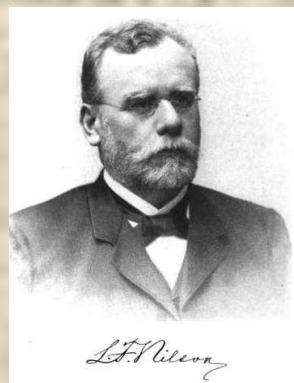
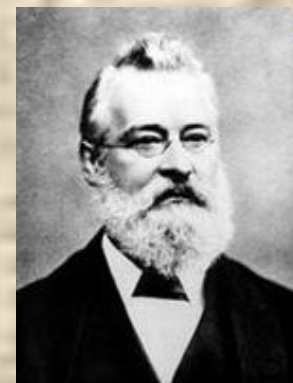


ОТКРЫТИЕ ПЕРИОДИЧЕСКОГО ЗАКОНА





Закон триад

В 1817 году немецкий химик **Иоганн Вольфганг Доберейнер** на основе сходства химической природы некоторых элементов располагает их отдельными триадами.

При этом он обнаруживает интересную математическую закономерность: *масса атома среднего элемента в каждой триаде равна среднеарифметической величине из масс атомов крайних.*

Литий Li - 6,94
Натрий Na - 23,00
Калий K - 39,1

Кальций Ca - 40,07
Стронций Sr - 87,63
Барий Ba - 137,37

Фосфор P - 31,04
Мышьяк As - 74,96
Сурьма Sb - 121,8

Сера S - 32,06
Селен Se - 79,2
Теллур Te - 127,5

Хлор Cl - 35,46
Бром Br - 79,92
Йод I - 126,92



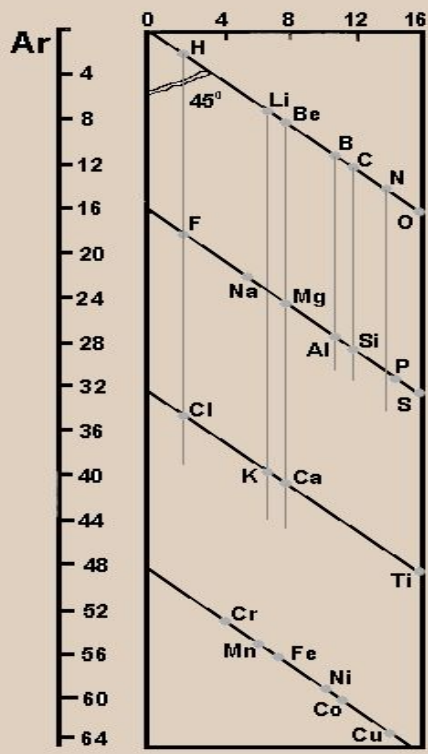


«Теллуrowый винт»

Французский геолог и химик Александр Эмиль Бегуйе де Шанкуртуа в 1862 году предложил систематизацию химических элементов, основанную на закономерном изменении атомных масс.

Шанкуртуа нанёс на боковую поверхность цилиндра, размеченную на 16 частей, линию под углом 45° , на которой поместил точки, соответствующие элементам. Так как построение заканчивалось теллурием, то оно и получило название теллуrowого винта.

Многие химически сходные элементы оказались в его построении расположенными друг над другом на вертикалях-образующих цилиндра.



VIS TELLURIQUE

CLASSEMENT NATUREL DES CORPS SIMPLES OU RADICAUX

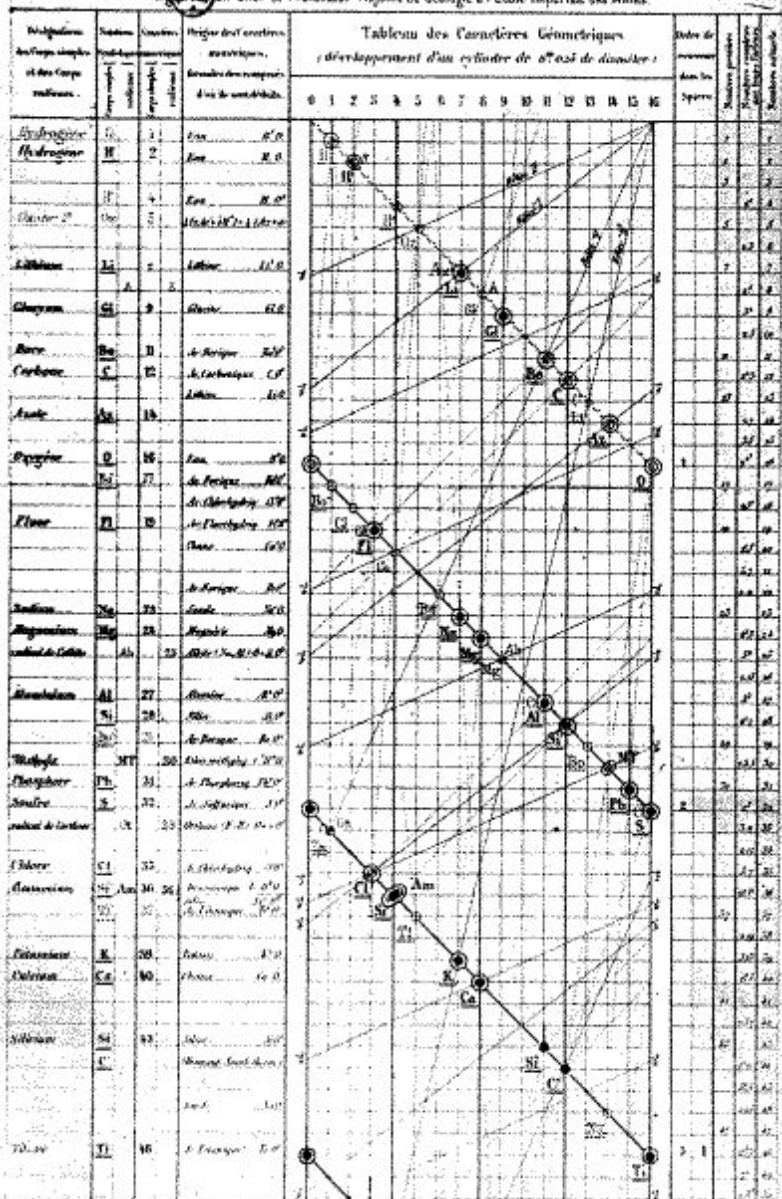
obtenu au moyen d'un

SYSTÈME DE CLASSIFICATION HÉLICOÏDALE ET NUMÉRIQUE

A. E. BECQUER DE CHANGOURTOIS

de la Promotion de 1836 à l'École Polytechnique

Inspecteur en Chef et Professeur-Adjoint de Géologie à l'École Impériale des Mines.



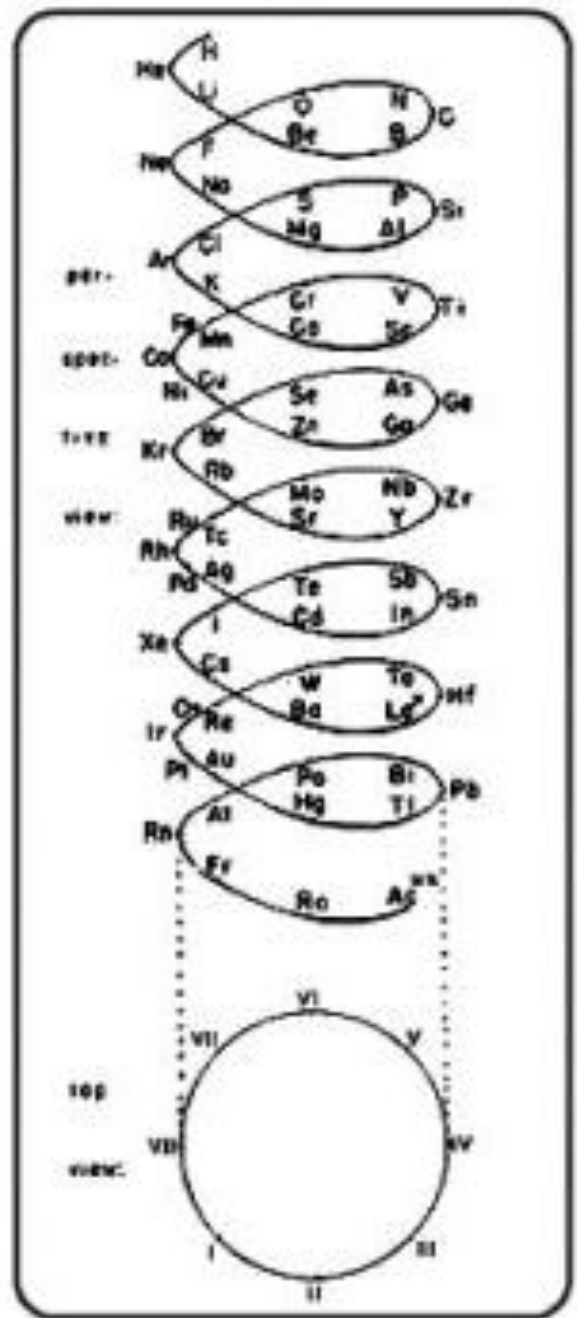
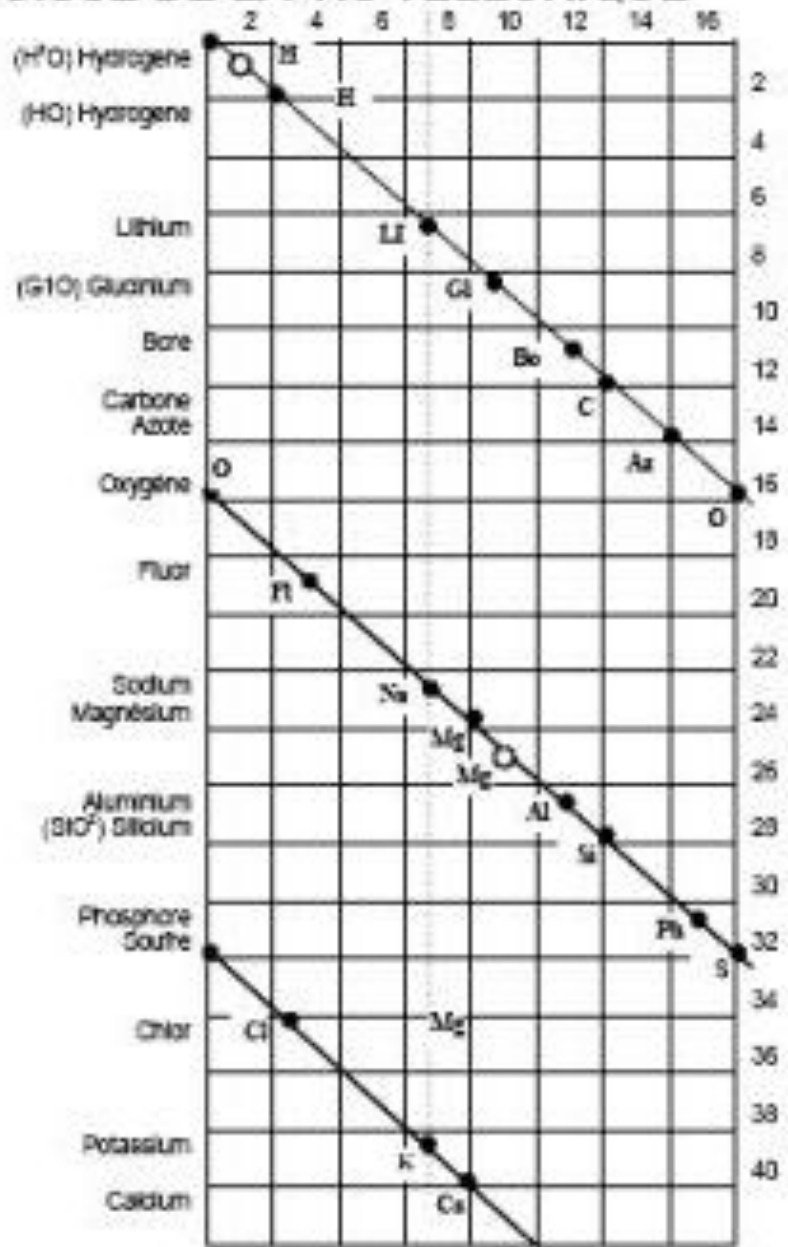
Интересно, что из его «винта» впервые выявилась аналогия между водородом и галогенами.

Однако подмеченная Шанкуртуа периодическая повторяемость не нашла повторения в нижней половине его цилиндра, где уже вообще ни о какой аналогии по вертикалям говорить не приходится.

Систематизация Шанкуртуа явилась существенным шагом вперёд по сравнению с существовавшими тогда системами, однако его работа поначалу осталась практически незамеченной; интерес к ней возник только после открытия периодического закона Д. И. Менделеевым.



ESQUISSE DE LA VIS TELLURIQUE



Закон октав



	No.		No.		No.		No.		No.		No.		No.			
H	1	F	8	Cl	15	Co	} 22	Br	29	Pd	36	I	42	Pt	} 50	
Li	2	Na	9	K	16	Ni		Cu	23	Rb	30	Ag	37	Cs		44
Ga	3	Mg	10	Ca	17	Zn	25	Sc	31	Cd	38	Ba	} 45	Pb	54	
B	4	Al	11	Cr	19	Y	24	Ce	} 33	U	40	V		Ta	46	Tb
C	5	Si	12	Ti	18	In	26	La		Zr	32	Sn	39	W	47	Hg
N	6	P	13	Mn	20	As	27	} 34	Dl	} 34	Sb	41	Nb	48	Bi	55
O	7	S	14	Fe	21	Se	28		Mo		Te	43	Au	49	Cs	51
								Ru								

18 августа 1865 года Джон Александр Рейна Ньюлендс опубликовал таблицу элементов, назвав её «законом октав», который формулировался следующим образом: «Номера аналогичных элементов, как правило, отличаются или на целое число семь, или на кратное семи; другими словами, члены одной и той же группы соотносятся друг с другом в том же отношении, как и крайние точки одной или больше октав в музыке».



1 марта 1866 года Ньюлендс сделал доклад *«Закон октав и причины химических соотношений среди атомных весов»* на заседании Лондонского химического общества, который не вызвал особого интереса.

История сохранила лишь ехидное замечание Дж. Фостера: *не пробовал ли докладчик располагать элементы в порядке начальных букв их названий и не обнаружил ли при этом каких-либо закономерностей?*

Заслуга Ньюлендса несомненна: он первый подметил повторяемость свойств элементов на восьмом элементе, привлёк внимание к этому числу.





Таблица Лотара Мейера

Атомность (валентность)						Разности в атомных массах
4	3	2	1	1	2	
C(12)	N(14)	O(16)	F(19.9)	Li(7)	Be(8.3)	~16
Si(28)	P(31)	S(32)	Cl(35.5)	Na(23)	Mg(24)	~16
-----	As(75)	Se(79)	Br(80)	K(39.1)	Ca(40)	~45
Sn(117.6)	Sb(120.6)	Te(128.3)	I(126.8)	Rb(85)	Sr(87.6)	~45
Pb(207)	Bi(203)	-----		Cs(133)	Ba(137)	~90
				Tl(204)	-----	

В 1864 году Юлиус Лотар Мейер опубликовал работу "Современные теории химии", в которой привёл свою первую таблицу, в которой 42 элемента (из 63) были размещены в соответствии с их валентностями и атомными массами (приводимая таблица отражает лишь верхнюю часть таблицы Мейера).

Мейер подмечает, что разности между относительными атомными массами соседними по каждому вертикальному столбцу сходных элементов отличаются на закономерно возрастающие числа: 16, 16, 45, 45, 90, но в некоторых случаях намеченные разности ненормально велики. Однако, из этого факта нарушения подмеченной им важной закономерности он не делает никакого логического вывода.



В 1870 году в "Анналах химии и фармации" появилась статья Мейера "Природа химических элементов как функция их атомного веса".

В своей [таблице 1870 года](#) Мейер в основном правильно расположил элементы (оставив и пустые места!), однако не применял своих результатов ни для исправления атомных весов, ни для предсказания свойств не открытых ещё элементов.

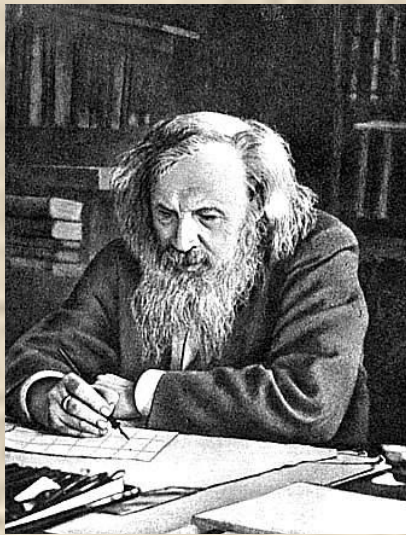
Мейер более, чем кто-либо другой из учёных до него, был близок к открытию периодического закона. И всё же он не решился на смелые выводы.



Таблица Мейера 1870 г.

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
	B	Al				In (?)		Tl
	C	Si	Ti		Zr	Sn		Pb
	N	P	V	As	Nb	Sb	Ta	Bi
	O	S	Cr	Se	Mo	Te	W	
	F	Cl	Mn Fe Co Ni	Br	Ru Rh Pd	I	Os Ir Pt	
Li	Na	K	Cu	Rb	Ag	Cs	Au	
Be	Mg	Ca	Zn	Sr	Cd	Ba	Hg	





Периодический закон химических элементов

В марте 1869 г. русский химик Дмитрий Иванович Менделеев представил Русскому химическому обществу, *периодический закон химических элементов* изложенный в нескольких основных положениях.

В том же 1869 г. вышло и первое издание учебника "Основы химии", в котором была приведена периодическая таблица Менделеева.



Основные положения периодического закона химических элементов

1. Элементы, расположенные по возрастанию их атомного веса, представляют явственную периодичность свойств;
2. Сходные по свойствам элементы имеют или близкие атомные веса (Os, Ir, Pt), или последовательно и однообразно увеличивающиеся (K, Rb, Cs);
3. Сопоставление элементов или их групп по величине атомного веса отвечает их т.н. валентности;
4. Элементы с малыми атомными весами имеют наиболее резко выраженные свойства, поэтому они являются типическими элементами;
5. Величина атомного веса элемента может быть иногда исправлена, если знать аналоги данного элемента;
6. Следует ожидать открытия ещё многих неизвестных элементов, например, сходных с Al или Si, с паем (атомной массой) 65-75.



			Ti = 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	Pd = 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	Ur = 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	Ct = 92		
		?Er = 56	La = 94		
		?Yt = 60	Di = 95		
		?In = 75,6	Nh = 118?		



Формулировка Периодического закона

«Свойства элементов, а потому и свойства образуемых ими простых и сложных тел стоят в периодической зависимости от атомного веса».

Статья "Периодическая
законность химических
элементов"
1871 год



В конце 1870 г. Менделеев доложил РХО статью «Естественная система элементов и применение её к указанию свойств неоткрытых элементов».

В этой статье он предсказал свойства неоткрытых ещё элементов – аналогов бора, алюминия и кремния (соответственно *экабор*, *экаалюминий* и *экасилиций*).

**«...великая идея Д. И. Менделеева
осталась без внимания потому, что её
высказал... русский учёный...»**

*Чешский химик
Богуслав Браунер*





В 1875 году Лекок де Буабодран исследовал спектр цинковой обманки, привезенной из Пьеррфита (Пиренеи). В этом спектре и была обнаружена новая фиолетовая линия, которая свидетельствовала о присутствии в минерале неизвестного элемента. После длительных опытов ученому удалось получить новый элемент, но в очень небольшом количестве - меньше 0,1 г. Изучить его физические и химические свойства Лекок де Буабодран смог далеко не полно.

Сообщение об открытии галлия появилось в докладах Парижской академии наук. Его прочел Д. И. Менделеев и узнал в галлии предсказанный им экаалюминий. Менделеев тут же написал в Париж письмо в котором утверждал, что первооткрыватель элемента ошибся, что плотность нового металла не может быть равна 4,7, как писал Лекок де Буабодран, — она должна быть больше, примерно 5,9—6,0 г/см³!

Французский учёный еще раз выделил и тщательно очистил крупницы галлия, чтобы проверить результаты первых опытов и подтвердил... расчёты Д.И. Менделеева!



«Я думаю, что нет необходимости настаивать на огромном значении подтверждения теоретических выводов г. Менделеева».

Лекок де-Буабордан





В 1879 году шведский учёный Ларс Нильсон в одном из очень редких минералов обнаруживает новый элемент, которому в честь полуострова Скандинавии присваивает название **скандия**.

После изучения нового элемента Нильсон дал описание свойств скандия.

Каково же было удивление Нильсона, когда он, сравнивая характеристику скандия с экабором Менделеева, установил почти полное сходство этих характеристик.



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



«Нет никакого сомнения, что в скандии открыт экабор. Так подтверждаются самым наглядным образом мысли русского химика, позволившие не только предвидеть существование названного простого тела, но и наперёд указать его важнейшие свойства».

Л. Нильсон





В 1886 году один из профессоров Фрейбергской горной академии открыл новый минерал серебра – аргиродит. Этот минерал был передан для полного анализа профессору технической химии **Клеменсу Винклеру** - лучшему аналитику академии.

Довольно быстро Винклер выяснил, что в почти 7% веса нового минерала приходится на долю некоего непонятого элемента, скорее всего еще неизвестного.

Винклер выделил неопознанный компонент аргиродита, изучил его свойства и понял, что действительно нашел новый элемент – предсказанный Менделеевым **экасилиций**.

Винклер сначала намеревался назвать новый элемент **нептунием** в честь планеты Нептун (как и элемент №32, эта планета была предсказана раньше, чем открыта). Но потом оказалось, что такое имя раньше присваивалось одному ложно открытому элементу, и, не желая компрометировать свое открытие, Винклер отказался от первого намерения и назвал новый элемент **германием** в честь своей страны.



Предсказано в 1874 г. для экасилиция	Найдено Винклером для германия
Относительная атомная масса	
72	72,6
ПЛОТНОСТЬ	
5,5	5,35
Формула высшего оксида	
ЭO_2	GeO_2
Плотность оксида	
4,7	4,7



Плавкий металл, улетучивающийся в сильную жару	Плавится при 960°C , выше – улетучивается
Оксид легко восстанавливается до металла	Оксид восстанавливается до металла
Гидроксид – слабое основание	Основные свойства гидроксида – слабые
Образует неустойчивое газообразное соединение GeH_4 , но более стойкое, чем SnH_4	GeH_4 - неустойчивый газ, но более стоек, чем SnH_4



«Вряд ли может существовать более яркое доказательство справедливости учения о периодичности элементов, чем открытие до сих пор гипотетического экасилиция; оно составляет, конечно, более чем простое подтверждение смелой теории, - оно знаменует собою выдающееся расширение химического поля зрения, гигантский шаг в области познания».

Клеменс Винклер

