

**Периодический закон и Периодическая  
система химических элементов**

**Д.И. Менделеева**

- **План изучения темы**

- **1. Предпосылки открытия Периодического закона**
- **2. Открытие Д.И. Менделеевым Периодического закона**
- **3. Периодический закон и строение атома**
- **4. Периодическая система и строение атома**
- **5. Значение Периодического закона Д. И. Менделеева**

# Предпосылки открытия Периодического закона

- 1. Накопление фактологического материала
- Ко времени открытия ПЗ было известно 63 химических элемента, описаны свойства их различных соединений.

		Периодическая система элементов Д.И.МЕНДЕЛЕЕВА (1869 год).															
		I		II		III		IV		V		VI		VII		VIII	
1	<b>H</b> <sup>1,00</sup> водород													<b>He</b> <sup>4,00</sup> гелий			
2	<b>Li</b> <sup>6,94</sup> литий	<b>Be</b> <sup>9,01</sup> бериллий	<b>B</b> <sup>10,8</sup> бор	<b>C</b> <sup>12,0</sup> углерод	<b>N</b> <sup>14,0</sup> азот	<b>O</b> <sup>16,0</sup> кислород	<b>F</b> <sup>19,0</sup> фтор	<b>Ne</b> <sup>20,2</sup> неон									
3	<b>Na</b> <sup>23,0</sup> натрий	<b>Mg</b> <sup>24,0</sup> магний	<b>Al</b> <sup>27,0</sup> алюминий	<b>Si</b> <sup>28,1</sup> кремний	<b>P</b> <sup>31,0</sup> фосфор	<b>S</b> <sup>32,1</sup> сера	<b>Cl</b> <sup>35,5</sup> хлор	<b>Ar</b> <sup>40,0</sup> аргон									
4	<b>K</b> <sup>39,1</sup> калий	<b>Ca</b> <sup>40,1</sup> кальций	<b>Sc</b> <sup>45,0</sup> скандий	<b>Ti</b> <sup>48,0</sup> титан	<b>V</b> <sup>51,0</sup> ванадий	<b>Cr</b> <sup>52,0</sup> хром	<b>Mn</b> <sup>55,0</sup> марганец	<b>Fe</b> <sup>56,0</sup> железо	<b>Co</b> <sup>59,0</sup> кобальт	<b>Ni</b> <sup>59,0</sup> никель							
5	<b>Rb</b> <sup>85,5</sup> рубидий	<b>Sr</b> <sup>88,0</sup> стронций	<b>Y</b> <sup>89,0</sup> иттрий	<b>Zr</b> <sup>91,2</sup> цирконий	<b>Nb</b> <sup>93,0</sup> ниобий	<b>Mo</b> <sup>96,0</sup> молибден	<b>Tc</b> <sup>98,0</sup> технеций	<b>Ru</b> <sup>101,0</sup> рутений	<b>Rh</b> <sup>103,0</sup> родий	<b>Pd</b> <sup>106,4</sup> палладий							
6	<b>Cs</b> <sup>133,0</sup> цезий	<b>Ba</b> <sup>137,0</sup> барий	<b>La</b> <sup>138,8</sup> лантан	<b>Hf</b> <sup>178,5</sup> гафний	<b>Ta</b> <sup>181,0</sup> тантал	<b>W</b> <sup>184,0</sup> вольфрам	<b>Re</b> <sup>186,2</sup> рений	<b>Os</b> <sup>190,2</sup> осмий	<b>Ir</b> <sup>193,0</sup> иридий	<b>Pt</b> <sup>195,0</sup> платина							
7	<b>Fr</b> <sup>223,0</sup> франций	<b>Ra</b> <sup>226,0</sup> радий	<b>Ac</b> <sup>227,0</sup> актиний	<b>Rf</b> <sup>261,0</sup> реферморий	<b>Db</b> <sup>262,0</sup> дубний	<b>Sg</b> <sup>266,0</sup> сисборгий	<b>Bh</b> <sup>269,0</sup> борий	<b>Hs</b> <sup>271,0</sup> хассий	<b>Mt</b> <sup>273,0</sup> мейтнерий	<b>Ds</b> <sup>271,0</sup> дармштадтий							
La	<b>Ce</b> <sup>140,1</sup>	<b>Pr</b> <sup>140,9</sup>	<b>Nd</b> <sup>145,0</sup>	<b>Pm</b> <sup>145,0</sup>	<b>Sm</b> <sup>150,4</sup>	<b>Eu</b> <sup>152,0</sup>	<b>Gd</b> <sup>157,3</sup>	<b>Tb</b> <sup>158,9</sup>	<b>Dy</b> <sup>162,5</sup>	<b>Ho</b> <sup>164,9</sup>	<b>Er</b> <sup>167,3</sup>	<b>Tm</b> <sup>168,9</sup>	<b>Yb</b> <sup>173,0</sup>	<b>Lu</b> <sup>175,0</sup>			
Ac	<b>Th</b> <sup>232,0</sup>	<b>Pa</b> <sup>231,0</sup>	<b>U</b> <sup>238,0</sup>	<b>Np</b> <sup>237,0</sup>	<b>Pu</b> <sup>244,0</sup>	<b>Am</b> <sup>243,0</sup>	<b>Cm</b> <sup>247,0</sup>	<b>Bk</b> <sup>247,0</sup>	<b>Cf</b> <sup>251,0</sup>	<b>Es</b> <sup>252,0</sup>	<b>Fm</b> <sup>257,0</sup>	<b>Md</b> <sup>258,0</sup>	<b>No</b> <sup>259,0</sup>	<b>Lr</b> <sup>260,0</sup>			

- По мере возрастания числа открытых химических элементов возникла необходимость их классификации и систематизации. Первую попытку сделал еще в конце XVIII века А. Лавуазье, выделив 4 класса: газы и флюиды (свет и тепло), металлы, неметаллы, «земли» (оказавшиеся оксидами).



Антуан Лавуазье

- **2. Работы предшественников Д.И. Менделеева:**
- - классификация Берцелиуса

Берцелиус разделил все элементы на металлы и неметаллы, определил, что металлам соответствуют основные оксиды и основания, а неметаллам – кислотные оксиды и кислоты.



**Берцелиус Йенс Якоб**  
BERZELIUS.

- - триады Деберейнера

- В 1817 году немецкий ученый И. Деберейнер располагает все известные элементы отдельными триадами:

- 1) Li, Na, K;

- 2) Ca, Sr, Ba;

- 3) P, As, Sb;

- 4) S, Se, Te;

- 5) Cl, Br, J;

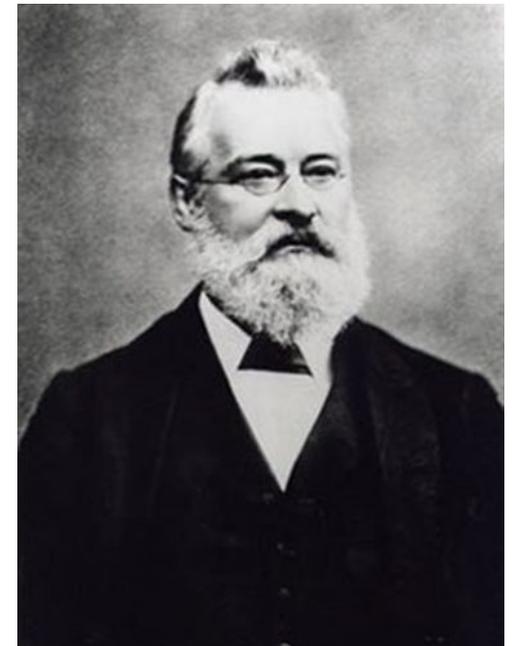
- и обнаруживает интересную закономерность: масса атома среднего элемента равна среднеарифметическому из масс крайних элементов, например:  $Ar_{Na} = (Ar_{Li} + Ar_{K})/2 = (6,94 + 39,1)/2 = 23$ .



- - октавы Ньюлендса
- Известные в то время 62 элемента он расположил в порядке возрастания их эквивалентов и подметил, что в этом ряду часто каждый 8-й как бы повторяет свойства каждого, условно считаемого за первый элемент.
- H, Li, Be, B и т.д.; Na – девятый элемент повторяет свойства второго – Li, Ca – 17-ый повторяет свойства 10-го – Mg и т.д.
- У него получилось 8 вертикальных столбцов – октав.

Сходные элементы расположились на горизонталях.

Выявленные закономерности он назвал «законом октав».



- - спираль Шанкуртуа
- Шанкуртуа располагает 50 элементов по винтовой линии на поверхности цилиндра, помещая их на линии, в соответствии с атомным весом.
- Т.к. система заканчивалась теллуrom, то эту систему называли “теллуrowый винт”.
- Многие сходные элементы на цилиндре оказались друг под другом по вертикалям.
- Это построение графически правильно выражало идею диалектического развития материи.



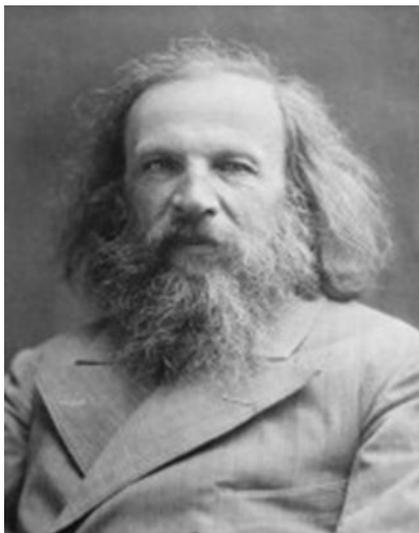
- - кривая Мейера
- Таблица Лотара Мейера основана на сходстве элементов по их валентности по водороду.
- Мейер подмечает, что разность между относительными атомными массами соседних по каждому столбцу элементов отличается на закономерно возрастающие числа: 16, 16, 45, 45, 90.
- Он так же отмечает, что разность между Ar (Si) и Ar (Sn) ненормально велика (90 вместо 45).



- **3. Участие Д.И. Менделеева в съезде химиков в Карлсруэ (1860 г.), где утвердились идеи атомистики и понятие «атомный вес», которое сейчас известно под названием «относительная атомная масса».**
- **4. Личностные качества Д.И. Менделеева. Энциклопедичность знаний, научная интуиция, умение обобщать, постоянное стремление к познанию неведомого, дар научного предвидения Д.И. Менделеева.**

# Открытие Д.И. Менделеевым Периодического закона

- Систематикой химических элементов Д.И.Менделеев стал заниматься в самом начале своей научной деятельности.
- В 1855-1856 годах он опубликовал 2 работы по исследованию изоморфизма и удельных объемов и установил зависимость между этими характеристиками и свойствами.
- Он также внимательно изучал работы предшественников, подверг их критическому анализу



Сопоставление разных групп элементов по их атомным массам привело к открытию закона в форме составления «Опыта системы элементов», четко выявившего периодическую зависимость свойств элементов от их атомных масс.

- 6 марта 1869 года на заседании Русского Химического общества Меншуткин от имени Д.И.Менделеева сделал сообщение о соотношении свойств и атомных масс элементов.
- В течение двух последующих лет Менделеев составляет таблицы атомных объемов элементов, которые тоже изменяются периодически. Позднее убеждается, что высшая валентность элементов также периодическая функция.
- Эти открытия позволили от «Опыта периодической системы» перейти к «естественной системе элементов».





- В основу своей работы Менделеев положил 2 основных признака – величину массы атома (относительной атомной массы элемента) и свойства элемента.
- Менделеев расположил все ему известные химические элементы в единую цепочку по возрастанию относительной атомной массы и отметил в ней отрезки – периоды, в которых свойства элементов и образованных ими веществ изменялись сходным образом, а именно:
  - **1) металлические свойства ослабевали;**
  - **2) неметаллические свойства усиливались;**

- **3) степень окисления элементов в высших оксидах увеличивалась с +1 до +7;**
- **4) степень окисления элементов в гидридах, в водородных соединениях металлов, возрастала с +1 до +3, а затем возрастала в летучих водородных соединениях с -4 до -1;**
- **5) оксиды от основных через амфотерные сменялись кислотными;**
- **6) гидроксиды от щелочей через амфотерные сменялись кислотами.**

• Свойства химических элементов и образованных ими веществ находятся в периодической зависимости от величины масс их атомов.

**• Современная формулировка:**

**свойства химических элементов, а также формы и свойства соединений элементов находятся в периодической зависимости от величины заряда ядер их атомов.**

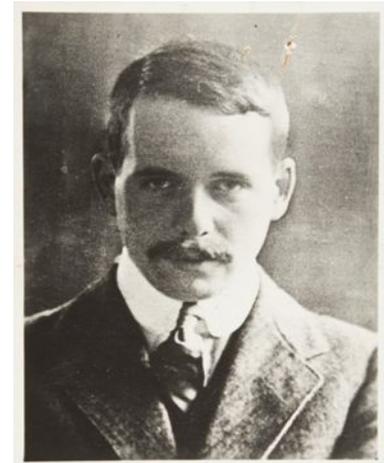
# Периодический закон и строение атома

- Формулировка ПЗ не была точной и полной с современной точки зрения, т.к. она отражала состояние науки на тот период времени, когда не было известно ничего о сложности строения атома.
- Впервые физический смысл порядкового номера раскрыл голландский учёный Ван-ден-Брук, который теоретически доказал, что порядковый номер химического элемента равен заряду ядра его атома. Гипотеза была экспериментально подтверждена англичанином Мозли.

Ван-ден-Брук



Генри Мозли



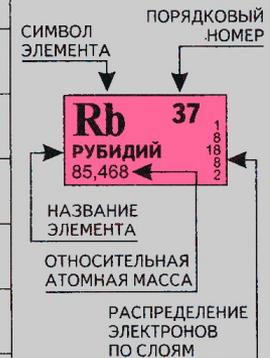
# Символика Периодической системы Д.И. Менделеева

Периоды	Ряды	Г Р У П П Ы Э Л Е М Е Н Т О В																Энергетические уровни	
		I		II		III		IV		V		VI		VII		VIII			
		а	б	а	б	а	б	а	б	а	б	а	б	а	б	а	б		
1	1	<b>H</b> ВОДОРОД 1,008																<b>He</b> ГЕЛИЙ 4,003	
2	2	<b>Li</b> ЛИТИЙ 6,941	<b>Be</b> БЕРИЛЛИЙ 9,0122	<b>B</b> БОР 10,811	<b>C</b> УГЛЕРОД 12,011	<b>N</b> АЗОТ 14,007	<b>O</b> КИСЛОРОД 15,999	<b>F</b> ФТОР 18,998										<b>Ne</b> НЕОН 20,179	
3	3	<b>Na</b> НАТРИЙ 22,99	<b>Mg</b> МАГНИЙ 24,312	<b>Al</b> АЛЮМИНИЙ 26,982	<b>Si</b> КРЕМНИЙ 28,086	<b>P</b> ФОСФОР 30,974	<b>S</b> СЕРА 32,064	<b>Cl</b> ХЛОР 35,453										<b>Ar</b> АРГОН 39,948	
4	4	<b>K</b> КАЛИЙ 39,102	<b>Ca</b> КАЛЬЦИЙ 40,08	<b>Sc</b> СКАНДИЙ 44,956	<b>Ti</b> ТИТАН 47,956	<b>V</b> ВАНАДИЙ 50,941	<b>Cr</b> ХРОМ 51,996	<b>Mn</b> МАРГАНЕЦ 54,938	<b>Fe</b> ЖЕЛЕЗО 55,849	<b>Co</b> КОБАЛЬТ 58,933	<b>Ni</b> НИКЕЛЬ 58,7								
	5	<b>Cu</b> МЕДЬ 63,546	<b>Zn</b> ЦИНК 65,37	<b>Ga</b> ГАЛЛИЙ 69,72	<b>Ge</b> ГЕРМАНИЙ 72,59	<b>As</b> МЫШЬЯК 74,922	<b>Se</b> СЕЛЕН 78,96	<b>Br</b> БРОМ 79,904											<b>Kr</b> КРИПТОН 83,8
5	6	<b>Rb</b> РУБИДИЙ 85,468	<b>Sr</b> СТРОНЦИЙ 87,62	<b>Y</b> ИТРИЙ 88,906	<b>Zr</b> ЦИРКОНИЙ 91,22	<b>Nb</b> НИОБИЙ 92,906	<b>Mo</b> МОЛИБДЕН 95,94	<b>Tc</b> ТЕХНЕЦИЙ [99]	<b>Ru</b> РУТЕНИЙ 101,07	<b>Rh</b> РОДИЙ 102,906	<b>Pd</b> ПАЛЛАДИЙ 106,4								
	7	<b>Ag</b> СЕРЕБРО 107,868	<b>Cd</b> КАДМИЙ 112,41	<b>In</b> ИНДИЙ 114,82	<b>Sn</b> ОЛОВО 118,69	<b>Sb</b> СУРЬМА 121,75	<b>Te</b> ТЕЛЛУР 127,6	<b>I</b> ИОД 126,905											<b>Xe</b> КСЕНОН 131,3
6	8	<b>Cs</b> ЦЕЗИЙ 132,905	<b>Ba</b> БАРИЙ 137,34	<b>57-71</b> ЛАНТАНОИДЫ	<b>Hf</b> ГАФИЙ 178,49	<b>Ta</b> ТАНТАЛ 180,948	<b>W</b> ВОЛЬФРАМ 183,85	<b>Re</b> РЕНИЙ 186,207	<b>Os</b> ОСМИЙ 190,2	<b>Ir</b> ИРИДИЙ 192,22	<b>Pt</b> ПЛАТИНА 195,09								
	9	<b>Au</b> ЗОЛОТО 196,967	<b>Hg</b> РУТУТЬ 200,59	<b>Tl</b> ТАЛЛИЙ 204,37	<b>Pb</b> СВИНЕЦ 207,19	<b>Bi</b> ВИСМУТ 208,98	<b>Po</b> ПОЛОНИЙ [210]	<b>At</b> АСТАТ [210]											
7	10	<b>Fr</b> ФРАНЦИЙ [223]	<b>Ra</b> РАДИЙ [226]	<b>89-103</b> АКТИНОИДЫ	<b>104 Rf</b> РЕЗЕРФОРДИЙ [261]	<b>105 Db</b> ДУБНИЙ [262]	<b>106 Sg</b> СИБОРГИЙ [263]	<b>107 Bh</b> БОРИЙ [262]	<b>108 Hn</b> ХАНИЙ [265]	<b>109 Mt</b> МЕЙТТЕРИЙ	<b>110</b>								
ВЫСШИЕ ОКСИДЫ		R <sub>2</sub> O	RO	R <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	RO <sub>2</sub>	R <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	RO <sub>3</sub>	R <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	RO <sub>4</sub>										
ЛЕТУЧИЕ ВОДОРОДНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ					RH <sub>4</sub>	RH <sub>3</sub>	H <sub>2</sub> R	HR											

www.calc.ru



Д.И. Менделеев  
1834-1907



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

## Л А Н Т А Н О И Д Ы

57 <b>La</b> ЛАНТАН 138,906	58 <b>Ce</b> ЦЕРИЙ 140,12	59 <b>Pr</b> ПРАЗЕОДИЙ 140,908	60 <b>Nd</b> НЕОДИЙ 144,24	61 <b>Pm</b> ПРОМЕТИЙ [145]	62 <b>Sm</b> САМАРИЙ 150,4	63 <b>Eu</b> ЕВРОПИЙ 151,96	64 <b>Gd</b> ГАДОЛИНИЙ 157,25	65 <b>Tb</b> ТЕРБИЙ 158,926	66 <b>Dy</b> ДИСПРОЗИЙ 162,5	67 <b>Ho</b> ГОЛЬМИЙ 164,93	68 <b>Er</b> ЭРБИЙ 167,26	69 <b>Tm</b> ТУЛЛИЙ 168,934	70 <b>Yb</b> ИТТЕРБИЙ 173,04	71 <b>Lu</b> ЛЮТЕЦИЙ 174,97
-----------------------------------	---------------------------------	--------------------------------------	----------------------------------	-----------------------------------	----------------------------------	-----------------------------------	-------------------------------------	-----------------------------------	------------------------------------	-----------------------------------	---------------------------------	-----------------------------------	------------------------------------	-----------------------------------

## А К Т И Н О И Д Ы

89 <b>Ac</b> АКТИНИЙ [227]	90 <b>Th</b> ТОРИЙ 232,038	91 <b>Pa</b> ПРОТАКТИНИЙ [231]	92 <b>U</b> УРАН 238,29	93 <b>Np</b> НЕПУТНИЙ [237]	94 <b>Pu</b> ПУЛТОНИЙ [244]	95 <b>Am</b> АМЕРИЦИЙ [243]	96 <b>Cm</b> КЮРИЙ [247]	97 <b>Bk</b> БЕРКЛИЙ [247]	98 <b>Cf</b> КАЛИФОРНИЙ [251]	99 <b>Es</b> ЭЙНШТЕЙНИЙ [254]	100 <b>Fm</b> ФЕРМИЙ [257]	101 <b>Md</b> МЕНДЕЛЕВИЙ [258]	102 <b>No</b> НОБЕЛИЙ [259]	103 <b>Lr</b> ЛОУРЕНСИЙ [260]
----------------------------------	----------------------------------	--------------------------------------	-------------------------------	-----------------------------------	-----------------------------------	-----------------------------------	--------------------------------	----------------------------------	-------------------------------------	-------------------------------------	----------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------	-------------------------------------

# Периодическая система и строение атома

- **Периодическая система химических элементов** – это графическое отображение ПЗ.
- Каждое обозначение в Периодической системе отражает какую-либо особенность или закономерность в строении атомов элементов:
- **Порядковый номер** – заряд ядра, число протонов, число электронов.
- **Номер периода** – число энергетических уровней в атомах химических элементов данного периода.
- **Номер группы** – число электронов на внешнем уровне для элементов главных подгрупп и максимальное число электронов для элементов побочных подгрупп.

# *Значение Периодического закона Д. И. Менделеева*

- **Периодический закон и Периодическая система позволили:**
- 1) установить взаимосвязь между элементами и объединить элементы по свойствам;
- 2) расположить элементы в естественной последовательности;
- 3) вскрыть периодичность свойств элементов и их соединений;
- 4) исправить и уточнить относительные атомные массы элементов;
- 5) предсказать и описать свойства, указать путь открытия ещё неоткрытых элементов.