

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.

- Попытки систематизации химических элементов предпринимались различными учёными в Германии, Франции, Англии, США с 30-х годов 19 в. Предшественники Менделеева – И. Дёберейнер, Ж. Дюма, французский химик А. Шанкуртуа, англ. химики У. Одлинг, Дж. Ньюлендс и др. установили существование групп элементов, сходных по химическим свойствам, так называемых «естественных групп» (например, «триады» Дёберейнера, «октавы» Ньюлендса). Однако эти учёные не шли дальше установления частных закономерностей внутри групп.

Триады Дёберейнера.

- В 1829 году немецкий химик Иоганн Вольфганг Дёберейнер предпринял первую значимую попытку систематизации элементов. Он заметил, что некоторые сходные по своим свойствам элементы можно объединить по три в группы, которые он назвал триадами. Сущность предложенного *закона триад* Дёберейнера состояла в том, что атомная масса среднего элемента триады была близка к полусумме (среднему арифметическому) атомных масс двух крайних элементов триады:

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

Закон октав



1863 – Джон Александер Рейна Ньюлендс.
Английский химик.

No.	No.	No.	No.	No.	No.	No.	No.
H 1	F 8	Cl 15	Co & Ni 22	Br 29	Pd 36	I 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 24	Sr 31	Cd 38	Ba & V 45	Pb 54
Be 4	Al 11	Cr 18	Y 25	Ce & La 33	U 40	Ta 46	Th 56
C 5	Si 12	Ti 19	In 26	Zr 32	Sn 39	W 47	Hg 52
N 6	P 13	Mn 20	As 27	Di & Mo 34	Sb 41	Nb 43	Bi 55
O 7	S 14	Fe 21	Se 28	Re & Ru 35	Te 42	Au 49	Os 51

Если сходные элементы расположить друг за другом, то каждый восьмой элемент располагается под первым, свойства элементов повторяются подобно октавам в музыке. В таком графическом изображении без пропусков исключалась возможность открытия новых элементов, кроме того многие элементы попадали на несоответствующие им места.

- Найденную закономерность Ньюлендс назвал законом октав по аналогии с семью интервалами музыкальной гаммы. В своей таблице он располагал химические элементы в вертикальные группы по семь элементов в каждой и при этом обнаружил, что *(при небольшом изменении порядка некоторых элементов)* сходные по химическим свойствам элементы оказываются на одной горизонтальной линии.

No.	No.	No.	No.	No.	No.	No.	No.
H 1	F 8	Cl 15	Co & Ni 22	Br 29	Pd 36	I 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 24	Sr 31	Cd 38	Ba & V 45	Pb 54
Bo 4	Al 11	Cr 18	Y 25	Ce & La 33	U 40	Ta 46	Th 56
C 5	Si 12	Ti 19	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

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	Li(OH) (осн.) NaOH (осн.)	Be(OH)_2 (амф.) Mg(OH)_2 (осн.)	H_3BO_3 (кисл.) Al(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	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$	$1s^2 \dots 3s^2 3p^1$	$1s^2 \dots 3s^2 3p^2$	$1s^2 \dots 3s^2 3p^3$	$1s^2 \dots 3s^2 3p^4$	$1s^2 \dots 3s^2 3p^5$	$1s^2 \dots 3s^2 3p^6$

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.*

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
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	Кобальт Co 59
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
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	Родий Rh 103,0
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
11	—	Золото Au 197,2	Ртуть Hg 200,0	Таллий Tl 204,1	Свинец Pb 206,9	Висмут Bi 208	—	—	Иридий Ir 193
12	—	—	Радий Ra 224	—	Торий Th 232	—	Уран U 238	—	Платина Pt (Au) 194,9
Высшие солеобразные окислы:									
	R	R ₂ O	RO	R ₂ O ₃	RO ₂	R ₂ O ₅	RO ₃	R ₂ O ₇	RO ₄
Высшие газообразные водородные соединения:									
				RH ₃	RH ₄	RH ₃	RH ₂	RH	

Известно около 500 вариантов написания Периодической системы.

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

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

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

PERIODIC TABLE OF THE ELEMENTS

LANTHANIDE

57 138.91

58 140.12

59 140.91

60 144.24

61 (145)

62 150.36

63 151.96

64 157.25

65 158.93

66 162.50

67 164.93

68 167.26

69 168.93

70 173.04

71 174.97

La

Ce

Pr

Nd

Pm

Sm

Eu

Gd

Tb

Dy

Ho

Er

Tm

Yb

Lu

LANTHANUM

CERIUM

PRASEODYMIUM

NEODYMIUM

PROMETHIUM

SAMARIUM

EUROPIUM

GADOLINIUM

TERBIUM

DYSPROSIUM

HOLMIUM

ERBIUM

THULIUM

YTTERBIUM

LUTETIUM

ACTINIDE

89 (227)

90 232.04

91 231.04

92 238.03

93 (237)

94 (244)

95 (243)

96 (247)

97 (247)

98 (251)

99 (252)

100 (257)

101 (258)

102 (259)

103 (262)

Ac

Th

Pa

U

Np

Pu

Am

Cm

Bk

Cf

Es

Fm

Md

No

Lr

ACTINIUM

THORIUM

PROTACTINIUM

URANIUM

NEPTUNIUM

PLUTONIUM

AMERICIUM

CURIUM

BERKELIUM

CALIFORNIUM

EINSTEINIUM

FERMIUM

MEISENERIUM

NOBELIUM

LAWRENCIUM

Copyright © 1998-2003 EniG. (eni@kbf-split.hr)

Editor: Aditya Vardhan (adivar@netlinx.com)

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

ГРУППЫ →

11011.0124.00

1H-1.1He

3Li6.949.0

2LiBe

1123.01224.3

3NaMg

1939.12040.1

4KCaSc

3785.53887.63988.9

5RbSrY

55132.956137.371175.0

6CsBaLu

87(223)88(226)103(262)

7FrRaLr

26²55.8

Fe

ЖЕЛЕЗО

Нумерация групп

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

КЛЮЧ

1. Атомный номер
2. Атомная масса
3. Символ элемента
4. Характерные степени окисления элемента в соединениях и соответствующий им характер оксидов
5. Относительный размер орбитального радиуса элемента
6. Название элемента

В скобках - масса наиболее стабильного изотопа
Цветом символа отражены:
s-элементы
p-элементы
d-элементы
f-элементы

Характер оксида элемента:
а - основной
б - амфотерный
в - кислотный

ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ЭЛЕМЕНТОВ

Д. И. МЕНДЕЛЕЕВА

(учебное пособие для школьников)

1310.8612.0714.0816.0919.01020.2

5B3C-4.4N-3.3.5O-2F-1Ne

1327.01428.11531.01632.11735.51839.9

AlSiP-3.3.5S-2.4Cl1.5.7Ar

3169.73272.63374.93479.03579.93683.8

GaGeAs-3.3.5Se-2.4Br-1.5Kr

49114.850118.751121.852127.653126.954131.3

InSnSb-3.3.5Te-2.4I-1.5Xe

81204.482207.283209.084(209)85(210)86(222)

TlPbBi-3.5PoAt-1.3Rn2

РИЯ АКТИВНОСТИ КИСЛОТ (при 25°C)

ФОРМУЛЫ К-Т

НИ

НВг

ННО₃

НО₂

Н₂SO₄

НМnO₄

НNO₂

Н₂C₂O₄

Н₂CO₃

Н₂SO₃

Н₂PO₄

HF

НNO₂

CH₃COOH

Н₂CO₃

Н₂S

Н₂BO₃

HCN

Н₂SO₃

рK_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

1Лантаниды

57138.958140.159140.960144.2

LaCePrNd

61(145)62150.463152.064157.365158.966162.567164.968167.369168.970173.0

PmSmEuGdTbDyHoErTmYb

89(227)90232.091231.092238.093(237)94(244)95(243)96(247)97(247)98(251)99(252)100(257)101(258)102(259)

AcThPaU

93(237)94(244)95(243)96(247)97(247)98(251)99(252)100(257)101(258)102(259)

NpPuAmCmBkCfEsFmMdNo

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЙ РЯД НАПРЯЖЕНИЙ МЕТАЛЛОВ

(ряд стандартных электродных потенциалов в водной среде при 25°C)

ОКИСЛЕННАЯ ФОРМА

Li⁺

Cs⁺

Rb⁺

K⁺

Ba²⁺

Sr²⁺

Ca²⁺

Na⁺

Mg²⁺

Be²⁺

Al³⁺

Mn²⁺

Zn²⁺

Cr³⁺

Fe²⁺

Cd²⁺

Co²⁺

Ni²⁺

Sn²⁺

Pb²⁺

2H⁺

Cu²⁺

Hg₂²⁺

Ag⁺

Pt²⁺

Au³⁺

E⁰, 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

H₂

Cu

2Hg

Ag

Pt

Au

УСИЛЕНИЕ ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ СВОЙСТВ

УСИЛЕНИЕ ОКИСЛИТЕЛЬНЫХ СВОЙСТВ

← +ne → ЭЛЕКТРОДНАЯ РЕАКЦИЯ

Короткий вариант Периодической системы.

ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ Д.И. МЕНДЕЛЕЕВА																	
ПЕРИОД	ГРУППА ЭЛЕМЕНТОВ	ГРУППА ЭЛЕМЕНТОВ															
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV	XV	XVI
I	1	H															He
II	2	Li	Be	B	C	N	O	F	Ne								
III	3	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	Ar								
IV	4	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni						
	5	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr								
V	6	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd						
	7	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe								
VI	8	Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt						
	9	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn								
VII	10	Fr	Ra	Ac	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds						
	11	Rg	Cn														
ЛАНТАНОИДЫ																	
АКТИНОИДЫ																	



МЕНДЕЛЕЕВ
Дмитрий Иванович
(28.1.1834 – 2.1.1907)
Русский учёный-химик, физик, математик, педагог, общественный деятель, один из создателей современной периодической системы химических элементов. Его открытие системы элементов периодическим (1869) предвосхищало и сформировало основы современной химии.



- В то время, когда Менделеев на основе открытого им периодического закона составлял свою таблицу, многие элементы были еще неизвестны. Так, был неизвестен элемент 4 периода *скандий*. По атомной массе вслед за Са шел Тi, но Тi нельзя было поставить сразу после Са, т.к. он попал бы в 3 группу, но по свойствам Тi должен быть отнесен к 4 группе. Поэтому Менделеев пропустил одну клетку. На том же основании в 4 периоде между Zn и As были оставлены две свободные клетки. Свободные места остались и в других рядах.

- Менделеев был не только убежден, что должны существовать неизвестные еще элементы, которые заполнят эти места, но и заранее предсказал свойства таких элементов, основываясь на их положении среди других элементов периодической системы. Были даны этим элементам и названия экабор(так как свойства его должны были напоминать бор), экаалюминий, экасилиций.

- В 1871 году Менделеевым были описаны свойства 3-х элементов: экакремкния, экабора, экаалюминия. Эти элементы в последствии были открыты и названы галлий (1875 г.), скандий (1879 г.) и германий (1886 г.)

- 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).

Открытия, позволившие развить периодический закон

1875 – французский ученый П.Э. Лекок де Буабодран открыл
новый элемент галлий.



- Он ничего не знал о работах Дмитрия Ивановича, и когда открыл новый металл, назвал его галлием. По ряду свойств и способу открытия галлий совпадал с экаалюминием, предсказанным Менделеевым.

- Ученый мир был ошеломлен тем, что предсказание Менделеевым свойств экаалюминия оказалось таким точным. С этого момента периодический закон начинает утверждаться в химии.

- В 1879 г. Л.Нильсон в Швеции открыл скандий, в котором воплотился предсказанный Дмитрием Ивановичем экабор.

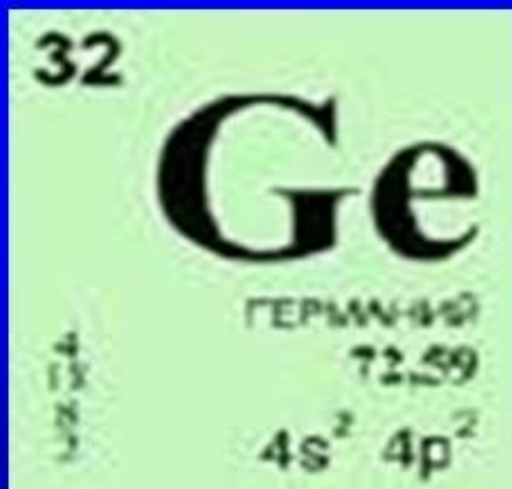
1879 – шведский ученый Ларс Фредерик Нильсон открыл новый элемент скандий.



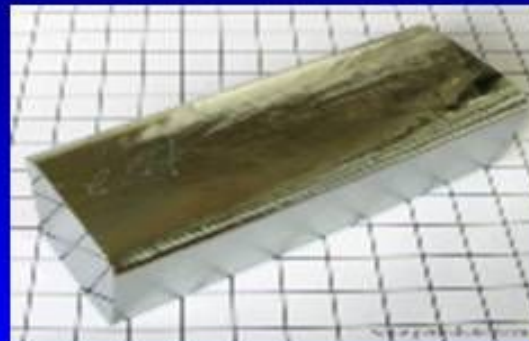
1886 – немецкий ученый Клеменс Александр Винклер –открыл элемент германий.



германиевый диод



Германий



[НАЗАД](#)

[ВЫХОД](#)

• У химиков переполох!
Ведь *Галлий* был одним из трёх,
Предсказанных заранее!
И следом, как из-под земли,
Вдруг *Скандий* в Швеции нашли,
На свет *Германий* извлекли
(естественно, в Германии).

- Тем не менее Периодическая система химических элементов во многом представляла эмпирическое обобщение фактов, поскольку был неясен физический смысл Периодического закона и отсутствовало объяснение причин периодического изменения свойств элементов в зависимости от возрастания атомных весов. Поэтому вплоть до физического обоснования периодического закона и разработки теории Периодической системы элементов многие факты не удавалось объяснить.

- Так, неожиданным явилось открытие в конце 19 в. инертных газов, которые, казалось, не находили места в Периодической системе элементов; эта трудность была устранена благодаря включению в Периодическую систему элементов самостоятельной нулевой группы (впоследствии VIII группы).

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
			
He 		СИНТЕЗИРОВАННЫЕ СОЕДИНЕНИЯ KrF₂ СИЛЬНЫЙ ОКИСЛИТЕЛЬ XeF₄ ОЧИСТКА ЯДЕРНЫХ ОТХОДОВ XeF₆ ОЧИСТКА ЯДЕРНЫХ ОТХОДОВ XeO₃ ВЗРЫВАТОЕ ВЕЩЕСТВО 	
АЭРОСТАТ 		СВАРКА Ar, He 	
 РЕНТГЕНОГРАММА			

- Открытие многих «радиоэлементов» в начале 20 в. привело к противоречию между необходимостью их размещения в периодической системе и её структурой (для более чем 30 таких элементов было 7 «вакантных» мест в шестом и седьмом периодах). Это противоречие было преодолено в результате открытия изотопов.

- Наконец, величина атомного веса (атомной массы) как параметра, определяющего свойства элементов, постепенно утрачивала своё значение.

Значение Периодического Закона Д.И.Менделеева.

- Периодический Закон имеет огромное естественнонаучное и философское значение.
- Он позволил рассматривать все элементы в их взаимной связи и прогнозировать свойства неизвестных элементов.

- Благодаря Периодическому Закону многие научные поиски (например, в области изучения строения вещества - в химии, физике, геохимии, космохимии, астрофизике) получили целенаправленный характер.

- Периодический Закон- яркое проявление действия общих законов диалектики, в частности закона перехода количества в качество.

- Периодическая система элементов оказала большое влияние на последующее развитие химии. Она не только была первой естественной классификацией химических элементов, показавшей, что они образуют стройную систему и находятся в тесной связи друг с другом, но и явилась могучим орудием для дальнейших исследований.

- Большое значение имела периодическая система также при установлении валентности и атомных масс некоторых элементов. Точно так же периодическая система дала толчок к исправлению атомных масс некоторых элементов.

- Например, Cs раньше приписывали атомную массу 123,4. Менделеев же, располагая элементы в таблицу, нашел, что по своим свойствам Cs должен стоять в главной подгруппе первой группы под Rb и поэтому будет иметь атомную массу около 130. Современные определения показывают, что атомная масса Cs равна 132,9054..

- 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.

Имена великих ученых: кюри, ферми, эйнштейн и, обязательно - менделев.

Md

101

[256]

Менделевий



В честь великого русского химика Д. И. Менделеева, открывшего Периодический закон и создавшего Периодическую систему химических элементов, назвали химический элемент № 101

- Последующее развитие науки позволило, опираясь на периодический закон, гораздо глубже познать строение вещества, чем это было возможно при жизни Менделеева.

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