

Член-корреспондент АН СССР А. Ф. КАПУСТИНСКИЙ

### ФОРМУЛА, ВЫРАЖАЮЩАЯ ЧИСЛО ЭЛЕМЕНТОВ В ПЕРИОДАХ И НАЧАЛО СИСТЕМЫ Д. И. МЕНДЕЛЕЕВА

Неоднократно делались попытки дать общее математическое выражение периодического закона Д. И. Менделеева. Эти попытки, принадлежавшие Флавицкому, Ранцеву, Шенроку, Войнич-Сяноженцкому и др. (1), не привели к удовлетворительным результатам. Тем не менее, одна из возникающих здесь задач, а именно, описание числа элементов в каждом периоде, была решена, хотя и не полностью. Речь идет о введенной уже в учебную литературу (см. например (2)) формуле, предложенной еще в 1906 г. Ридбергом, по которой число элементов в периоде равно  $2n^2$ , где  $n$  — ряд целых чисел 1, 2, 3, 4.

Недостаточность этого уравнения очевидна: число  $n$ , входящее в нее, не только не равно номеру периода (главному квантовому числу), но и не связано с ним непосредственно. Так, и для 2-го и для 3-го периодов оно одинаково и равно двум, для 4-го и для 5-го одинаково и равно трем, для 6-го и 7-го — четырем.

Из принципа запрета Паули мы также не получаем простого и однозначного ответа на вопрос о числе элементов в периоде. Он дает полное решение только для первых двух периодов; в дальнейшем приходится привлекать дополнительные данные, опирающиеся на спектроскопию, связанные с представлением о достройке незаполненных уровней.

Между тем, возможно дать решение поставленной задачи в общем виде, вытекающее из самого существа системы Д. И. Менделеева. Для этого необходимо включить в рассмотрение так называемую проблему «четности» и «нечетности», связанную самым тесным образом с периодическим законом и получившую физическое обоснование с развитием квантовой механики. Как известно, еще Д. И. Менделеев делил элементы системы на четнорядные и нечетнорядные, объединяющиеся между собою близостью свойств. Позже, Е. Бирон (3) установил, что в пределах групп и подгрупп ряд характеристик обнаруживает сходство через один элемент. Отражение сходства «четных» и «нечетных» мы встречаем в электросродстве элементов, вычисленном Б. Некрасовым (4); «четность» и «нечетность» порядковых номеров, связанная с правилом Гаркинса (5), широко трактовалась А. Ферсманом (6) в связи с проблемами геохимии, рядом исследователей, как, например, Л. Миндалевым (7) и И. Селиновым (8) — в связи с проблемами изотопии. Наконец, С. Шукарев (9) в серии работ, посвященных элементному (атомному) весу как функции порядкового номера, далее углубил понятие о периодичности и ввел специальные термины для элементов нечетного порядкового номера (периссады) и четного (артиады).

Естественным является вывод о том, что проблема «четности» и «нечетности», столь тесно связанная с разнообразными проявлениями химизма, должна быть выражена и в системе элементов в целом, т. е. ка-

саться не только групп и рядов, но и периодов периодической системы. В периодах столь же естественно ожидать проявления «периодичности», заключающейся в том, что, в известных отношениях, четные периоды будут сходны между собою, а нечетные, в свою очередь, между собой.

Здесь следует прежде всего обратиться к одному из важнейших свойств периода, а именно, к числу содержащихся в нем элементов. Логичным следствием из сказанного выше является то, что в главных квантовых числах, значением которых и определяется номер периода, следует различать четные и нечетные. Закономерность, о которой ниже будет идти речь, является общей, однотипной для обоих. Но для последовательного ряда «четнопериодных» элементов в нее должны входить номера по порядку четных периодов, а для «нечетнопериодных» — номера по порядку нечетных периодов от начала системы Д. И. Менделеева. Это может быть выражено математическим уравнением, определяющим число элементов в каждом периоде ( $S$ ):

$$S = 2(n_1 + n_2)^2, \quad (1)$$

где цифра 2 отвечает двойственному характеру построения системы в целом,  $n_1$  — номер по порядку, от начала системы Менделеева, четного периода,  $n_2$  — то же для нечетного периода.

Из приведенной ниже табл. 1 следует, что все периоды системы Д. И. Менделеева делятся на два типа, а именно: четные ( $n_1 = 2, 8, 18, 32$ ) и нечетные ( $n_2 = 2, 8, 18, 32$ ), и что вышеприведенная формула действительно является общим выражением, закономерно и без исключений связывающим между собой последовательный номер периода и число элементов, в нем находящихся.

Таблица 1

№ периода	Номер периода по порядку от начала системы		Число элементов в периоде	$S = 2(n_1 + n_2)^2$
	четного, $n_1$	нечетного, $n_2$		
0	1	0	2	2
1	0	1	2	2
2	2	0	8	8
3	0	2	8	8
4	3	0	18	18
5	0	3	18	18
6	4	0	32	32
7	0	4	(32)	32

Таким образом, не подлежит сомнению, что в самом построении системы элементов отражена своеобразная вторичная периодичность — назовем ее «периодичностью периодов» системы Д. И. Менделеева.

Из уравнения (1) вытекает, что принятое ныне начертание системы должно быть дополнено нулевым периодом. Это предложение не является новым, оно принадлежит еще Д. И. Менделееву, считавшему (<sup>14</sup>), что наряду с нулевой группой система должна включать нулевой период (ряд). По основаниям, излагаемым далее, мы помещаем в нем электрон и нейтрон.

Система образуется чередующимися, сходными между собою по числу элементов, четными и нечетными группировками элементов. Каждая пара содержит четную и нечетную группировки, и это повторяется в системе четыре раза. Подобная «парная» группировка периодов была отмечена еще в 1913 г. Ридбергом (<sup>10</sup>), развита Джэйнтом (<sup>11</sup>), предло-

жившим термин «диады», и повторена Е. Ахумовым <sup>(12)</sup>. Мы считаем целесообразным подчеркнуть законченность такой четно-нечетной группировки введением термина «цикл», рассматривая всю систему в целом развивающимся повторением четырех циклов.

Первый цикл содержит четыре простейших вещества: электрон, нейтрон, водород (протон) и гелий (гелион). В отличие от всех других возможных элементарных дискретных частиц материи, они имеют все основания входить в систему не только как таковые, но и как играющие особую роль в строении всех остальных атомов. Границы такого цикла первичных элементов, или протоэлементов, даются выражением  $2^2$ .

Следующей ступенью в развитии понятия «элемент» является второй цикл, также содержащий два периода, а именно те, которые Менделеев назвал типическими, поскольку элементы, в них содержащиеся, обладают свойствами, характерными для всего последующего развития системы. В этом цикле характеристических элементов число элементов равно  $4^2$ .

Назовем третий — циклом первичной достройки, соответственно достройке предпоследнего электронного слоя. Он также содержит два периода с общим числом элементов  $6^2$ .

И, наконец, последний, четвертый цикл — его можно было бы назвать циклом вторичной достройки, поскольку в нем содержатся элементы вторичной, более глубокой достройки электронных уровней — также содержит два периода. Как известно, он еще не завершен; число элементов в нем равно  $8^2$ .

Таким образом, число элементов в каждом цикле равно 4, 16, 36 и 64, что и выражается известной <sup>(11)</sup> формулой  $C = 4 \cdot N^2$ , где  $N$  — порядковый номер цикла и 4 — число протоэлементов, лежащих в основе всей системы элементов Д. И. Менделеева. Если в приведенной в начале статьи формуле  $2n^2$   $n$  представляет собой простой набор целых чисел, то здесь  $N$  обладает конкретным физическим содержанием (номер цикла), что относится и к постоянному коэффициенту 4, равному числу протоэлементов — элементов первого цикла. В дальнейшем нами будет высказана и обоснована гипотеза о том, что периодичность ядра диктуется, в соответствии с принципом Паули, периодичностью гелионных группировок и что ядро обладает четырехслойным строением. Возможно, что четыре цикла системы Менделеева отвечают четырем слоям в строении ядер. Хотя это соответствие и не является простым, вероятно, вторичная периодичность, обнаруживаемая в свойствах химических элементов (этот вопрос будет обсужден нами особо), тесно связана с периодичностью в строении атомных ядер, оказывающей влияние на расположение электронов по разным уровням энергии.

Таким образом, вся система химических элементов охватывается простыми и не знающими исключений выражениями, дающими не только господствующие в ней числовые отношения, но и описывающими симметрию системы, определяющее влияние четных и нечетных группировок, рост периодичности по мере развития системы, т. е. идею развития периодичности на все более высоких уровнях, цикличность такого развития, а также повидимому, определяющее влияние ядра на вторичную периодичность химических элементов. Их абсолютная точность свидетельствует о том, что здесь речь идет не о формальных совпадениях, а о строгой закономерности. Впадаем ли мы здесь в какие-либо противоречия с духом и смыслом закона Д. И. Менделеева? Разумеется, нет.

Д. И. Менделеев <sup>(13)</sup> в 1898 г. дал подытоживающее изложение серии своих работ за 30 лет. В заключительном разделе «Дальнейшие исследования по периодической закономерности» он, осуждая попытки выразить закон непрерывной математической функцией, писал: .. «для периодического закона можно искать ... аналогичского выражения в теории чисел. Отсутствие до сих пор строгого аналитического выражения

для периодического закона, по моему мнению, определяется тем, что он относится к области еще очень новой для математической обработки. Что же касается до отсутствия какого-либо объяснения сущности рассматриваемого закона, то причину тому должно искать прежде всего в отсутствии точного для него выражения».

Таким образом, излагаемый в настоящей статье подход следует духу и смыслу периодического закона, столь ясно и глубоко очерченным его автором.

Институт общей и неорганической химии  
Академии наук СССР  
Химико-технологический институт им. Менделеева

Поступило  
5 VII 1951

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- <sup>1</sup> Д. И. Менделеев — великий русский химик, Сборн. под ред. А. Капустинского, 1949. <sup>2</sup> Б. Некрасов, Курс общей химии, 1948. <sup>3</sup> Е. Бирон, ЖРФХО, 47, 964 (1916). <sup>4</sup> Б. Некрасов, ЖОХ, 16, 11, 1797 (1946). <sup>5</sup> G. Harkins, Chem. Rev., 5, 384 (1928). <sup>6</sup> А. Ферсман, Геохимия, 1934. <sup>7</sup> Л. Миндалев, ЖОХ, 18, 1, 32 (1948). <sup>8</sup> И. Селинов, Прил. к книге Я. Френкеля — Принципы теории атомных ядер, 1950. <sup>9</sup> С. Шукарев, ЖОХ, 19, 1, 3 (1949); 19, 3, 380, 391 (1949). <sup>10</sup> J. Rydberg, Lunds Universitets Arskrift, Abt. II, No. 9, 18 (1913). <sup>11</sup> C. Janet, Chem. News, 138, 372, 388 (1929). <sup>12</sup> Е. Ахумов, ЖОХ, 16, 7, 961 (1946); 17, 7, 1241 (1947). <sup>13</sup> Д. Менделеев, Избр. соч., 2, 1934, стр. 432. <sup>14</sup> Д. И. Менделеев, Основы химии, 1906.