

ЭНЕРГИЯ ИОНИЗАЦИИ АТОМОВ И ПЕРИОДИЧЕСКИЙ ЗАКОН

Аннотация. Попытка проследить, в какой степени изменение энергии ионизации атомов подчиняются периодическому закону Д.И. Менделеева позволила сделать вывод о том, что свойства элементов периодически зависят от конфигурации внешних электронных оболочек и, как следствие – от изменения величины энергии ионизации. Предложен вариант таблицы электронных оболочек атомов химических элементов и обосновано мнение о необходимости внесения некоторых изменений в таблицу Д.И. Менделеева. Предложена новая редакция периодического закона.

Введение

В 1869 году Д.И. Менделеев представил на рассмотрение Русского химического общества работу «Соотношение свойств с атомным весом элементов», в которой сформулировал открытый им закон следующим образом:

1. Элементы, расположенные по величине их атомного веса, представляют явственную периодичность.
2. Сходственные по химическим отправлениям элементы представляют или близкие атомные веса (Pt, Ir, Os), или последовательно и однообразно увеличивающиеся (подобно K, Rb, Cs).
3. Сопоставление элементов или их групп по величине атомного веса соответствует так называемой валентности их и, до некоторой степени, различию химического характера, что видно ясно в ряду Li, Be, B, C, N, O, F и повторяется в других рядах.
4. Распространеннейшие в природе простые тела имеют малый вес, а все элементы с малым атомным весом характеризуются резкостью свойств. Они суть типические элементы.
5. Величина атомного веса определяет характер элемента, как величина частицы определяет свойства сложного тела.
6. Должно ожидать открытия ещё многих неизвестных простых тел, например, сходных с алюминием и кремнием элементов с атомным весом 65-75.
7. Величина атомного веса элементов иногда может быть исправлена, зная его аналогии. Так, атомный вес теллура должен быть не 128, а 122-126.
8. Некоторые аналогии элементов открываются по величине атомного веса их атомов.

На первом этапе периодический закон кратко был сформулирован следующим образом: **свойства химических элементов и их соединений периодической зависят от величины атомного веса.**

Следует отметить, что периодичность изменения свойств элементов от величины атомного веса просматривается с трудом, тем не менее, это никоим образом не ставит под сомнение саму суть периодического закона. Величайшая заслуга ученого в том, что, имея минимум информации, он сумел сделать максимум правильных выводов.

Со времени открытия периодического закона были сделаны многие открытия в области строения атома. В академической науке преобладает мнение об электронной структуре атома, в основе лежит версия, предложенная Резерфордом, а впоследствии обоснованная Н. Бором. Строгая периодичность расположения элементов в периодической системе принято объяснять последовательным характером энергетических уровней.

В настоящее время для решения вопроса о распределении электронов в атоме по возможным квантовым состояниям предложены принципы, положения и правила, основанные на представлениях об орбитальном движении электронов в атомах химических элементов. Как показало время, версия об орбитальном движении не выдерживает никакой критики, о чем открыто говорят даже представители академической науки. Тем не менее, таблицы распределения электронов по уровням и подуровням имеют место быть, а данные, приведенные в таблицах, не противоречат данным экспериментов.

Поскольку версия орбитального движения электронов представляется несостоятельной, попытаемся представить таблицу, исходя из логики, отличающейся от общепринятой. Последуем рекомендациям Декарта, и отстроим систему взглядов заново, отбросив все сложившиеся представления. Поскольку речь зашла о периодическом законе, то и руководствоваться будем в первую очередь таблицей Менделеева.

В процессе формирования таблицы возникнет необходимость изменять общепринятую терминологию, но делать это будем только в случае крайней необходимости, чтобы не отклониться от сути рассматриваемого вопроса.

Основным параметром, принятым к рассмотрению, будет энергия ионизации атомов и периодичность в её изменениях.

1. Таблица электронного строения атомов

Не нарушая установившуюся традицию, сформируем таблицу 1, внеся в неё достоверно известные химические элементы, и оставив несколько строчек для тех элементов, достоверность существования которых вызывает сомнение. Элементы в таблице расположим в порядке возрастания номеров и атомных чисел. Общее количество элементов – 118.

Добавим столбцы, обозначающие номер периода, номер ряда и номер группы элементов. Можно сказать, что у нас получилась версия таблицы Менделеева в одномерном формате. Для каждого элемента укажем значение энергии ионизации атомов. Именно эта величина, как уже упоминалось, будет играть основную роль при последующих логических умозаключениях.

Выделим семь столбцов под электронные слои, обозначив их цифрами от 1 до 7. Количество столбцов соответствует количеству периодов. В эти столбцы мы и будем вносить данные о распределении, как принято выражаться, электронов в каждой из оболочек.

Горизонтальными линиями проведем границы между периодами и рядами. Как видим, граница между периодами служит чертой, разделяющей элементы с наибольшей энергией ионизации (инертные газы) и элементы с энергией ионизации наименьшей (щелочные металлы). Подобная тенденция, за малыми исключениями, наблюдается и на границах, пролегающих между рядами.

Как известно, в пределах каждого периода наблюдается увеличение энергии ионизации атомов по мере увеличения атомного номера. Но от этого правила существуют отклонения. Если рассмотреть элементы второго и третьего периода, то это имеет место на границах Be/B; N/O; Mg/Al; P/S. Подобную картину можно наблюдать и у элементов последующих периодов. Обозначим границы между элементами в случаях, когда увеличению порядкового номера элемента сопутствует снижение энергии ионизации.

Предварительный анализ показывает, что периодичность в изменении энергии ионизации атомов имеет место, но никакой закономерности не наблюдается в изменениях энергии ионизации у так называемых триад – металлов, отнесенных к восьмой группе (Fe-Co-Ni; Ru-Rh-Pd; Os-Ir-Pt). То же самое имеет место у элементов, отнесенных к ряду лантаноидов и актиноидов.

Принято считать, что элементы, с которых начинается период или ряд, на внешней оболочке имеют один электрон. Построение каждого нового слоя и нового ряда следует начинать с единицы. Логично предположить, что вышеупомянутое уменьшение энергии ионизации при увеличении порядкового номера элемента свидетельствует о том, что в пределах слоя, как правило, начинается формирование очередной электронной оболочки. Руководствуясь вышесказанным, заполняем таблицу вплоть до элемента под номером 26 – железа Fe. Поскольку сомнения о возможности орбитального движения электронов были уже высказаны, не будем руководствоваться никакими правилами запретов, а будем исходить из предположения, что со вторых элементов вышеназванных триад начинается формирование очередных оболочек. Подобный подход используем при определении электронного строения лантаноидов и актиноидов.

Дальнейшее заполнение таблицы не вызывает затруднений вплоть до пятидесяти второго элемента – теллура Te. Ожидаемого снижения энергии ионизации не произошло, тем не менее, имея данные об электронном строении элементов четвертого периода – селена Se и двух последующих за ним элементов, условимся считать, что именно с теллура начинается формирование последней электронной оболочки в слое 5.

Анализируя исходные данные для элементов шестой и восьмой группы, отмечаем неожиданные уменьшения энергии ионизации на границах

Таблица 1

Таблица электронных оболочек атомов химических элементов

№ Z	№ пер	№ ряда	№ гр.	Обозн	Ei	ГРУППЫ ЭЛЕМЕНТОВ						
						1	2	3	4	5	6	7
1	1	1	1	H	13,60	1						
2			8	He	24,58	2						
3	2	2	1	Li	5,39	Гелиевый остов	1					
4			2	Be	9,32		2					
5			3	B	8,30		2 1					
6			4	C	11,26		2 2					
7			5	N	14,54		2 3					
8			6	O	13,61		2 3 1					
9			7	F	17,42		2 3 2					
10			8	Ne	21,56		2 3 3					
11	3	3	1	Na	5,14	Неоновый остов	1					
12			2	Mg	7,64		2					
13			3	Al	5,89		2 1					
14			4	Si	8,15		2 2					
15			5	P	10,55		2 3					
16			6	S	10,36		2 3 1					
17			7	Cl	13,01		2 3 2					
18			8	Ar	15,75		2 3 3					
19	4	4	1	K	4,3	Аргоновый остов	1					
20			2	Ca	6,11		2					
21			3	Sc	6,56		3					
22			4	Ti	6,83		4					
23			5	V	6,74		4 1					
24			6	Cr	6,76		4 2					
25			7	Mn	7,43		4 3					
26			8	Fe	7,89		4 4					
27		5		Co	7,86		4 4 1					
28				Ni	7,63		4 4 2					
29			1	Cu	7,72		4 4 2 1					
30			2	Zn	9,39		4 4 2 2					
31			3	Ga	6,00		4 4 2 2 1					
32			4	Ge	7,88		4 4 2 2 2					
33			5	As	9,81		4 4 2 2 3					
34			6	Se	9,75		4 4 2 2 3 1					
35			7	Br	11,84		4 4 2 2 3 2					
36			8	Kr	14,00		4 4 2 2 3 3					
37	5	6	1	Rb	4,18	Криптоновый остов	1					
38			2	Sr	5,69		2					
39			3	Y	6,22		3					
40			4	Zr	6,84		4					
41			5	Nb	6,88		4 1					
42			6	Mo	7,10		4 2					
43			7	Tc	7,28		4 3					
44			8	Ru	7,37		4 4					
45		7		Rh	7,46		4 4 1					
46				Pd	8,34		4 4 2					
47			1	Ag	7,58		4 4 2 1					
48			2	Cd	8,99		4 4 2 2					
49			3	In	5,79		4 4 2 2 1					
50			4	Sn	7,34		4 4 2 2 2					
51			5	Sb	8,64		4 4 2 2 3					
52			6	Te	9,01		4 4 2 2 3 1					
53			7	I	10,5		4 4 2 2 3 2					
54			8	Xe	12,1		4 4 2 2 3 3					

55	6	8	1	Cs	3,89	Ксеноновый остов	1	
56			2	Ba	5,21		2	
57				La	5,58		2 1	
58				Ce	5,47		2 2	
59				Pr	5,42		2 2 1	
60				Nd	5,49		2 2 2	
61				Pm	5,55		2 2 3	
62				Sm	5,63		2 2 4	
63				Eu	5,66		2 2 5	
64				Gd	6,16		2 2 6	
65				Tb	5,85		2 2 6 1	
66				Dy	5,93		2 2 6 2	
67				Ho	6,02		2 2 6 3	
68				Er	6,10		2 2 6 4	
69				Tm	6,18		2 2 6 5	
70				Yb	6,25		2 2 6 6	
71			3	Lu	5,43		2 2 6 6 1	
72			4	Hf	7,50		2 2 6 6 2	
73			5	Ta	7,89		2 2 6 6 3	
74			6	W	7,98		2 2 6 6 4	
75			7	Re	7,88		2 2 6 6 4 1	
76			8	Os	8,30		2 2 6 6 4 2	
77				Ir	9,10		2 2 6 6 4 2 1	
78				Pt	8,90		2 2 6 6 4 2 2	
79	9		1	Au	9,23	Радоновый остов	2 2 6 6 4 2 2 1	
80			2	Hg	10,4		2 2 6 6 4 2 2 2	
81			3	Tl	6,11		2 2 6 6 4 2 2 2 1	
82			4	Pb	7,42		2 2 6 6 4 2 2 2 2	
83			5	Bi	12,3		2 2 6 6 4 2 2 2 3	
84			6	Po	8,43		2 2 6 6 4 2 2 2 3 1	
85			7	At	9,20		2 2 6 6 4 2 2 2 3 2	
86			8	Rn	10,8		2 2 6 6 4 2 2 2 3 3	
87	7	10	1	Fr	3,98		1	
88			2	Ra	5,28		2	
89				Ac	5,12		2 1	
90				Th	6,08		2 2	
91				Pa	5,89		2 2 1	
92				U	6,19		2 2 2	
93				Np	6,20		2 2 3	
94				Pu	6,06		2 2 4	
95				Am	5,99		2 2 5	
96				Cm	6,09		2 2 6	
97				Bk	6,30		2 2 6 1	
98				Cf	6,41		2 2 6 2	
99				Es	6,52		2 2 6 3	
100				Fm	6,64		2 2 6 4	
101				Md	6,74		2 2 6 5	
102				No	6,84		2 2 6 6	
103			3	Lr	5,43		2 2 6 6 1	
104			4	Rf	6		2 2 6 6 2	
105			5	Db			2 2 6 6 3	
106			6	Sg			2 2 6 6 4	
107			7	Bh			2 2 6 6 4 1	
108			8	Hs			2 2 6 6 4 2	
109				Mt			2 2 6 6 4 2 1	
110							2 2 6 6 4 2 2	
111	11		1				2 2 6 6 4 2 2 1	
112			2				2 2 6 6 4 2 2 2	
113			3				2 2 6 6 4 2 2 2 1	
114			4				2 2 6 6 4 2 2 2 2	
115			5				2 2 6 6 4 2 2 2 3	
116			6				2 2 6 6 4 2 2 2 3 1	
117			7				2 2 6 6 4 2 2 2 3 2	
118			8	Uuo			2 2 6 6 4 2 2 2 3 3	

иттербий Yt/лютеций Lu; нобелий No/лоуренсий Lr; радий Ra/актиний Ac.

Именно эти экспериментальные данные позволяют утверждать, что:

- ряд лантаноидов начинается с лантана и заканчивается на иттербии. Всего в ряду 14 элементов. В случае, если за основу брать существующую классификацию, то лютеций Lu – элемент шестого периода, восьмого ряда, третьей группы. В число лантаноидов лютеций был включен ошибочно.
- ряд актиноидов начинается с актиния и заканчивается на нобелии. В ряду 14 элементов. Соответственно лоуренсий Lr – элемент седьмого периода, десятого ряда, третьей группы. К актиноидам лоуренсий причислять не следует.

Как уже было отмечено, не существует ярко выраженных закономерностей в изменении энергии ионизации у элементов этих двух рядов. По этой причине заполнение таблицы для этих элементов продолжим, приняв к сведению четко выраженное снижение энергии ионизации у шестидесяти пятого элемента – тербия Tb, допуская предположение, что в дальнейшем могут быть внесены изменения.

Далее представляется возможность завершить заполнение таблицы вплоть до резерфордия Rf. Отсутствие достоверной информации об энергии ионизации последующих элементов не позволяет продолжить дальнейшее заполнение таблицы, руководствуясь вышеозначенной логикой, но вполне закономерен иной подход: шестой и седьмой периоды содержат по 32 элемента. Есть все основания последние строчки заполнить по аналогии, копируя те значения, которые имеют место в слое 6.

2. Периодическая система элементов (предлагаемая редакция)

Поскольку в процессе исследования мы пришли к выводу, что в таблице неверно определено положение лантаноидов, актиноидов, лютеция Lu и лоуренсия Lr, есть повод предложить вариант, имеющий существенные различия. Представим это в виде Таблицы 2. Эти различия заключаются в том, что, подобно тому, как за пределы существующей таблицы вынесены ряды лантаноидов и актиноидов, за пределы таблицы вынесем ещё несколько дополнительных подгрупп.

К элементам главной подгруппы отнесем как те элементы, которые Менделеев назвал типическими, так и элементы последующих периодов, вплоть до седьмого.

Элементы первой дополнительной группы будут представлены двумя рядами. Первый дополнительный ряд составят элементы, начиная от скандия (Sc, Z=21) до цинка (Zn, Z=30) включительно. Второй ряд начнется иттрием (Y, Z=39) и завершится кадмием (Cd, Z=48).

В каждом ряду - по десять элементов.

Элементы второй дополнительной группы также представлены двумя рядами, как и в предыдущем случае - по десять элементов в ряду.

Таблица 2
ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ЭЛЕМЕНТОВ

Элементы главной подгруппы												
пер.	ГРУППЫ ЭЛЕМЕНТОВ											
	1	2	3	4	5	6	7	8				
1	H 1 13,60 1										He 2 24,58 2	
2	Li 3 5,39 He1	Be 4 9,32 He2	B 5 8,30 He21	C 6 11,26 He22	N 7 14,54 He23	O 8 13,61 He231	F 9 17,42 He232	Ne 10 21,56 He233				
3	Na 11 5,14 Ne1	Mg 12 7,64 Ne2	Al 13 5,89 Ne21	Si 14 8,15 Ne22	P 15 10,55 Ne23	S 16 10,36 Ne231	Cl 17 13,01 Ne232	Ar 18 15,75 Ne233				
4	K 19 4,30 Ar1	Ca * 20 6,11 Ar2	Ga 31 6,00 Ar44221	Ge 32 7,88 Ar44222	As 33 9,81 Ar44223	Se 34 9,75 Ar442231	Br 35 11,84 Ar442232	Kr 36 14,00 Ar442233				
5	Rb 37 4,18 Kr1	Sr * 38 5,69 Kr2	In 49 5,79 Kr44221	Sn 50 7,34 Kr44222	Sb 51 8,64 Kr44223	Te 52 9,01 Kr442231	J 53 10,45 Kr442232	Xe 54 12,13 Kr442233				
6	Cs 55 3,89 Xe1	Ba** 56 5,21 Xe2	Tl 81 6,11 Xe226642221	Pb 82 7,42 Xe226642222	Bi 83 12,25 Xe226642223	Po 84 8,43 Xe2266422231	At 85 9,20 Xe2266422232	Rn 86 10,75 Xe2266422233				
7	Fr 87 3,98 Rn1	Ra** 88 5,28 Rn2										

Элементы первой дополнительной подгруппы															
21	Ti 22	V 23	Cr 24	Mn 25	Fe 26	Co 27	Ni 28	Cu 29	Zn 30						
6,56 Ar3	45 Ar4	6,83 Ar41	48 Ar42	51 Ar43	52 Ar44	55 Ar441	56 Ar442	58 Ar4421	63 Ar4422						
Y 39 6,22 Kr3	Zr 40 6,84 Kr4	Nb 41 6,88 Kr41	Mo 42 7,10 Kr42	Tc 43 7,28 Kr43	Ru 44 7,37 Kr44	Rh 45 7,46 Kr441	Pd 46 8,34 Kr442	Ag 47 7,58 Kr4421	Cd 48 8,99 Kr4422						

Элементы второй дополнительной подгруппы															
Lu 71	Hf 72	Ta 73	W 74	Re 75	Os 76	Ir 77	Pt 78	Au 79	Hg 80						
5,43 Xe22661	175 Xe22662	7,50 Xe22663	180 Xe22664	7,89 Xe226641	181 Xe226642	7,98 Xe2266421	184 Xe2266422	7,88 Xe22664221	187 Xe22664222	8,30 Xe22664223	192 Xe226642231	7,58 Xe226642232	193 Xe226642233	8,99 Xe2266422331	9,23 Xe2266422332
Lr 103 5,43 Rn22661	Rf 104 6,00 Rn22662	Db 105 7,89 Rn22663	Sg 106 7,98 Rn22664	Bh 107 7,88 Rn226641	Hs 108 8,30 Rn226642	Mt 109 7,58 Rn2266421		110 Rn2266422	111 Rn22664221						

Элементы подгруппы лантаноидов											
La 57	Ce 58	Pr 59	Nd 60	Pm 61	Sm 62	Eu 63	Gd 64				
5,58 Xe21	139 Xe22	5,47 Xe221	140 Xe222	5,49 Xe223	142 Xe224	5,63 Xe225	152 Xe226				
		Tb 65	Dy 66	Ho 67	Er 68	Tm 69	Yb * 70				
		5,85 Xe2261	159 Xe2262	5,93 Xe2263	164 Xe2264	6,02 Xe2265	165 Xe2266				

Элементы подгруппы актиноидов											
Ac 89	Th 90	Pa 91	U 92	Np 93	Pu 94	Am 95	Cm 96				
5,12 Rn21	225 Rn22	6,08 Rn221	232 Rn222	6,09 Rn223	239 Rn224	5,99 Rn225	243 Rn226				
		Bk 97	Cf 98	Es 99	Fm 100	Md 101	No * 102				
		6,30 Rn2261	248 Rn2262	6,41 Rn2263	249 Rn2264	6,52 Rn2265	254 Rn2266				

Первый ряд – от лютеция (Lu, Z=71) до ртути (Hg, Z=80); второй ряд – от лоуренсия (Lr, Z=103) до элемента под номером 112.

Лантаноиды и актиноиды целесообразно расположить в два ряда, как это и видно в представленной таблице. Соответствующие названия – «Элементы подгруппы лантаноидов» и «Элементы подгруппы актиноидов».

Для наглядности проставим звездочки * возле символов тех элементов,

после которых начинается формирование новых подгрупп.

Внося данные в графы таблицы, укажем (слева направо и сверху вниз): символ элемента; заряд ядра Z ; энергию ионизации E ; количество нуклонов A ; формулу электронного строения. Начиная от лития и до последнего элемента целесообразно использовать буквенное обозначение остова.

Заключение

Предприняв попытку определить электронное строение атомов, мы пришли к выводам, которые многим покажутся парадоксальными. На самом деле никаких парадоксов в этом нет. Нет расхождений в представленных данных и данных эксперимента. Говоря о данных экспериментов, мы, в первую очередь, подразумеваем, по словам Менделеева, «так называемую валентность». Следует только ясно представлять, что в химических связях принимают участие те электроны, которые имеются на крайних, внешних оболочках.

В современной формулировке периодический закон гласит: **свойства химических элементов и их соединений находятся в периодической зависимости от величины положительных зарядов ядер их атомов.**

В Таблице 2 представлены как величины зарядов атомов, так и количество нуклонов в каждом из ядер. В известном приближении атомный вес можно считать прямо пропорциональным количеству нуклонов в ядрах элементов. Вид таблицы указывает на то, что между свойствами химических элементов и величиной зарядов никакой периодической зависимости не существует. Невнятность формулировки закона вполне компенсируется тем обстоятельством, что все, в принципе, понимают, о чем он гласит.

Попытаемся исправить этот казус, предложив формулировку закона хотя бы в такой предварительной редакции: **свойства элементов периодически зависят от конфигурации внешних электронных оболочек и, как следствие – от изменения величины энергии ионизации.** В данном случае нет оснований упоминать о соединениях, поскольку свойства соединений в данной работе не рассматривались. Такая формулировка не лишена недостатков, но следует понимать, что она обладает большей конкретикой, по крайней мере – с учетом тех данных, которые содержатся в каждой из подгрупп.

Формулируя периодический закон, Менделеев указывал: «Величина атомного веса элементов иногда может быть исправлена, зная его аналогии».

Есть основания поступить подобным образом: «Величина энергии ионизации элементов иногда может быть исправлена, зная его положение в таблице». В первую очередь, это имеет отношение к энергии ионизации атомов лантана. Сложно предсказывать истинное значение, но сомнений не оставляет тот факт, что энергия ионизации лантана должна быть меньше энергии ионизации лантана. Значения энергии ионизации элементов подгруппы лантаноидов и актиноидов так же следует уточнить, после чего, если потребуется, внести соответствующие изменения в таблицу 2.

В представленной работе речь шла об электронах, электронных слоях и электронных оболочках. Следует сказать, что в настоящее время нет единого мнения о том, что такое электрон. Никто и никогда не наблюдал его, как частицу; массу электрона никогда не удавалось определить методами непосредственных измерений, а только лишь на основании трактовки тех или иных экспериментов. Не следует упускать из виду, что трактовка экспериментов может быть ошибочной и даже предвзятой. Дифракция электронов свидетельствует в пользу того, что это скорее волна, чем частица. Понятие «дуализм» не вносит никакой ясности в рассмотренный вопрос. Именно по этой причине к представленным результатам следует относиться взвешенно, допуская вероятность того, что представленные суждения со временем придется пересмотреть самым радикальным образом.

Литература

1. Р. Спроул. Современная физика. М. Наука, 1974
2. И. В. Ефимов. Квантовый иллюзион Нильса Бора. LAP LAMBERT Academic Publishing, 2013 г. ISBN-13: 978-3-65936-500-3