------------

IUPAC Periodic Table of the Elements, 19 февраля 2010

1 H hydrogen 1.008											13 B boron 10.81	14 C carbon 12.01	15 N nitrogen 14.01	16 O oxygen 16.00	17 F fluorine 19.00	18
3 Li lithium 6.941(2)	4 Be beryllium 9.012	Key: atomic number Symbol name standard atomic weight										13 Al aluminium 26.98	14 Si silicon 28.09	15 P phosphorus 30.97	16 S sulfur 32.07	17 Cl chlorine 35.45
11 Na sodium 22.99	12 Mg magnesium 24.31	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
19 K potassium 39.10	20 Ca calcium 40.08		22 Ti titanium 47.87	23 V vanadium 50.94	24 Cr chromium 52.00	25 Mn manganese 54.94	26 Fe iron 55.85	27 Co cobalt 58.93	28 Ni nickel 58.69	29 Cu copper 63.55	30 Zn zinc 65.38(2)			33 As arsenic 74.92	34 Se selenium 78.96(3)	35 Br bromine 79.90
37 Rb rubidium 85.47	38 Sr strontium 87.62	39 Y yttrium 88.91	40 Zr zirconium 91.22	41 Nb niobium 92.91	42 Mo molybdenum 95.94(2)		44 Ru ruthenium 101.1	45 Rh rhodium 102.9	46 Pd palladium 106.4	47 Ag silver 107.9	48 Cd cadmium 112.4		50 Sn tin 118.7	51 Sb antimony 121.8	52 Te tellurium 127.6	53 I iodine 126.9
55 Cs caesium 132.9	56 Ba barium 137.3			73 Ta tantalum 180.9	74 W tungsten 183.8		76 Os osmium 190.2	77 Ir iridium 192.2	78 Pt platinum 195.1	79 Au gold 197.0	80 Hg mercury 200.6	81 Tl thallium 204.4	82 Pb lead 207.2	83 Bi bismuth 209.0		



	58 Ce cerium 140.1															
	90 Th thorium 232.0		92 U uranium 238.0													

«Истинные укрепители периодического закона» :



НИЛЬСОН



Винклер

«истинные укрепители периодического закона» :

- В 1875 г. молодой французский спектроскопист *П.Э.Лекок де Буабодран* новый элемент, названный им **галлием**. Свойства галлия совпали со свойствами «экаалюминия».
- В 1879 г. шведский химик *Л.Ф.Нильсон* открыл элемент **скандий**, свойства которого совпали со свойствами «экабора».
- В 1886 г. немецкий химик *К.А.Винклер* открыл элемент **германий** – «экасилиций»
- чешский ученый *Браунер* доказал, что атомная масса T_e равна не 128, а 125, как следовало по закону периодичности.

Значение периодического закона

- предсказаны неизвестные еще элементы
- заранее предсказаны свойства этих элементов
- периодическая система дала толчок к исправлению атомных масс некоторых элементов
- именно на его основе были искусственно созданы трансурановые элементы
- последующее развитие науки позволило определить периодический закон, гораздо глубже познать строение вещества

Cs раньше приписывали атомную массу 123,4

Менделеев : «Cs должен стоять в главной

подгруппе первой группы под Rb и поэтому будет

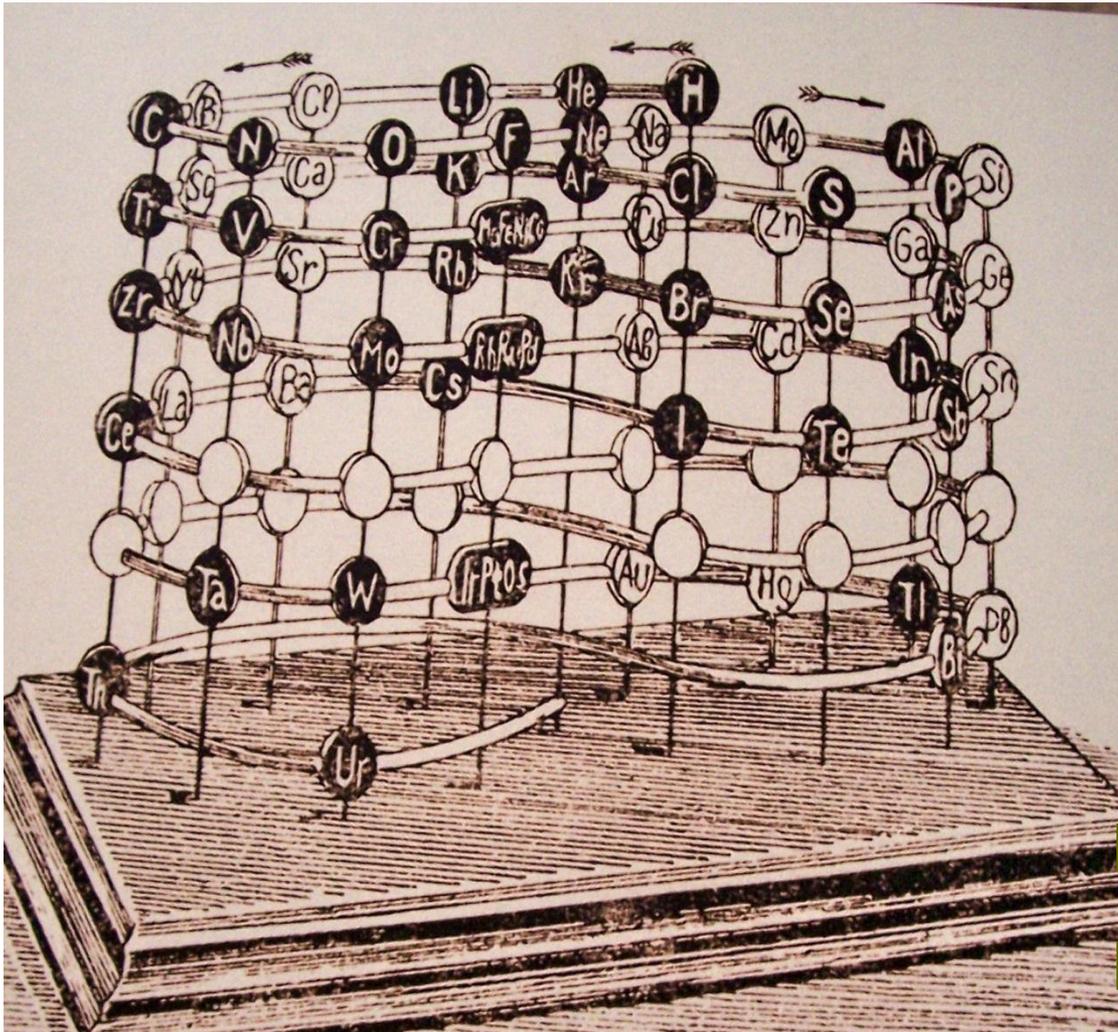
следующее развитие науки позволило

определения показывает, что такая масса Cs

равна 132,9054

глубже познать строение вещества

Варианты периодической системы



□ Бэли, 1882

□ Крукс, 1886

Периодическая таблица химических элементов Д.И.Менделеева

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18		
1	H																			He
2	Li	Be											B	C	N	O	F		Ne	
3	Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl		Ar	
4	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr		
5	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe		
6	Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn		
7	Fr	Ra	Ac	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg									
	Лантаноиды				Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu		
	Актинοиды				Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr		

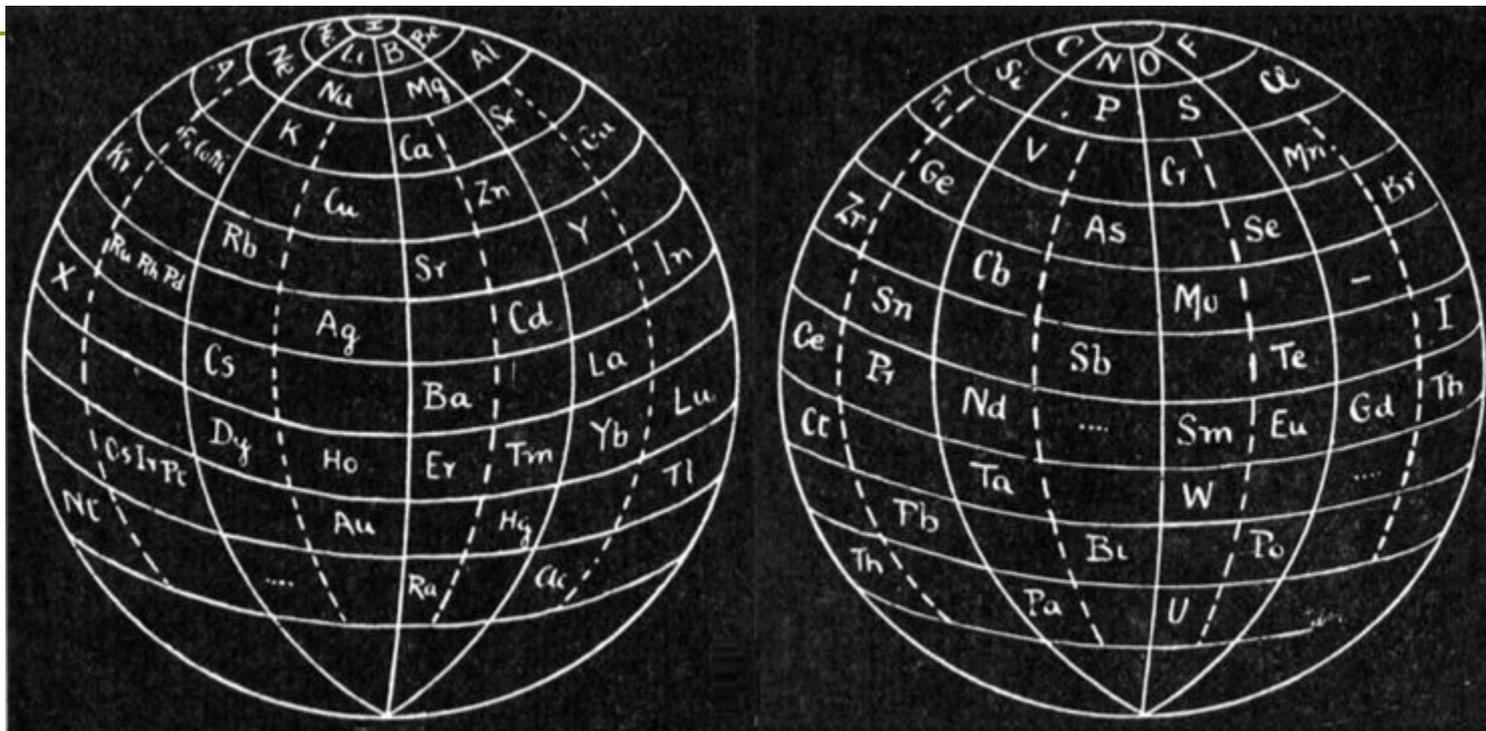
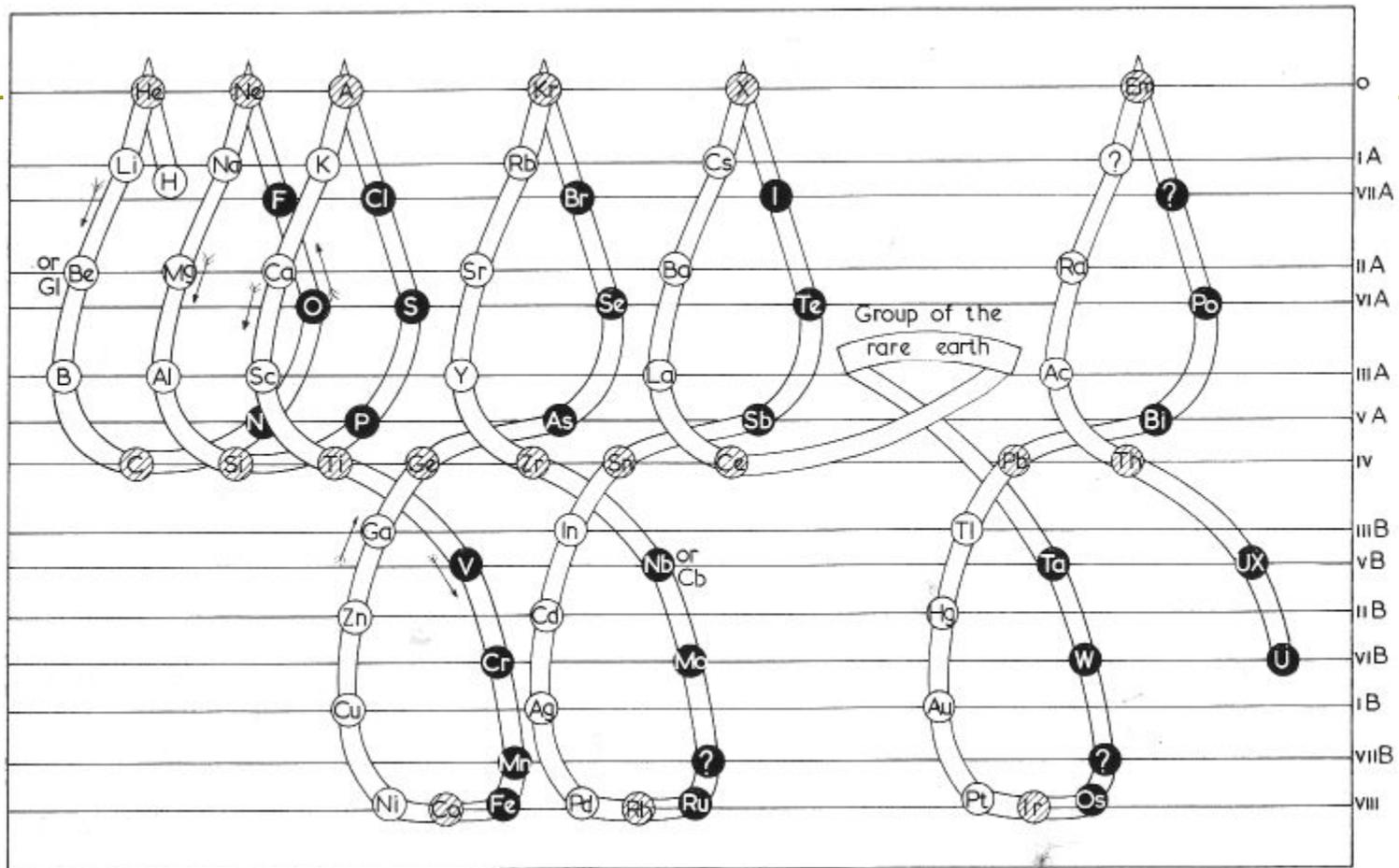
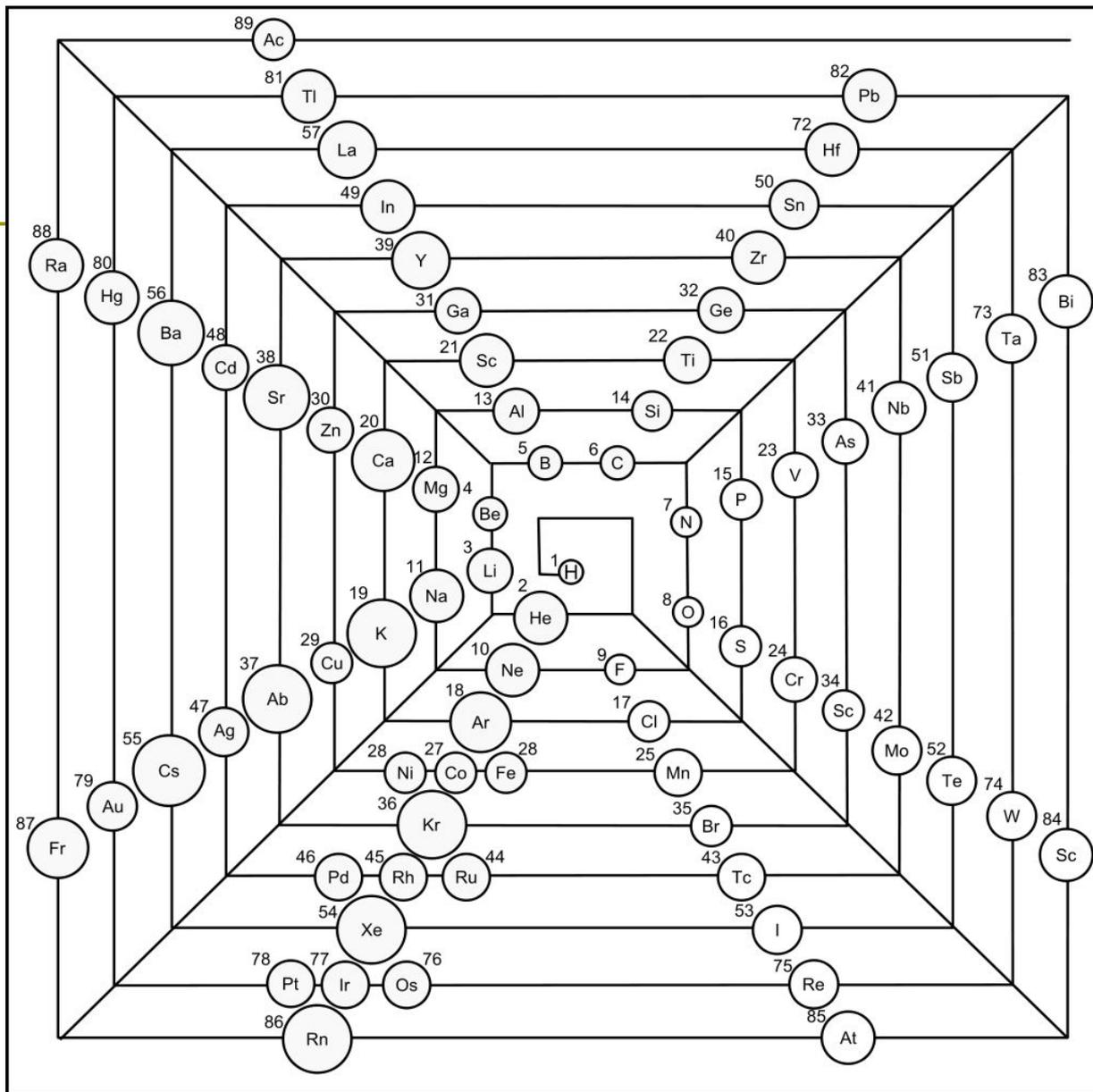


FIGURE 29.—FRIEND'S PERIODIC SYSTEM





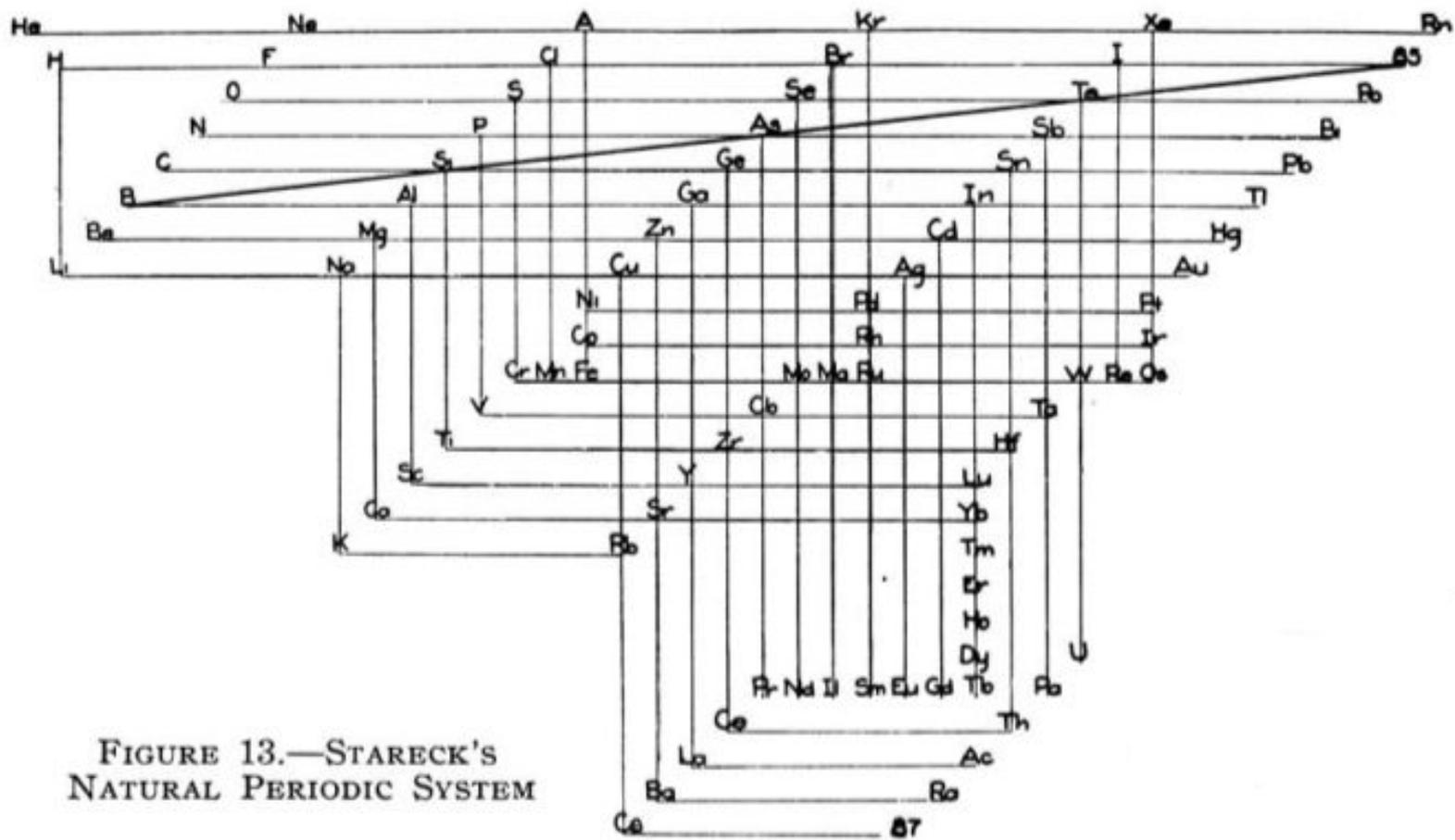
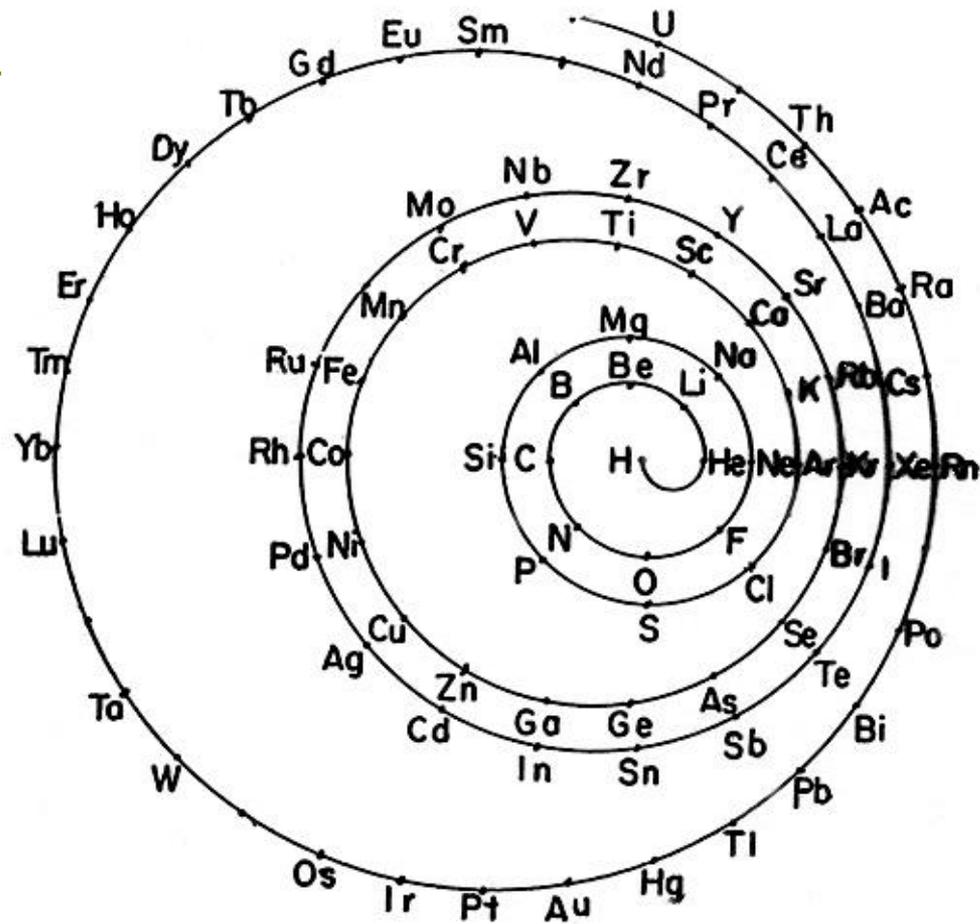


FIGURE 13.—STARECK'S
NATURAL PERIODIC SYSTEM



Ingo Waldemar Dagobert Hackh, 1914

Periodensystem der Elemente

1		New Original																18		K								
IA												IIIA		IVA		VA		VIA		VIIA		VIIIA						
1	H Wasserstoff 1.00794																					2	He Helium 4.002602	K				
2	Li Lithium 6.941	Be Beryllium 9.012182																					10	Ne Neon 20.1797	K L			
3	Na Natrium 22.989770	Mg Magnesium 24.3050																					18	Ar Argon 39.948	K L M			
4	K Kalium 39.0983	Ca Kalzium 40.078	Sc Scandium 44.955910	Ti Titan 47.867	V Vanadium 50.9415	Cr Chrom 51.9961	Mn Mangan 54.938049	Fe Eisen 55.8457	Co Kobalt 58.933200	Ni Nickel 58.6934	Cu Kupfer 63.546	Zn Zink 65.409	Ga Gallium 69.723	Ge Germanium 72.64	As Arsen 74.92160	Se Selen 78.96	Br Brom 79.904	Kr Krypton 83.798			36	Xe Xenon 131.293	K L M N					
5	Rb Rubidium 85.4678	Sr Strontium 87.62	Y Yttrium 88.90585	Zr Zirkonium 91.224	Nb Niob 92.90638	Mo Molybdän 95.94	Tc Technetium (98)	Ru Ruthenium 101.07	Rh Rhodium 102.90550	Pd Palladium 106.42	Ag Silber 107.8682	Cd Cadmium 112.411	In Indium 114.818	Sn Zinn 118.710	Sb Antimon 121.760	Te Tellur 127.60	I Iod 126.90447	Xe Xenon 131.293			54	Xe Xenon 131.293	K L M N O					
6	Cs Cäsium 132.90545	Ba Barium 137.327	57 to 71										Hf Hafnium 178.49	Ta Tantal 180.9479	W Wolfram 183.84	Re Rhenium 186.207	Os Osmium 190.23	Ir Iridium 192.217	Pt Platin 195.078	Au Gold 196.96655	Hg Quecksilber 200.59	Tl Thallium 204.3833	Pb Blei 207.2	Bi Wismut 208.98038	Po Polonium (209)	At Astat (210)	Rn Radon (222)	K L M N O P
7	Fr Francium (223)	Ra Radium (226)	89 to 103										Rf Rutherfordium (261)	Db Dubnium (262)	Sg Seaborgium (266)	Bh Bohrium (264)	Hs Hassium (269)	Mt Meitnerium (268)	Ds Darmstadtium (271)	Rg Roentgenium (272)	Uub Ununbium (285)	Uut Ununtrium (284)	Uuq Ununquadium (289)	Uup Ununpentium (288)	Uuh Ununhexium (292)	Uus Ununseptium	Uuo Ununoctium	K L M N O P Q

Atomic masses in parentheses are those of the most stable or common isotope.

Design Copyright © 1997 Michael Dayah (michael@dayah.com), <http://www.dayah.com/periodic/>

Note: The subgroup numbers 1-18 were adopted in 1984 by the International Union of Pure and Applied Chemistry. The names of elements 112-118 are the Latin equivalents of those numbers.

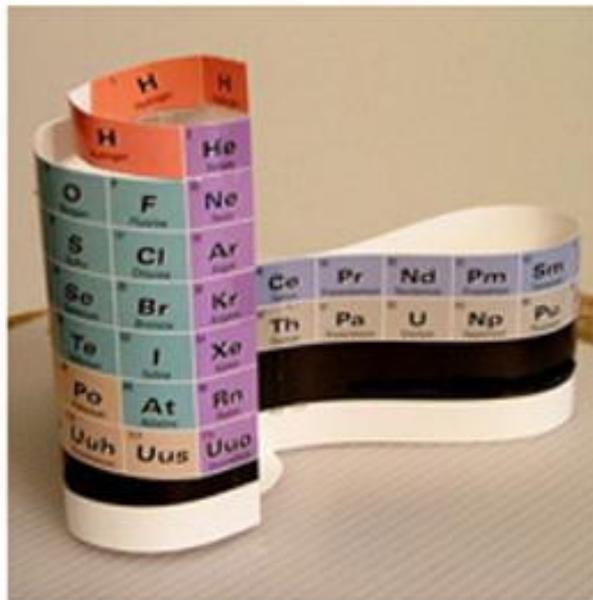
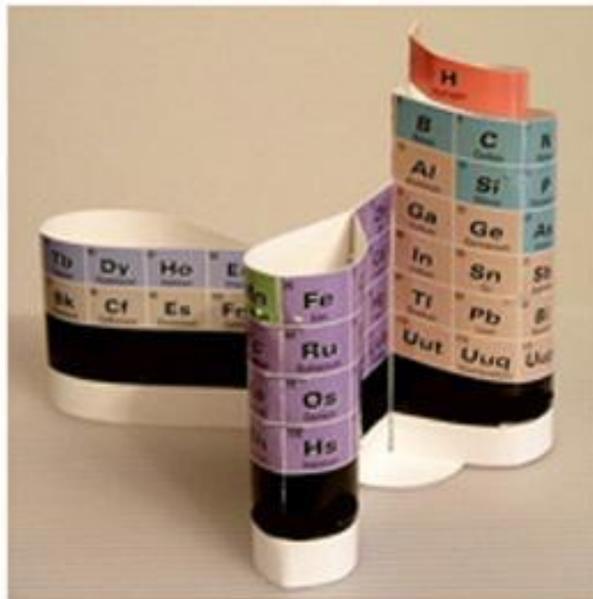
57 La Lanthan 138.9055	58 Ce Cer 140.116	59 Pr Praseodym 140.90765	60 Nd Neodym 144.24	61 Pm Promethium (145)	62 Sm Samarium 150.36	63 Eu Europium 151.964	64 Gd Gadolinium 157.25	65 Tb Terbium 158.92534	66 Dy Dysprosium 162.500	67 Ho Holmium 164.93032	68 Er Erbium 167.259	69 Tm Thulium 168.93421	70 Yb Ytterbium 173.04	71 Lu Lutetium 174.967
89 Ac Actinium (227)	90 Th Thorium 232.0381	91 Pa Protactinium 231.03688	92 U Uran 238.02891	93 Np Neptunium (237)	94 Pu Plutonium (244)	95 Am Americium (243)	96 Cm Curium (247)	97 Bk Berkelium (247)	98 Cf Californium (251)	99 Es Einsteinium (252)	100 Fm Fermium (257)	101 Md Mendelevium (258)	102 No Nobelium (259)	103 Lr Lawrencium (262)

元素周期表

族 周期	I A																	0	电子层	0 电子数						
1	1 H 氢 $1s^1$ 1.008	II A		<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 20%;"> <p>原子序数 — 92 U — 元素符号, 红色 指放射性元素</p> <p>元素名称注* 的是人造元素</p> <p>外围电子层排布, 括号指可能的电 子层排布</p> <p>相对原子质量</p> </div> <div style="width: 20%; text-align: center;"> <p>非金属</p> <p>金属</p> <p>过渡元素</p> </div> </div>														2 He 氦 $1s^2$ 4.003	K	2						
2	3 Li 锂 $2s^1$ 6.941	4 Be 铍 $2s^2$ 9.012																	5 B 硼 $2s^2 2p^1$ 10.81	6 C 碳 $2s^2 2p^2$ 12.01	7 N 氮 $2s^2 2p^3$ 14.01	8 O 氧 $2s^2 2p^4$ 16.00	9 F 氟 $2s^2 2p^5$ 19.00	10 Ne 氖 $2s^2 2p^6$ 20.18	L	8
3	11 Na 钠 $3s^1$ 22.99	12 Mg 镁 $3s^2$ 24.31	III B	IV B	V B	VI B	VII B	VIII			IB	II B	13 Al 铝 $3s^2 3p^1$ 26.98	14 Si 硅 $3s^2 3p^2$ 28.09	15 P 磷 $3s^2 3p^3$ 30.97	16 S 硫 $3s^2 3p^4$ 32.07	17 Cl 氯 $3s^2 3p^5$ 35.45	18 Ar 氩 $3s^2 3p^6$ 39.95	M	8						
4	19 K 钾 $4s^1$ 39.10	20 Ca 钙 $4s^2$ 40.08	21 Sc 钪 $3d^1 4s^2$ 44.96	22 Ti 钛 $3d^2 4s^2$ 47.87	23 V 钒 $3d^3 4s^2$ 50.94	24 Cr 铬 $3d^5 4s^1$ 52.00	25 Mn 锰 $3d^5 4s^2$ 54.94	26 Fe 铁 $3d^6 4s^2$ 55.85	27 Co 钴 $3d^7 4s^2$ 58.93	28 Ni 镍 $3d^8 4s^2$ 58.69	29 Cu 铜 $3d^{10} 4s^1$ 63.55	30 Zn 锌 $3d^{10} 4s^2$ 65.39	31 Ga 镓 $4s^2 4p^1$ 69.72	32 Ge 锗 $4s^2 4p^2$ 72.61	33 As 砷 $4s^2 4p^3$ 74.92	34 Se 硒 $4s^2 4p^4$ 78.96	35 Br 溴 $4s^2 4p^5$ 79.90	36 Kr 氪 $4s^2 4p^6$ 83.80	N	8						
5	37 Rb 铷 $5s^1$ 85.47	38 Sr 锶 $5s^2$ 87.62	39 Y 钇 $4d^1 5s^2$ 88.91	40 Zr 锆 $4d^2 5s^2$ 91.22	41 Nb 铌 $4d^4 5s^1$ 92.91	42 Mo 钼 $4d^5 5s^1$ 95.94	43 Tc 锝 $4d^5 5s^2$ [99]	44 Ru 钌 $4d^7 5s^1$ 101.1	45 Rh 铑 $4d^8 5s^1$ 102.9	46 Pd 钯 $4d^{10}$ 106.4	47 Ag 银 $4d^{10} 5s^1$ 107.9	48 Cd 镉 $4d^{10} 5s^2$ 112.4	49 In 铟 $5s^2 5p^1$ 114.8	50 Sn 锡 $5s^2 5p^2$ 118.7	51 Sb 锑 $5s^2 5p^3$ 121.8	52 Te 碲 $5s^2 5p^4$ 127.6	53 I 碘 $5s^2 5p^5$ 126.9	54 Xe 氙 $5s^2 5p^6$ 131.3	O	8						
6	55 Cs 铯 $6s^1$ 132.9	56 Ba 钡 $6s^2$ 137.3	57-71 La-Lu 镧系	72 Hf 铪 $5d^2 6s^2$ 178.5	73 Ta 钽 $5d^3 6s^2$ 180.9	74 W 钨 $5d^4 6s^2$ 183.8	75 Re 铼 $5d^5 6s^2$ 186.2	76 Os 锇 $5d^6 6s^2$ 190.2	77 Ir 铱 $5d^7 6s^2$ 192.2	78 Pt 铂 $5d^9 6s^1$ 195.1	79 Au 金 $5d^{10} 6s^1$ 197.0	80 Hg 汞 $5d^{10} 6s^2$ 200.6	81 Tl 铊 $6s^2 6p^1$ 204.4	82 Pb 铅 $6s^2 6p^2$ 207.2	83 Bi 铋 $6s^2 6p^3$ 209.0	84 Po 钋 $6s^2 6p^4$ [209]	85 At 砹 $6s^2 6p^5$ [210]	86 Rn 氡 $6s^2 6p^6$ [222]	P	8						
7	87 Fr 钫 $7s^1$ [223]	88 Ra 镭 $7s^2$ 226.0	89-103 Ac-Lr 锕系	104 Rf 𨭎* $(6d^4 7s^2)$ [261]	105 Ha 𨭏* $(6d^5 7s^2)$ [262]	106 * $(6d^6 7s^2)$ [263]	107 * $(6d^7 7s^2)$ [262]	108 * $(6d^8 7s^2)$ [265]	109 * $(6d^9 7s^2)$ [266]										N	8						

镧系	57 La 镧 $5d^1 6s^2$ 138.9	58 Ce 铈 $4f^1 5d^1 6s^2$ 140.1	59 Pr 镨 $4f^3 6s^2$ 140.9	60 Nd 钕 $4f^4 6s^2$ 144.2	61 Pm 钷 $4f^5 6s^2$ [147]	62 Sm 钐 $4f^6 6s^2$ 150.4	63 Eu 铕 $4f^7 6s^2$ 152.0	64 Gd 钆 $4f^7 5d^1 6s^2$ 157.3	65 Tb 铽 $4f^9 6s^2$ 158.9	66 Dy 镝 $4f^{10} 6s^2$ 162.5	67 Ho 铥 $4f^{11} 6s^2$ 164.9	68 Er 铒 $4f^{12} 6s^2$ 167.3	69 Tm 铥 $4f^{13} 6s^2$ 168.9	70 Yb 镱 $4f^{14} 6s^2$ 173.0	71 Lu 镥 $4f^{14} 5d^1 6s^2$ 175.0
锕系	89 Ac 锕 $6d^1 7s^2$ 227.0	90 Th 钍 $6d^2 7s^2$ 232.0	91 Pa 镤 $5f^2 6d^1 7s^2$ 231.0	92 U 铀 $5f^3 6d^1 7s^2$ 238.0	93 Np 镎 $5f^4 6d^1 7s^2$ 237.0	94 Pu 钚 $5f^6 7s^2$ [244]	95 Am 镅* $5f^7 7s^2$ [243]	96 Cm 锔* $5f^7 6d^1 7s^2$ [247]	97 Bk 锫* $5f^9 7s^2$ [247]	98 Cf 锿* $5f^{10} 7s^2$ [251]	99 Es 镱* $5f^{11} 7s^2$ [252]	100 Fm 镆* $5f^{12} 7s^2$ [257]	101 Md 镈* $(5f^{13} 7s^2)$ [258]	102 No 铈* $(5f^{14} 7s^2)$ [259]	103 Lr 铈* $(5f^{14} 6d^1 7s^2)$ [260]

注：
1. 相对原子质量
录自1995年国际原子
量表，并全部取4位
有效数字。
2. 相对原子质量
加括号的为放射性元
素的半衰期最长的同
位素的质量数。



A PERIODIC TABLE OF VISUALIZATION METHODS

C continuum												G graphic facilitation						
Tb table	Ca cartesian coordinates												Me meeting trace	Mm metro map	Tm temple	St story template	Tr tree	Ct cartoon
Pi pie chart	L line chart												Co communication diagram	Fp flight plan	Cs concept skeleton	Br bridge	Fu funnel	Ri rich picture
B bar chart	Ac area chart	R radar chart cobweb	Pa parallel coordinates	Hy hyperbolic tree	Cy cycle diagram	T timeline	Ve venn diagram	Mi mindmap	Sq square of oppositions	Cc concentric circles	Ar argument slide	Sw swim lane diagram	Gc gant chart	Pm perspectives diagram	D dilemma diagram	Pr parameter ruler	Kn knowledge map	
Hi histogram	Sc scatterplot	Sa sankey diagram	In information lense	E entity relationship diagram	Pt petri net	Fl flow chart	Cl clustering	Lc layer chart	Py minto pyramid technique	Ce cause-effect chains	Tl toulmin map	Dt decision tree	Cp cpm critical path method	Cf concept fan	Co concept map	Ic iceberg	Lm learning map	
Tk tukey box plot	Sp spectrogram	Da data map	Tp treemap	Cn cone tree	Sy system dyn./simulation	Df data flow diagram	Se semantic network	So soft system modeling	Sn synergy map	Fo force field diagram	Ib ibis argumentation map	Pr process event chains	Pe pert chart	Ev evocative knowledge map	V Vee diagram	Hh heaven 'n' hell chart	I infomural	



Data Visualization
Visual representations of quantitative data in schematic form (either with or without axes)



Strategy Visualization
The systematic use of complementary visual representations in the analysis, development, formulation, communication, and implementation of strategies in organizations.



Information Visualization
The use of interactive visual representations of data to amplify cognition. This means that the data is transformed into an image, it is mapped to screen space. The image can be changed by users as they proceed working with it



Metaphor Visualization
Visual Metaphors position information graphically to organize and structure information. They also convey an insight about the represented information through the key characteristics of the metaphor that is employed



Concept Visualization
Methods to elaborate (mostly) qualitative concepts, ideas, plans, and analyses.



Compound Visualization
The complementary use of different graphic representation formats in one single schema or frame

Cy **Process Visualization**

Hy **Structure Visualization**

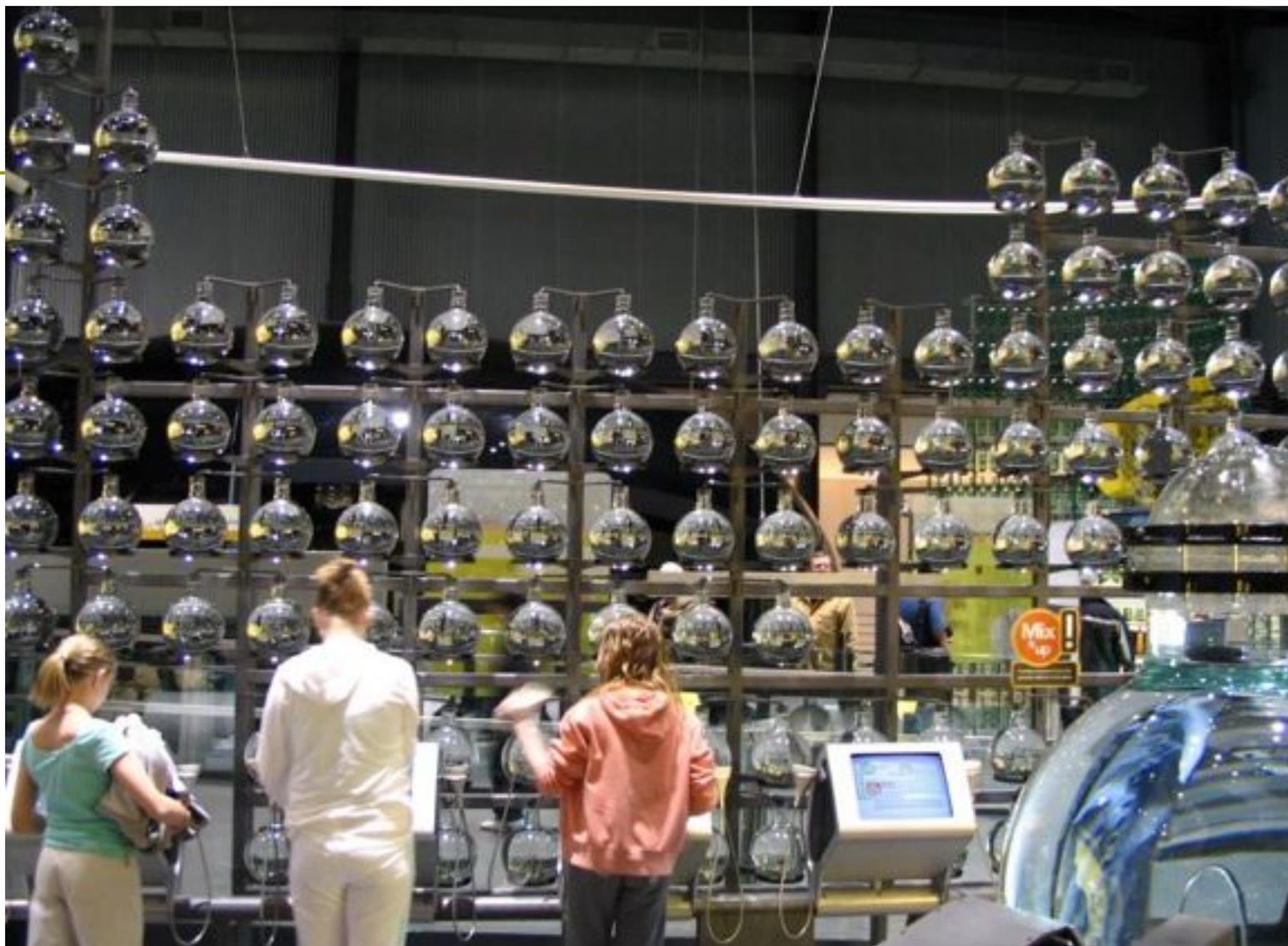
- Overview**
- Detail**
- Detail AND Overview**
- Divergent thinking**
- Convergent thinking**

Note: Depending on your location and connection speed it can take some time to load a pop-up picture.

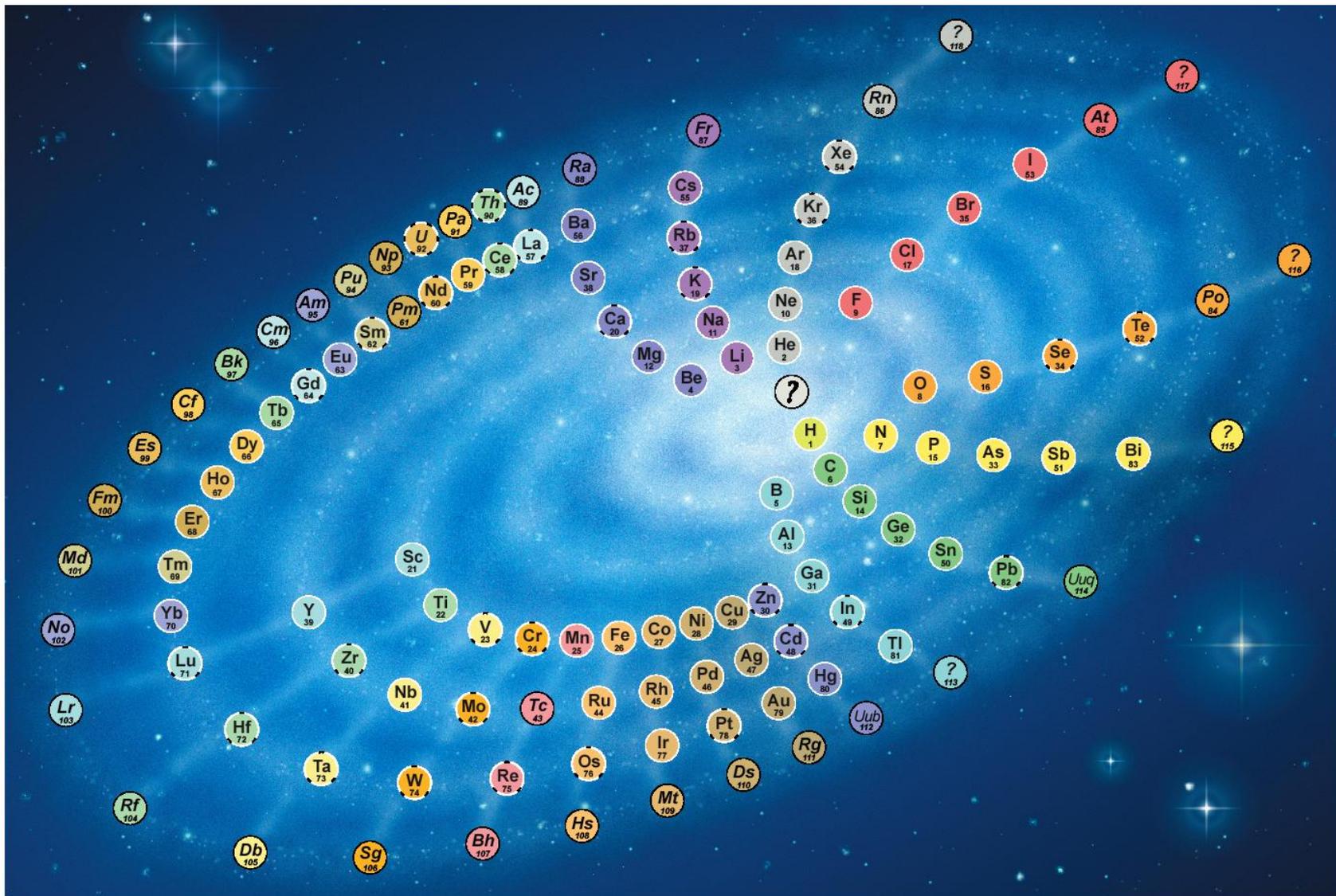
version 1.5

© Ralph Lengler & Martin J. Eppler; www.visual-literacy.org

Su supply demand curve	Pc performance charting	St strategy map	Oc organisation chart	Ho house of quality	Fd feedback diagram	Ft failure tree	Mq magic quadrant	Ld life-cycle diagram	Po porter's five forces	S s-cycle	Sm stakeholder map	Is ishikawa diagram	Tc technology roadmap
Ed edgeworth box	Pf portfolio diagram	Sg strategic game board	Mz mintzberg's organigraph	Z zwickly's morphological box	Ad affinity diagram	De decision discovery diagram	Bm bcg matrix	Stc strategy canvas	Vc value chain	Hy hype-cycle	Sr stakeholder rating map	Ta taps	Sd spray diagram

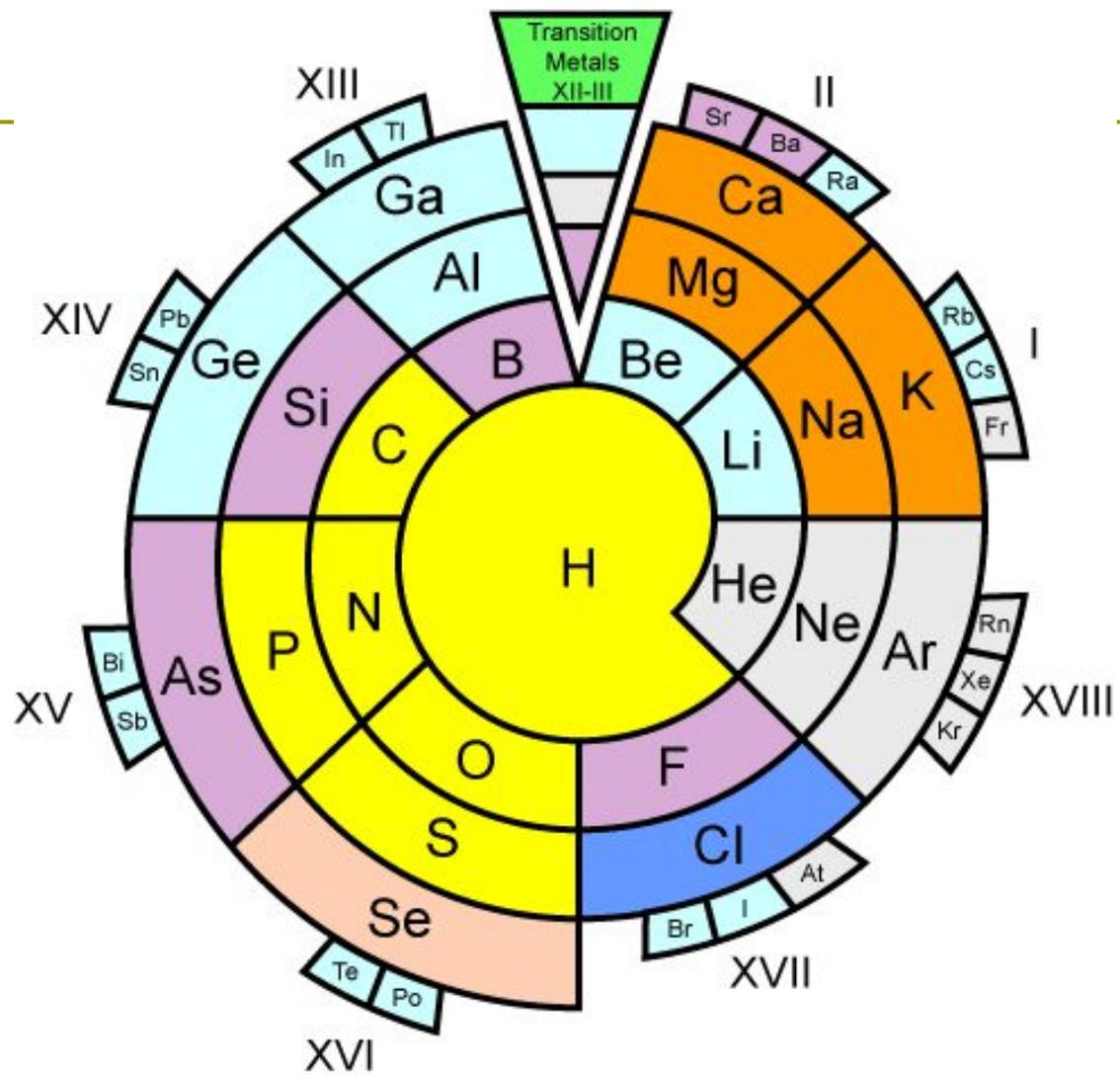


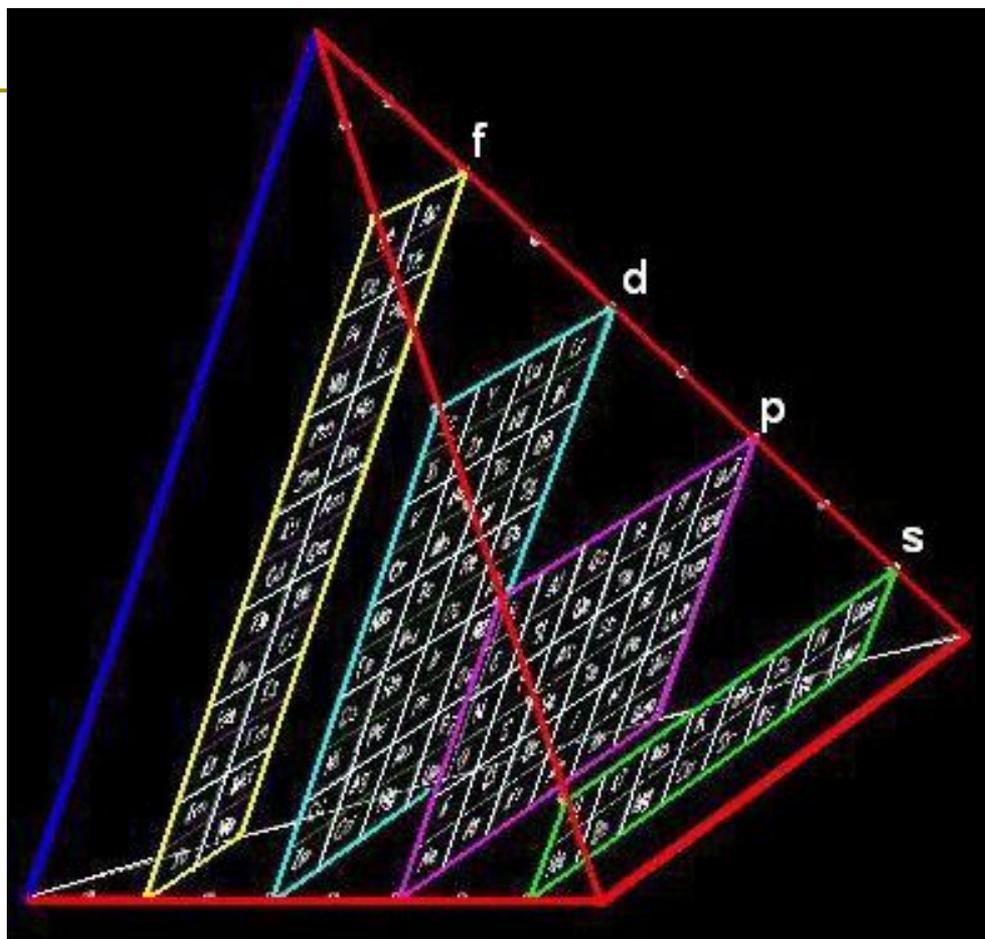


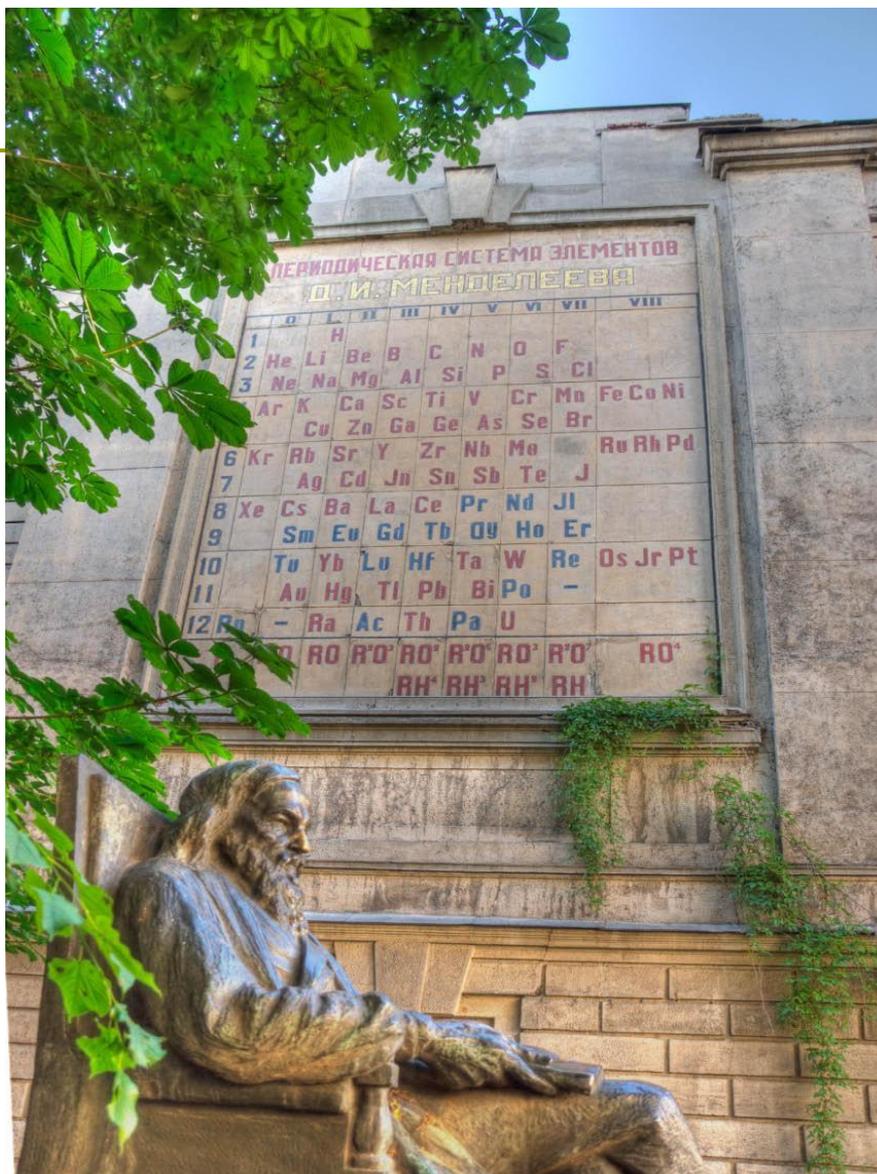


ELECTRONIC CONFIGURATION IN GROUND STATE: EXCEPTIONS TO THE REGULAR BUILD UP OF SUBSHELLS
 From Sr to Zn, sth element has a 3d electron, but Cr=[Ar]3d⁵4s¹, Cu=[Ar]3d¹⁰4s¹ From Y to Cd, sth element has a 4d electron, but Nb=[Kr]4d⁵5s¹, Mo=[Kr]4d⁵5s¹, Tc=[Kr]4d⁵5s¹, Ru=[Kr]4d⁷5s¹, Rh=[Kr]4d⁸5s¹, Pd=[Kr]4d¹⁰5s⁰ From Lu to Hg, sth element has a 5d electron, but Pt=[Xe]4f¹⁴5d⁹6s¹, Au=[Xe]4f¹⁴5d¹⁰6s¹
 From La to Yb, sth element has a 4f electron and no 5d, but La=[Xe]4f¹5d¹6s², Ce=[Xe]4f²5d⁰6s², Gd=[Xe]4f⁷5d¹6s² From Ac to No, sth element has a 5f electron and no 6d, but Ac=[Rn]5f¹6d¹7s², Th=[Rn]5f²6d²7s², Pa=[Rn]5f³6d¹7s², U=[Rn]5f⁴6d¹7s², Np=[Rn]5f⁶6d¹7s², Cm=[Rn]5f⁸6d¹7s²









В.И. Комарова 2017 (© ИнС)

Д.И. Менделеев:

*"Периодическому
закону не грозит
разрушение, а
обещаются только
надстройка и развитие"*

Задания

- Эл-11 Кто был «укрепителями периодического закона?»
- Эл-12 Кто предложил «закон октав», триады?
- Эл-13 Почему в 19 веке особенно потребовалась классификация элементов?
- Эл-14 Какой вариант изображения периодического закона Вам нравится и почему?

Задания

- Эл-15 Кто был «укрепителями периодического закона?»
- Эл-16 Кто предложил «закон октав», триады?
- Эл-17 Какой вариант изображения периодического закона Вам нравится и почему?