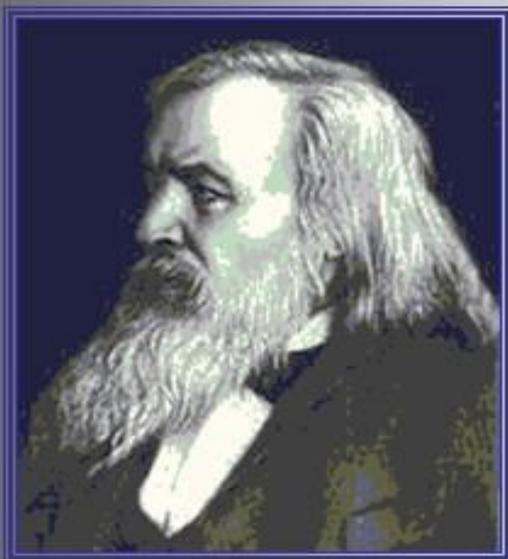


Молчанова Е.Р.

Периодический Закон и Периодическая система химических элементов Д. И. Менделеева

1 марта 1869 год-открытие
Периодического закона и создание
Периодической системы.

Менделеев Д.И.



МЕНДЕЛЕЕВ Дмитрий Иванович (1834-1907), российский химик, разносторонний ученый, педагог. Открыл (1869) периодический закон химических элементов — один из основных законов естествознания. Оставил св. 500 печатных трудов.

Первые попытки классификации химических элементов

Ряд ученых предпринимали попытки классифицировать известные химические элементы.

В **1829** г. профессор химии, технологии и фармакологии Йенского университета (Германия) **Иоганн Вольфганг Дёберейнер** предложил идею объединения элементов в группы, основываясь на сходстве их свойств. Расположив элементы в порядке увеличения их атомных масс, он обнаружил, что атомная масса среднего из трёх сходных по свойствам элементов равна примерно среднему арифметическому атомных масс двух соединений. В соответствии с этим Дёберейнер составил следующие триады элементов:

- Li (7) Na (23) K (39)
- Ca (40) Sr (88) Ba (137)
- Cl (35,5) Br (80) I (127)
- S (32) Se (79) Te (128)

Дёберейнер.



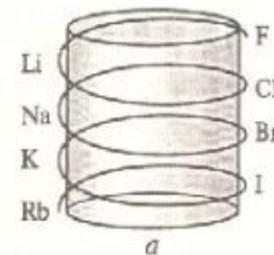
триады

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

Первые попытки классификации ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ

В 1862 г. французский химик **Александр де Шанкуртуа** расположил элементы по спирали в порядке увеличения их атомных масс, однако эта идея не привела к себе внимания ученых.

В 1863 – 1865 гг. **Джон Александер Ньюлендс** упорядочил элементы в соответствии с их атомными массами и обнаружил, что номера аналогичных элементов отличаются на величину 7.



H	1	F	8	Cl	15	Co Ni	22	Br	29	Pd	36	J	42	Pt Ir	50
Li	2	Na	9	K	16	Cu	23	Rb	30	Ag	37	Cs	44	Tl	53
G	3	Mg	10	Ca	17	Zn	25	Sr	31	Cd	38	Ba V	45	Pb	54
Bo	4	Al	11	Cr	19	Y	24	Ce 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 Mo	34	Sb	41	Nb	48	Bi	55
O	7	S	14	Fe	21	Se	28	Ro Ru	35	Te	43	Au	49	Os	51

б

Рис. 2.6. Спираль Шанкуртуа (а) и закон октав Ньюлендса (б)



Закон октав Ньюлендса

Таблица элементов по Дж. Ньюлендсу, 1866

до	ре	ми	фа	соль	ля	си
H	Li	Be	B	C	N	O
F	Na	Mg	Al	Si	P	S
Cl	K	Ca	Ti	Cr	Mn	Fe
Co, Ni	Cu	V	Zn	In	As	Se
Br	Rb	Sr	Ce, La	Zr	Di, Mo	Rh, Ru
Pd	Ag	Cd	U	Sn	Sb	Te
I	Cs	Ba, V	Ta	W	Nb	Au
Pt, Ir	Tl	Pb	Th	Hg	Bi	Os



Уильям Одлинг

В 1864 году английский химик У. Одлинг опубликовал таблицу, в которой элементы были размещены, согласно их атомным весам и сходствам химических свойств. Но он не дал никаких комментариев к своей работе, и она не была замечена.

<i>Триплетные группы</i>				
H 1			Mo 96	W 184
				Au 196.5
			Pd 106.5	Pt 197
Li 7	Na 23	-	Ag 108	
G 9	Mg 24	Zn 65	Cd 112	Hg 200
B 11	Al 27.5	-	-	Tl 203
C 12	Si 28	-	Sn 118	Pb 207
N 14	P 31	As 75	Sb 122	Bi 210
O 16	S 32	Se 79.5	Te 129	
F 19	Cl 35	Br 80	I 127	
	K 39	Rb 85	Cs 133	
	Ca 40	Sr 87.5	Ba 137	
	Ti 40	Zr 89.5	-	Th 231
	Cr 52.5		V 138	
	Mn 55 и др. (Fe, Ni, Co, Cu)			

Общее число попыток классификации элементов до Д.И.Менделеева, считая варианты упомянутых таблиц, достигает пятидесяти.

В них принимали участие ученые разных стран. Некоторым из них удалось подойти к предчувствию периодического закона, даже вступить на порог открытия его.

И все же им не удалось довести свои попытки до конца. Их работы не были приняты учеными в качестве естественной классификации, так как все попытки сводились к объединению известных элементов в небольшие группы, установлению свойств между ними. Но не поднимались до обобщения, когда установленная закономерность естественного изменения свойств элементов способна не только отражать и объяснять известные факты, но и предвидеть ещё не познанные, предсказывать их закономерность. На эту ступень научного подвига смог подняться только гений Д.И.Менделеев.

Дёберейнер, Ньюлендс, Шанкуртуа, Мейер – двигались по одной и той же дороге научного исследования. Все они по очереди подходили к лежавшему на пути науки драгоценному, но не обработанному камню. Каждый из них держал его в руках и каждый чувствовал, что камень этот не прост. Но один лишь гениальный Д.И.Менделеев оказался настолько проницательным, что не отбросил его в сторону, а смело принялся шлифовать и отрабатывать до тех пор, пока в руках у него не засияло во всём блеске величайшая ценность – **ПЕРИОДИЧЕСКИЙ ЗАКОН ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ** – фундаментальный закон природы.

В основу своей классификации химических элементов Д.И. Менделеев положил два их основных и постоянных признака:

- **величину атомной массы**
- **свойства образованных химическими элементами веществ.**

Характеристика элементов и образуемых ими соединений.

2-й период								
	${}^3\text{Li}$	${}^4\text{Be}$	${}^5\text{B}$	${}^6\text{C}$	${}^7\text{N}$	${}^8\text{O}$	${}^9\text{F}$	${}^{10}\text{Ne}$
Распределение электронов по слоям	2, 1	2, 2	2, 3	2, 4	2, 5	2, 6	2, 7	2, 8
Электронная формула	$1s^2 2s^1$	$1s^2 2s^2$	$1s^2 2s^2 2p^1$	$1s^2 2s^2 2p^2$	$1s^2 2s^2 2p^3$	$1s^2 2s^2 2p^4$	$1s^2 2s^2 2p^5$	$1s^2 2s^2 2p^6$
Свойства простого вещества	металл (щелочной)	переходный металл	неметалл	неметалл	неметалл	неметалл	неметалл (галоген)	инертный газ
Формула высшего оксида и характер его свойств	Li_2O (осн.) Na_2O	BeO (амф.) MgO (осн.)	B_2O_3 (кисл.) Al_2O_3 (амф.)	CO_2 (кисл.) SiO_2 (кисл.)	N_2O_5 (кисл.) P_2O_5 (кисл.)	—	OF_2	—
Формула высшего гидроксида и характер его свойств	$\text{Li}(\text{OH})$ (осн.) NaOH (осн.)	$\text{Be}(\text{OH})_2$ (амф.) $\text{Mg}(\text{OH})_2$ (осн.)	H_3BO_3 (кисл.) $\text{Al}(\text{OH})_3$ (амф.)	H_2CO_3 (кисл.) H_2SiO_3 (кисл.)	HNO_3 (кисл.) H_3PO_4 (кисл.)	— H_2SO_4 (кисл.)	— HClO_4 (кисл.)	— —
3-й период								
	${}^{11}\text{Na}$	${}^{12}\text{Mg}$	${}^{13}\text{Al}$	${}^{14}\text{Si}$	${}^{15}\text{P}$	${}^{16}\text{S}$	${}^{17}\text{Cl}$	${}^{18}\text{Ar}$
Распределение электронов по слоям	2, 8, 1	2, 8, 2	2, 8, 3	2, 8, 4	2, 8, 5	2, 8, 6	2, 8, 7	2, 8, 8
Электронная формула	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$	$1s^2 \dots 3s^2 3p^1$	$1s^2 \dots 3s^2 3p^2$	$1s^2 \dots 3s^2 3p^3$	$1s^2 \dots 3s^2 3p^4$	$1s^2 \dots 3s^2 3p^5$	$1s^2 \dots 3s^2 3p^6$

Вечером *1 марта 1869* года Менделеев набело переписал составленную им таблицу и под названием «Опыт системы элементов, основанной на их атомном весе и химическом сходстве» послал ее в типографию, сделав пометки для наборщиков и поставив дату «17 февраля 1869 года»

The image shows a handwritten manuscript of the periodic table of elements. The table is organized into columns and rows, with elements written in Cyrillic. There are handwritten notes and corrections around the table, including a box containing text and a signature at the bottom. The manuscript is dated '17 февраля 1869'.



Итогом работы Менделеева в развитии периодического закона является следующий вариант таблицы, который был помещен в 8 издании Основ химии.

Периодическая система элементов Д. И. Менделеева

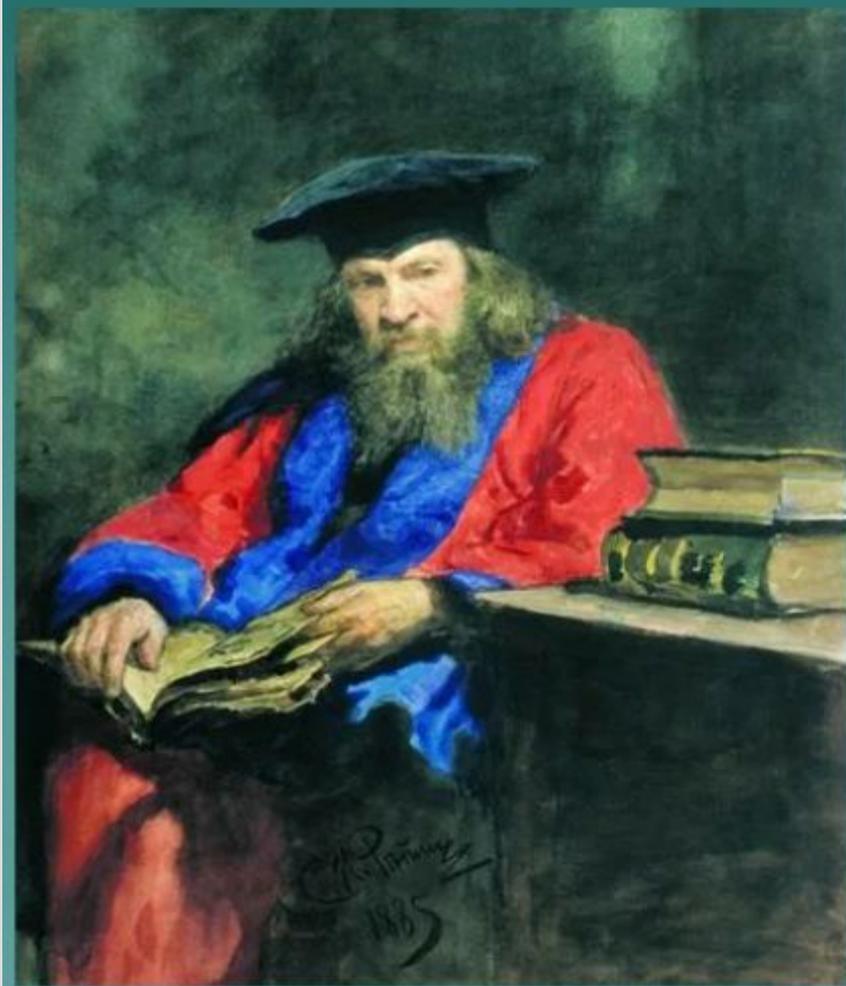
Таблица 25

Ряды	Группы элементов										
	0	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII		
1	—	Водород H 1,008	—	—	—	—	—	—			
2	Гелий He 4,0	Литий Li 7,03	Бериллий Be 9,1	Бор B 11,0	Углерод C 12,0	Азот N 14,04	Кислород O 16,00	Фтор F 19,0			
3	Неон Ne 19,9	Натрий Na 23,05	Магний Mg 24,3	Алюминий Al 27,0	Кремний Si 28,4	Фосфор P 31,0	Сера S 32,06	Хлор Cl 35,45			
4	Аргон Ar 38	Калий K 39,1	Кальций Ca 40,1	Скандий Sc 44,1	Титан Ti 48,1	Ванадий V 51,4	Хром Cr 52,1	Марганец Mn 55,0	Железо Fe 55,9	Кобальт Co 59	Никель Ni (Cu) 59
5	—	Медь Cu 63,6	Цинк Zn 65,4	Галлий Ga 70,0	Германий Ge 72,3	Мышьяк As 75	Селен Se 79	Бром Br 79,95			
6	Криптон Kr 81,8	Рубидий Rb 85,4	Стронций Sr 87,6	Иттрий Y 89,0	Цирконий Zr 90,6	Ниобий Nb 94,0	Молибден Mo 96,0	—	Рутений Ru 101,7	Родий Rh 103,0	Палладий Pd (Ag) 106,5
7	—	Серебро Ag 107,9	Кадмий Cd 112,4	Индий In 114,0	Олово Sn 119,0	Сурьма Sb 120,0	Теллур Te 127	Иод I 127			
8	Ксенон Xe 128	Цезий Cs 132,9	Барий Ba 137,4	Лантан La 139	Церий Ce 140	—	—	—			
9	—	—	—	—	—	—	—	—			
10	—	—	—	Иттербий Yb 173	—	Тантал Ta 183	Вольфрам W 184	—	Осмий Os 191	Иридий Ir 193	Платина Pt (Au) 194,9
11	—	Золото Au 197,2	Ртуть Hg 200,0	Таллий Tl 204,1	Свинец Pb 206,9	Висмут Bi 208	—	—			
12	—	—	Радий Ra 224	—	Торий Th 232	—	Уран U 239				
	R	R ₂ O	Высшие солеобразные окислы: RO R ₂ O ₃ RO ₂ R ₂ O ₅ RO ₃ R ₂ O ₇							RO ₄	
			Высшие газообразные водородные соединения: RH ₄ RH ₃ RH ₂ RH								

Формулировка Периодического Закона по Д.И.Менделееву.

- *Свойства простых тел, а также свойства и формы соединений элементов находятся в периодической зависимости от величины атомных весов элементов.*

По легенде, мысль о системе химических элементов пришла к Менделееву во сне, однако известно, что однажды на вопрос, как он открыл периодическую систему, учёный ответил: «Я над ней, может быть, двадцать лет думал, а вы думаете: сидел и вдруг... готово».



ученые-химики трижды подтвердили существование предсказанных Менделеевым химических элементов. Более того, именно предсказанные Менделеевым свойства этих элементов и их положение в Периодической системе позволили исправить ошибки, которые невольно допускали экспериментаторы. Дальнейшее развитие химии происходило на прочной основе Периодического закона, который в 80-х годах XIX в. был признан всеми учеными как один из важнейших законов природы.

Известно около 500 вариантов написания Периодической системы.

Первые 26 элементов ПС составляют 96% от массы земной коры.

Имя самого редкого элемента на Земле – **астат**. В толще земной коры его содержится всего 69 мг.

Соотношение между числом металлов и неметаллов в Периодической системе – 89:22.

Длинный вариант Периодической системы

PERIODIC TABLE OF THE ELEMENTS

<http://www.kf-split.hr/periodni/en/>

PERIOD	GROUP 1 IA	GROUP 2 IIA	RELATIVE ATOMIC MASS (1)										GROUP 13 IIIA	GROUP 14 IVA	GROUP 15 VA	GROUP 16 VIA	GROUP 17 VIIA	GROUP 18 VIIIA
1	1 1.0079 H HYDROGEN												5 10.811 B BORON	6 12.011 C CARBON	7 14.007 N NITROGEN	8 15.999 O OXYGEN	9 18.998 F FLUORINE	10 20.180 Ne NEON
2	3 6.941 Li LITHIUM	4 9.0122 Be BERYLLIUM																
3	11 22.990 Na SODIUM	12 24.305 Mg MAGNESIUM																
4	19 39.098 K POTASSIUM	20 40.078 Ca CALCIUM	21 44.956 Sc SCANDIUM	22 47.867 Ti TITANIUM	23 50.942 V VANADIUM	24 51.996 Cr CHROMIUM	25 54.938 Mn MANGANESE	26 55.845 Fe IRON	27 58.933 Co COBALT	28 58.693 Ni NICKEL	29 63.546 Cu COPPER	30 65.39 Zn ZINC	31 69.723 Ga GALLIUM	32 72.64 Ge GERMANIUM	33 74.922 As ARSENIC	34 78.96 Se SELENIUM	35 79.904 Br BROMINE	36 83.80 Kr KRYPTON
5	37 85.468 Rb RUBIDIUM	38 87.62 Sr STRONTIUM	39 88.906 Y YTTRIUM	40 91.224 Zr ZIRCONIUM	41 92.906 Nb NIOBIUM	42 95.94 Mo MOLYBDENUM	43 (98) Tc TECHNETIUM	44 101.07 Ru RUTHENIUM	45 102.91 Rh RHODIUM	46 106.42 Pd PALLADIUM	47 107.87 Ag SILVER	48 112.41 Cd CADMIUM	49 114.82 In INDIUM	50 118.71 Sn TIN	51 121.76 Sb ANTIMONY	52 127.60 Te TELLURIUM	53 126.90 I IODINE	54 131.29 Xe XENON
6	55 132.91 Cs CAESIUM	56 137.33 Ba BARIUM	57-71 La-Lu Lanthanide	72 178.49 Hf HAFNIUM	73 180.95 Ta TANTALUM	74 183.84 W TUNGSTEN	75 186.21 Re RHENIUM	76 190.23 Os OSMIUM	77 192.22 Ir IRIDIUM	78 195.08 Pt PLATINUM	79 196.97 Au GOLD	80 200.59 Hg MERCURY	81 204.38 Tl THALLIUM	82 207.2 Pb LEAD	83 208.98 Bi BISMUTH	84 (209) Po POLONIUM	85 (210) At ASTATINE	86 (222) Rn RADON
7	87 (223) Fr FRANCIUM	88 (226) Ra RADIUM	89-103 Ac-Lr Actinide	104 (261) Rf RUTHERFORDIUM	105 (262) Db DUBNIUM	106 (266) Sg SEABORGIUM	107 (264) Bh BOHRIUM	108 (277) Hs HASSIUM	109 (288) Mt MEITNERIUM	110 (281) Uun UNUNNIUM	111 (272) Uuu UNUNUNIUM	112 (285) Uub UNUNBIUM		114 (289) Uuq UNUNQUADIUM				

Legend for element classification:

- Metal
- Semimetal
- Nonmetal
- 1 Alkali metal
- 2 Alkaline earth metal
- 3-10 Transition metals
- 11-12 Lanthanide
- 13-17 Actinide
- 16 Chalcogens element
- 17 Halogens element
- 18 Noble gas

STANDARD STATE (25 °C; 101 kPa)

- Ne - gas
- Fe - solid
- Ga - liquid
- Tc - synthetic

LANTHANIDE

57 138.91 La LANTHANUM	58 140.12 Ce CERIUM	59 140.91 Pr PRASEODYMIUM	60 144.24 Nd NEODYMIUM	61 (145) Pm PROMETHIUM	62 150.36 Sm SAMARIUM	63 151.96 Eu EUROPIUM	64 157.25 Gd GADOLINIUM	65 158.93 Tb TERBIUM	66 162.50 Dy DYSPROSIUM	67 164.93 Ho HOLMIUM	68 167.26 Er ERBIUM	69 168.93 Tm THULIUM	70 173.04 Yb YTTERIUM	71 174.97 Lu LUTETIUM
-------------------------------------	----------------------------------	--	-------------------------------------	-------------------------------------	------------------------------------	------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------	----------------------------------	-----------------------------------	------------------------------------	------------------------------------

ACTINIDE

89 (227) Ac ACTINIUM	90 232.04 Th THORIUM	91 231.04 Pa PROTACTINIUM	92 238.03 U URANIUM	93 (237) Np NEPTUNIUM	94 (244) Pu PLUTONIUM	95 (243) Am AMERICIUM	96 (247) Cm CURIUM	97 (247) Bk BERKELIUM	98 (251) Cf CALIFORNIUM	99 (252) Es EINSTEINIUM	100 (257) Fm FERMIUM	101 (258) Md MEZELIUM	102 (259) No NOBELIUM	103 (262) Lr LAWRENCIUM
-----------------------------------	-----------------------------------	--	----------------------------------	------------------------------------	------------------------------------	------------------------------------	---------------------------------	------------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------	------------------------------------	------------------------------------	--------------------------------------

(1) Pure Appl. Chem., 73, No. 4, 667-683 (2001)
Relative atomic mass is shown with five significant figures. For elements having no stable nuclides, the value enclosed in brackets indicates the mass number of the longest-lived isotope of the element.

However three such elements (Th, Pa, and U) do have a characteristic terrestrial isotopic composition, and for these an atomic weight is tabulated.

Длинный вариант Периодической системы.

**ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ЭЛЕМЕНТОВ
Д. И. МЕНДЕЛЕЕВА**
(учебное пособие для школьников)

КЛЮЧ

- Атомный номер
- Атомная масса *
- Символ элемента **
- Характерные степени окисления элемента в соединениях и соответствующий им характер оксидов ***
- Относительный размер орбитального радиуса элемента
- Название элемента

* В скобках - масса наиболее стабильного изотопа
** Цветом символа отражены
*** Характер оксида элемента:
а - основной
б - амфотерный
в - кислотный

5-элементы
d-элементы
f-элементы

По рекомендации ИЮПАК, 1989 г.
Традиционная (вариант CAS)

РИЯ АКТИВНОСТИ КИСЛОТ (при 25°C)

ФОРМУЛЫ К-Т	HI	HBr	HNO ₃	HCl	H ₂ SO ₄	HNO ₂	HNO ₃	H ₂ CrO ₄	H ₂ CO ₃	H ₂ SO ₃	H ₃ PO ₄	HF	HNO ₂	CH ₃ COOH	H ₂ CO ₃	H ₂ S	H ₂ BO ₃	HCN	H ₂ SO ₃
pK _a = -lg K _a	-11	-9	-8	-7	-3	-2,3	-1,6	0,5	0,74	1,8	2,1	3,2	3,4	4,75	6,4	7,0	9,2	9,3	9,9
СИЛА КИСЛОТ	СИЛЬНЫЕ					СРЕДНИЕ					СЛАБЫЕ					ОЧ. СЛАБЫЕ			

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЙ РЯД НАПРЯЖЕНИЙ МЕТАЛЛОВ
(ряд стандартных электродных потенциалов в водной среде при 25°C)

ЭЛЕКТРОД	УСИЛЕНИЕ ОКСИДЕЛТЕЛЬНЫХ СВОЙСТВ																			ЭЛЕКТРОДНАЯ РЕАКЦИЯ						
	Li ⁺	Cs ⁺	Rb ⁺	K ⁺	Ba ²⁺	Sr ²⁺	Ca ²⁺	Na ⁺	Mg ²⁺	Be ²⁺	Al ³⁺	Mn ²⁺	Zn ²⁺	Cr ³⁺	Fe ²⁺	Cd ²⁺	Co ²⁺	Ni ²⁺	Sn ²⁺		Pb ²⁺	2H ⁺	Cu ²⁺	Hg ₂ ²⁺	Ag ⁺	Pt ²⁺
E ⁰ , В	-3,04	-3,03	-2,98	-2,93	-2,91	-2,89	-2,87	-2,71	-2,37	-1,85	-1,66	-1,18	-0,76	-0,74	-0,45	-0,40	-0,28	-0,26	-0,14	-0,13	0,00	0,34	0,79	0,80	1,18	1,50
ВОССТАНОВЛЕННАЯ ФОРМА	Li	Cs	Rb	K	Ba	Sr	Ca	Na	Mg	Be	Al	Mn	Zn	Cr	Fe	Cd	Co	Ni	Sn	Pb	H ₂	Cu	2Hg	Ag	Pt	Au
	УСИЛЕНИЕ ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ СВОЙСТВ																									

Короткий вариант Периодической системы.

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII						
1	H ¹ 1,00794 водород							He ² 4,0026 гелий						
2	Li ³ 6,941 литий	Be ⁴ 9,01218 бериллий	B ⁵ 10,811 бор	C ⁶ 12,011 углерод	N ⁷ 14,0067 азот	O ⁸ 15,99943 кислород	F ⁹ 18,9984 фтор	Ne ¹⁰ 20,1797 неон						
3	Na ¹¹ 22,98977 натрий	Mg ¹² 24,305 магний	Al ¹³ 26,9815 алюминий	Si ¹⁴ 28,085 кремний	P ¹⁵ 30,97376 фосфор	S ¹⁶ 32,0655 сера	Cl ¹⁷ 35,4532 хлор	Ar ¹⁸ 39,948 аргон						
4	K ¹⁹ 39,098 калий	Ca ²⁰ 40,078 кальций	Sc ²¹ 44,9559 скандий	Ti ²² 47,867 титан	V ²³ 50,9415 ванадий	Cr ²⁴ 51,9961 хром	Mn ²⁵ 54,9380 марганец	Fe ²⁶ 55,845 железо	Co ²⁷ 58,9332 кобальт	Ni ²⁸ 58,6934 никель				
	Cu ²⁹ 63,546 медь	Zn ³⁰ 65,409 цинк	Ga ³¹ 69,723 галлий	Ge ³² 72,64 германий	As ³³ 74,9216 мышьяк	Se ³⁴ 78,96 селен	Br ³⁵ 79,904 бром	Kr ³⁶ 83,798 криптон						
5	Rb ³⁷ 85,467 рубидий	Sr ³⁸ 87,62 стронций	Y ³⁹ 88,9059 иттрий	Zr ⁴⁰ 91,224 цирконий	Nb ⁴¹ 92,9064 ниобий	Mo ⁴² 95,94 молибден	Tc ⁴³ [98] технеций	Ru ⁴⁴ 101,07 рутенией	Rh ⁴⁵ 102,905 родий	Pd ⁴⁶ 106,42 палладий				
	Ag ⁴⁷ 107,868 серебро	Cd ⁴⁸ 112,411 кадмий	In ⁴⁹ 114,818 индий	Sn ⁵⁰ 118,71 олово	Sb ⁵¹ 121,760 сурьма	Te ⁵² 127,60 теллур	I ⁵³ 126,904 йод	Xe ⁵⁴ 131,293 ксенон						
6	Cs ⁵⁵ 132,9054 цезий	Ba ⁵⁶ 137,327 барий	La* ⁵⁷⁻⁷¹ 138,905 лантан	Hf ⁷² 178,492 гафний	Ta ⁷³ 180,948 тантал	W ⁷⁴ 183,841 вольфрам	Re ⁷⁵ 186,207 рений	Os ⁷⁶ 190,23 осмий	Ir ⁷⁷ 192,217 иридий	Pt ⁷⁸ 195,078 платина				
	Au ⁷⁹ 196,9665 золото	Hg ⁸⁰ 200,59 ртуть	Tl ⁸¹ 204,3833 таллий	Pb ⁸² 207,2 свинец	Bi ⁸³ 208,980 висмут	Po ⁸⁴ [209] полоний	At ⁸⁵ [210] астат	Rn ⁸⁶ [222] радон						
7	Fr ⁸⁷ [223] франций	Ra ⁸⁸ [226] радий	Ac** ⁸⁹⁻¹⁰³ [227] актиний	Rf ¹⁰⁴ [261] резерфордий	Db ¹⁰⁵ [262] дубний	Sg ¹⁰⁶ [266] сигборгий	Bh ¹⁰⁷ [264] борий	Hs ¹⁰⁸ [277] хассий	Mt ¹⁰⁹ [268] мейтнерий	Ds ¹¹⁰ [271] дармштадтий				
	Rg ¹¹¹ [280] рентгений	Cn ¹¹² [285] коперниций	Nh ¹¹³ [284] нихоний	Fl ¹¹⁴ [289] флеровий	Mc ¹¹⁵ [288] московский	Lv ¹¹⁶ [293] лiverморий	Ts ¹¹⁷ [294] теннесси	Og ¹¹⁸ [294] оганессон						
* ЛАНТАНОИДЫ														
58	Ce ^{140,116} церий	Pr ^{140,907} протактиний	Nd ^{144,24} неодим	Pm ^[145] прометий	Sm ^{150,36} самарий	Eu ^{151,964} европий	Gd ^{157,25} гадолиний	Tb ^{158,925} тербий	Dy ^{162,50} диспрозий	Ho ^{164,930} гольмий	Er ^{167,259} эрбий	Tm ^{168,934} тулий	Yb ^{173,04} ytterбий	Lu ^{174,967} лютеций
** АКТИНОИДЫ														
90	Th ^{232,038} торий	Pa ^{231,036} протактиний	U ^{238,029} уран	Np ^[237] нептуний	Pu ^[244] плутоний	Am ^[243] амерций	Cm ^[247] куриум	Bk ^[247] берклий	Cf ^[251] калфорний	Es ^[252] эйнштейний	Fm ^[257] фермий	Md ^[258] менделеевский	(No) ^[259] нобелий	(Lr) ^[262] лоуренсий

Периодическая система элементов – «короткий» вариант

- Периодическая система химических элементов не сразу завоевала признание как фундаментальное научное обобщение; положение существенно изменилось лишь после открытия Ga, Sc, Ge и установления двухвалентности Be (он долгое время считался трёхвалентным).

Утвердители Периодического закона



ЛЕКОК ДЕ БУОБОДРАН

В 1875 году французский химик Поль де Буабодран открыл, предсказанный Менделеевым «экаалюминий» и назвал его в честь своей Родины галлием. (латинское название Франции «Галлия»).



ЛАРС ФРЕДЕРИК НИЛЬСОН

В 1879 году шведский химик Л.Нильсон открыл скандий, предсказанный Менделеевым как «экабор». Совпадение предсказания Менделеева с тем, что было найдено для скандия на опыте почти полное.



КЛИМЕНС ВИНКЛЕР

В 1886 году немецкий химик К. Винклер открыл элемент и назвал его в честь своей страны германий, предсказанный Менделеевым как «экасилиций».



Экаалюминий открыл в
1875г. французский
ученый П.Лекок де
Буабодран – галлий



Экабор открыл шведский
ученый Л. Нильсон в 1879 г.
– скандий



1888г. немецкий химик
К. Винклер – германий

Экаалюминий Ea	Галлий Ga
Атомная масса ≈ 68	Атомная масса 69,72
Простое тело должно быть низкоплавкое	Температура плавления 29,75 °С
Плотность металла близка к 6,0	Плотность 5,9 (тв.)
Объем атома должен быть близок к 11,5	Атомный объем 11,8
На воздухе не изменяется	Слабо окисляется при красном калении
Должен разлагать воду при кипячении	Разлагает воду при высокой температуре
Образует квасцы, но труднее, чем Al	Дает квасцы $\text{NH}_4\text{Ga}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$
Ea₂O₃ должен легко восстанавливаться до металла	Ga легко восстанавливается прокаливанием Ga₂O₃ в токе водорода
Более летуч, чем Al, будет открыт методом спектрального анализа	Ga открыт спектроскопическим методом

Ga

- ...что галлий очень легкоплавкий металл.
- Температура плавления галлия немного ниже температуры человеческого организма, всего 28,5 °С, поэтому его можно расплавить зажав в кулак!



Экасилиций - германий

Свойства, предсказанные для экасилиция Д. И. Менделеевым	Свойства германия, найденные опытным путем
<p>Относительная атомная масса — 72</p> <p>Серый тугоплавкий металл, плотность — $5,5 \text{ г/см}^3$</p> <p>Должен получаться при восстановлении водородом из оксида</p> <p>Формула оксида EsO_2</p> <p>Плотность оксида — $4,7 \text{ г/см}^3$</p> <p>Хлорид EsCl_4 должен быть жидкостью с плотностью $1,9 \text{ г/см}^3$ и температурой кипения около 90°C</p>	<p>Относительная атомная масса — 72,6</p> <p>Серый тугоплавкий металл, плотность — $5,35 \text{ г/см}^3$</p> <p>Получается при восстановлении оксида водородом</p> <p>Формула оксида GeO_2</p> <p>Плотность оксида — $4,7 \text{ г/см}^3$.</p> <p>Хлорид GeCl_4 — жидкость, плотность — $1,887 \text{ г/см}^3$, температура кипения — 86°C</p>

Предсказано для экабора	Найдено Нильсоном для скандия
Относительная атомная масса	
45	45,1
Формула оксида	
$\text{Э}_2\text{O}_3$	Sc_2O_3
Плотность оксида	
3,5	3,8
Сернокислая соль эка-бора состоит из двух атомов эка- бора и трёх остатков серной кислоты	Сернокислая соль скандия состоит из двух атомов скандия и трёх остатков серной кислоты

Значение закона на первом этапе

- Исправлены атомные массы некоторых элементов
- Дана научная классификация элементов на основе периодического закона с учетом их атомных масс и химических свойств
- Предсказано открытие ряда элементов, описаны подробно свойства «экабора», «экаалюминия», «экакремния»
- Открыты инертные газы 1897- Уильям Рамзай

Инертные газы – химические элементы восьмой группы периодической системы: гелий He, неон Ne, аргон Ar, криптон Kr, ксенон Xe, радон Rn.

16 НЕМЕТАЛЛЫ
ИНЕРТНЫЕ ГАЗЫ

Свечение в разряде	$t_{пл}, ^\circ\text{C}$	$t_{кип}, ^\circ\text{C}$	Содержание в 1 м ³ воздуха
ГЕЛИЙ	-272	He -269	Ar - 9,3 л
КРИПТОН	-249	Ne -246	Ne - 18 мл
АРГОН	-189	Ar -186	He - 4,6 мл
НЕОН	-157	Kr -153	Kr - 1,1 мл
КСЕНОН	-112	Xe -108	Xe - 0,086 мл
	-72	Rn -62	Rn - 6·10 ⁻⁸ мл

Содержание в 1 м³ воздуха: Ar - 9,3 л, Ne - 18 мл, He - 4,6 мл, Kr - 1,1 мл, Xe - 0,086 мл, Rn - 6·10⁻⁸ мл

He
1s¹ ↑↓

Ne
1s¹ ↑↓, 2s¹ ↑↓, 2p¹ ↑↓, ↑↓, ↑↓

СИНТЕЗИРОВАННЫЕ СОЕДИНЕНИЯ
KrF₂ (сильный окислитель), XeF₄, XeF₆, XeO₃ (взрывчатое вещество)
ОЧИСТКА ЯДЕРНЫХ ОТХОДОВ

АЗРОСТАТ
He

РЕНТГЕНОГРАММА
Xe

СВАРКА
Ar, He

ХИМИЯ EDUSTRONG

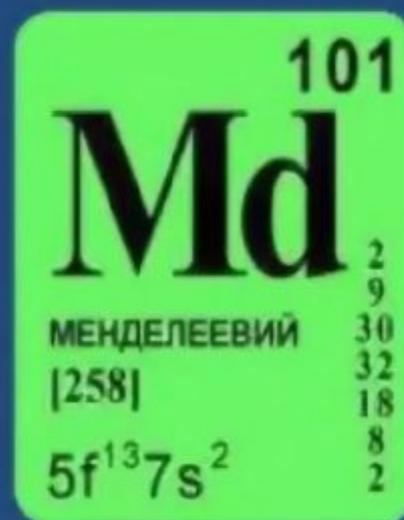
- И в настоящее время периодический закон остается путеводной звездой химии. Именно на его основе были искусственно созданы трансурановые элементы. Один из них- элемент №101, впервые полученный в 1955 г., - в честь великого русского ученого был назван Менделевием.

В честь великого учёного названы:

Золотая медаль
за научную работу
в области химии



Химический элемент
№ 101 «менделевий»



- **Блестящее подтверждение нашли пророческие слова Менделеева:**
- **"Периодическому закону не грозит разрушение, а обещаются только надстройка и развитие"**