

КОЛИЧЕСТВЕННОЕ ВЫРАЖЕНИЕ ПЕРИОДИЧЕСКОГО ЗАКОНА Д. И. МЕНДЕЛЕЕВА

А. Т. СЕРКОВ

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ

Дается обоснование формулы количественной зависимости физических (плотности) и химических (энергии ионизации) свойств химических элементов от их атомной массы. Атомный радиус прямо пропорционален квадрату целого числа, корню квадратному из постоянной g , имеющей размерность гравитационной постоянной, и массы и обратно пропорционален корню квадратному из скорости света и частоты. Периодичность изменения свойств связана с периодичностью изменения частоты. Увеличение массы без повышения частоты ведет к увеличению атомного радиуса и уменьшению энергии ионизации ниже допустимого предела. Повышение частоты уменьшает атомный радиус, что сопровождается повышением энергии ионизации и плотности. Высказано предположение, что величина частоты связана с вращательной характеристикой ядра атома. Приводятся оценочные расчеты, подтверждающие высказанную гипотезу.

Первоначально (1869 г.) Д. И. Менделеев дал следующую формулировку открытого им закона периодической зависимости свойств химических элементов от их атомных масс: «Свойства элементов, а потому и свойства образуемых ими простых и сложных тел находятся в периодической зависимости от их атомного веса». Этот закон позволил систематизировать химические элементы в виде «Периодической системы химических элементов Д. И. Менделеева», которая и ныне имеет непреходящее значение для всех естественных наук.

С момента открытия и до наших дней стоит вопрос о физическом обосновании периодического закона, в частности придания ему математической количественной формы. Решающий шаг в этом деле был сделан благодаря разработке планетарной, ядерной модели атома, согласно которой практически вся масса атома сосредоточена в его ядре. В этой связи логичным было бы принять, что периодичность изменения свойств задаётся параметрами ядра, которое является основным носителем массы атома. Однако это не случилось. Исторически так сложилось, что за осуществление химических связей было принято считать, ответственны электроны. В конечном итоге была разработана теория периодически повторяющихся внешних электронных оболочек атомов, чем и было объяснено периодическое изменение химических свойств элементов и их соединений. Что касается периодичности изменения физических свойств, например, плотности, то здесь вообще отсутствует достаточно убедительное объяснение. Таким образом, объяснить связь между свойствами элементов и их атомной массой, несмотря на большое число исследований так и не удалось. Поэтому периодическому закону была дана новая формулировка, в которой массу заменили зарядом или порядковым номером в системе элементов. Энциклопедическое определение даётся в статье Д.Н. Трифонова [1]: «Современная формулировка периодического закона: свойства элементов, а также образуемых ими простых и сложных веществ находится в периодической зависимости от заряда ядра». Тем не менее, в этом случае необходимо иметь в виду два обстоятельства. Во-первых, зависимость свойств элементов от масс их атомов остаётся, и она требует своего объяснения. Во-вторых, понятие массы доступнее для восприятия, чем понятие заряда, определяемого как «физическая величина, являющаяся источником поля, посредством которого осуществляется взаимодействие частиц».

В связи с изложенным на наш взгляд оправдано продолжить попытки получить количественную зависимость между свойствами элементов и их атомной массой. В данной работе с использованием макроскопических аналогий [2] получено выражение, в которое входят величины, адекватно характеризующие изменение химических и физических свойств элементов с изменением их атомных масс:

$$r = n^2(gm/cn)^{0.5}, \quad (1)$$

В этом выражении g означает вандерваальсов, металлический, ковалентный или ионный радиус; n - целое число, g - постоянная, имеющая размерность гравитационной постоянной, равная $1,68 \cdot 10^{28} \text{ см}^3 / \text{г} \cdot \text{с}^2$, c - скорость света, m - масса атома, n - величина имеющая размерность частоты, с^{-1} . В предложенной формуле количественно связаны параметры, определяющие как химические, так и физические свойства элементов. По существу она представляет собой формулу Бора для разрешенных орбит, в которой зарядовое число заменено массой и частотой, а постоянная Планка - постоянной g с размерностью гравитационной постоянной. Формула (1) привлекательна своей простотой (признак истинности!) и доступностью входящих в неё величин для выполнения практических расчётов.

Величина g приводится в справочной литературе практически для всех элементов. Правда, в ряде случаев сообщаются противоречивые данные. Целое число n не может принимать произвольное значение для выбранного g . Дело в том, что для каждого элемента соблюдается правило, согласно которому имеется только одно характерное для этого элемента значение отношения g/n^2 , зная которое, можно вычислить величину n для данного радиуса. Например, для водорода известны два ковалентных радиуса 0,030 и 0,037 нм, вандерваальсов радиус 0,110 и радиус отрицательного иона 0,136 нм. В таблице 1 показано, что при определенном значении n , соответственно 10, 11, 19 и 21 отношение g/n^2 для всех перечисленных радиусов имеет постоянное значение $0,304 \cdot 10^{-10} \text{ см}$ с отклонением в пределах $\pm 1,3 \%$. Полученная величина является характерной для атома водорода. Углерод имеет три ковалентных радиуса 0,060; 0,067 и 0,077 нм. Величина g/n^2 для него равна $0,346 \cdot 10^{-10} \text{ см}$. Достаточно точно рассматриваемое правило соблюдается для щелочных металлов. Отклонения для металлических и ионных радиусов не превышают 1,5%, см. таблицу 1.

Константа g рассчитана ранее [3] на основании опубликованных в литературе тензометрических, ИК-спектроскопических и данных по энергии связи с использованием уравнений тяготения масс, орбитальной скорости и потенциальной энергии. Правомочность таких расчётов подтверждается работой Б.В. Дерягина [4], в которой показано, что сила взаимодействия скрещенных платиновых нитей с малым диаметром (менее 0,5мм) обратно пропорционально квадрату расстояния между ними, т.е. взаимодействие между микроскопическими массами, обладающими большой кривизной подчиняются закону взаимодействия (тяготения) масс, но с коэффициентом пропорциональности (гравитационной постоянной) значительно большей величины – $1,68 \cdot 10^{28} \text{ см}^3 / \text{г} \cdot \text{с}^2$. Аналогичные тензометрические данные получены в работах английских исследователей [5,6].

Наиболее точные значения постоянной g получены по ИК-спектроскопическим данным. В соответствии с принятым методологическим подходом предполагается, что объекты микромира (электроны, ядра атомов, группы атомов) совершают орбитальное движение относительно друг друга, а частота ИК-спектра отражает частоту орбитального движения. Например, минимальная частота в ИК-спектре водорода (волновое число) $n_0 = 806 \text{ см}^{-1}$ соответствует орбитальному движению по орбите с максимальным, т.е. вандерваальсовым радиусом, равным $r = 0,11 \text{ нм}$. Орбитальная скорость на этой орбите равна:

$$v = 2\pi r n_0 c = 2 \cdot 3,14 \cdot 0,11 \cdot 10^{-7} \cdot 806 \cdot 3 \cdot 10^{10} = 1,67 \cdot 10^6 \text{ см/с} \quad (2)$$

Подставив полученное значение в уравнение орбитальной скорости, получим значение константы g

$$g = v^2 r / m = (1,67 \cdot 10^6)^2 \cdot 0,11 \cdot 10^{-7} / 1,67 \cdot 10^{24} = 1,84 \cdot 10^{28} \text{ см}^3 / \text{г} \cdot \text{с}^2, \quad (3)$$

где r – вандерваальсов радиус водорода, n_0 – частота (волновое число), c – скорость света, m – масса ядра водорода (протона). Полученное значение близко к ранее приведенному [3].

Таблица 1. Параметр r/n^2 для водорода, углерода и щелочных металлов.

Вандерваальсов, металлический, ковалентный и ионный радиусы, $r \cdot 10^7, \text{см}$	n	$r/n^2 \cdot 10^{10}, \text{см}$
	В о д о р о д	
0,030	10	0,300
0,037	11	0,305
0,110	19	0,304
0,136	21	0,308
	У г л е р о д	
0,060	13	0,355
0,067	14	0,342
0,077	15	0,342
	Л и т и й	
0,155	19	0,429
0,060	12	0,417
	Н а т р и й	
0,190	21	0,431
0,095	15	0,422
	К а л и й	
0,235	24	0,408
0,133	18	0,410
	Р у б и д и й	
0,248	26	0,367
0,148	20	0,370
	Ц е з и й	
0,267	24	0,464
0,169	19	0,468

Возвращаясь к уравнению 1, отметим, что после проведенного выше расчёта значений n и g единственной неизвестной в этом уравнении является величина n , имеющая, как уже указывалось, размерность частоты. В таблице 2 приведены результаты расчёта n для элементов в начале и конце периодов. Для расчёта использовалось выражение:

$$n = n^4 g m / r^2 c, \quad (4)$$

где g было принято равным $1,68 \cdot 10^{28} \text{ см}^3 / \text{гс}^2$.

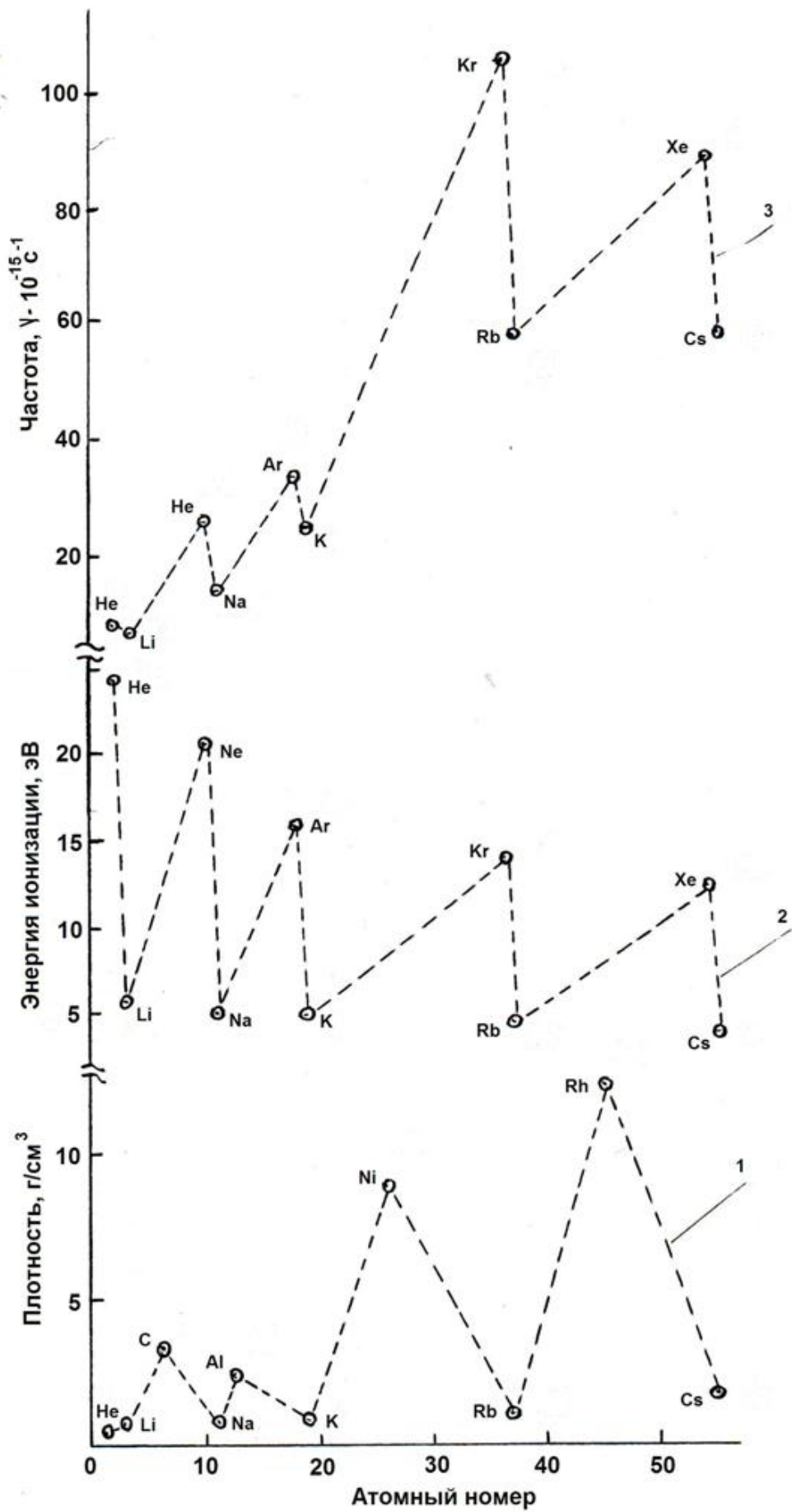
Таблица 2. Расчет частоты n .

Атомный номер и наименование элемента	Атомная масса	Атомный радиус, нм	n	$r/n^2 \cdot 10^{10}$, см	$n \cdot 10^{-15}$, с ⁻¹
1 Водород	1,01	0,110	19	0,304	1,02
2 Гелий	4,00	0,122	20	0,301	4,11
3 Литий	6,94	0,155	20	0,399	4,06
9 Фтор	19,00	0,135	22	0,280	22,6
10 Неон	20,20	0,160	22	0,275	24,8
11 Натрий	23,00	0,190	21	0,426	11,8
13 Алюминий	26,98	0,143	22	0,296	28,7
17 Хлор	35,45	0,180	24	0,310	34,3
18 Аргон	39,94	0,192	24	0,331	33,9
19 Калий	39,10	0,236	24	0,410	21,7
35 Бром	79,90	0,195	26	0,288	89,7
36 Криптон	83,80	0,198	27	0,273	105,0
37 Рубидий	85,47	0,248	26	0,369	58,4
53 Йод	127,00	0,216	26	0,319	116,0
54 Ксенон	131,30	0,218	24	0,377	86,0
55 Цезий	132,90	0,267	24	0,466	57,0
85 Астат	210,00	0,232	28	0,297	239,0
86 Радон	222,00	0,220	27	0,299	230,0
87 Франций	223,00	0,280	26	0,417	119,0

Наблюдается непрерывный с периодическими перепадами рост частоты. Для лития $n = 4, 06 \cdot 10^{15} \text{ с}^{-1}$. С увеличением атомной массы элемента частота во втором периоде периодической системы увеличивается, достигая для фтора и неона соответственно $22,6 \cdot 10^{15}$ и $24,8 \cdot 10^{15} \text{ с}^{-1}$. В начале третьего периода у натрия она падает до $11,8 \cdot 10^{15}$, чтобы затем к концу периода у хлора и аргона снова возрасти соответственно до $34, 3 \cdot 10^{15}$ и $33, 9 \cdot 10^{15} \text{ с}^{-1}$. В начале первого большого периода у калия она снова падает почти в 1,5 раза (до $21,7 \cdot 10^{15}$), а затем снова постепенно возрастает, достигая к концу периода у брома и криптона величин $89,7 \cdot 10^{15}$ и $105,0 \cdot 10^{15} \text{ с}^{-1}$. Аналогичная закономерность наблюдается в последних двух периодах.

На рис.1 энергия ионизации и плотность элементов в твёрдом состоянии сопоставлены с величиной n . Можно видеть чёткое совпадение периодичности изменения химических (энергия ионизации) и физических (плотность) свойств с изменением величины n . У щелочных металлов (литий, натрий, калий, рубидий, цезий, франций), с которых начинаются периоды, наблюдается самый низкий потенциал ионизации и плотность. Этим элементам соответствуют наиболее низкие значения частоты n . Наивысший потенциал ионизации у конечных элементов периодов совпадает с самым высоким значением частоты.

Рис.1. Изменение плотности (1), энергии ионизации (2) и частоты n (3) при увеличении атомного номера в периодической системе химических элементов. (см. следующую страницу).



Ранее было высказано предположение [3], что по физическому смыслу величина n является частотой вращения ядра. Периодичность изменения свойств элементов является следствием взаимодействия двух параметров ядра – его массы и частоты вращения. Увеличение массы элементов это естественный процесс способный к бесконечному протеканию, т.е. безграничному увеличению массы и размеров атомов. Ограничением хода этого процесса является частота вращения ядер атомов элементов. Можно представить себе следующий механизм этого ограничивающего действия. Вращающееся ядро вызывает сдвиговую деформацию образованного им поля, см. схему на рис. 2. Поскольку поле обладает упругостью, деформация может идти только до определенного предела и далее переходит в поперечное колебательное движение. Оно поддерживается непрерывным вращением ядра. Образуется объёмное сферическое стационарно колеблющееся поле, в котором чередуются зоны с преимущественно тангенциальной и радиальной ориентацией силовых линий поля. В зонах с тангенциальной ориентацией движение электронов идёт без пересечения силовых линий и, следовательно, без излучения. Это разрешенные орбиты. В зонах с преимущественной радиальной ориентацией силовых линий движение электронов сопровождается торможением и излучением. Расстояние между зонами и в конечном итоге размер атома зависит от величины сдвиговой деформации, которая в свою очередь определяется частотой вращения ядра. Чем выше частота, тем меньше расстояние между зонами и вандерваальсов радиус элемента. Поэтому увеличение атомной массы при одновременном повышении частоты вращения ядра приводит не к увеличению размеров атомов, а, напротив, к их уменьшению, см. таблицу 3. Например, атомная масса во втором периоде растёт с 12 у углерода до 19 у фтора. Одновременно радиус атомов снижается соответственно с 0,17 до 0,13 нм. При этом частота вращения ядра, рассчитанная по формуле (4), возрастает с $9,1 \cdot 10^{15}$ до $22,6 \cdot 10^{15} \text{ с}^{-1}$.

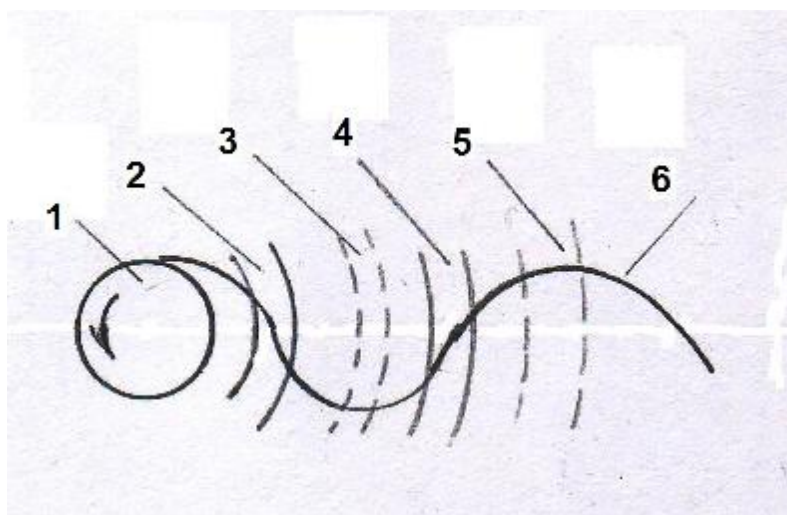


Рис. 2. Схема сдвиговой деформации поля и образования зон с преимущественной тангенциальной и радиальной ориентацией: 1- вращающееся ядро, 2,4- зоны с преимущественной тангенциальной ориентацией, 3,5- зоны с преимущественной радиальной ориентацией силовых линий поля, 6- поперечная волна.

Таблица 3 Атомные массы и радиусы элементов второго периода

Показатель	C	N	O	F
Атомная масса	12	14	16	19
Радиус атома, нм	0,17	0,15	0,14	0,13
Номер орбиты	22	22	22	22
Частота, $n \cdot 10^{-15} \text{ c}^{-1}$	9,1	13,5	17,8	22,6

В соответствии с формулой 1 увеличение массы должно сопровождаться увеличением размеров атома. Если взять, например, литий, то при его атомной массе 6,94 и частоте вращения $4,06 \cdot 10^{15} \text{ c}^{-1}$ он удерживает электрон с очень малой энергией – 5,1 эВ. Увеличение радиуса повлечёт за собой уменьшение и без того низкой энергии ионизации и такой элемент не может существовать. Поэтому увеличение массы ядра должно компенсироваться соответствующим увеличением скорости вращения, чтобы радиус не увеличивался, но даже уменьшался, см. таблицу 3, радиус лития 0,155 нм, а следующего за ним бериллия – 0,113 нм.

В рамках изложенной гипотезы можно объяснить также периодичность изменения плотности элементов. Повышение плотности элементов с увеличением номера в периодической системе обычно связывают с увеличением заряда ядра. Однако в этом случае невозможно объяснить периодичность изменения плотности, см. рис. 1, например, в соответствии с существующими представлениями алюминий имеет заряд ядра 13e и плотность $2,70 \text{ г/см}^3$, в то время как калий занимающий 19 номер в системе и следовательно имеющий в 1,5 раза больший заряд имеет более низкую плотность $0,86 \text{ г/см}^3$. В соответствии с предложенной моделью, см. формулу 1 большая плотность алюминия объясняется высокой скоростью вращения ядра $28,7 \cdot 10^{15} \text{ c}^{-1}$ по сравнению с калием $21,7 \cdot 10^{15} \text{ c}^{-1}$, см. таблицу 2.

Таким образом, введение новой характеристики атома – частоты вращения его ядра, позволяет объяснить природу периодичности физических и химических свойств элементов как взаимодействие двух параметров ядра его массы и частоты вращения. Физические свойства, например, плотность, определяются размерами атома. Здесь повышенная частота вращения, вызывая более плотное расположение оболочек с тангенциальной и радиальной ориентацией, приводит к уменьшению объёма и снижению плотности очевидно. Предстоит большая работа по объяснению периодичности изменения химических свойств в рамках выдвинутой гипотезы. Предварительный анализ указывает на перспективность исследований в этом направлении. Например, показано [3], что между электроотрицательностью элементов, характеризующей их реакционную способность, и величиной $(n/m)^{0,5}$ существует линейная связь. Учение о химических связях накопило большое число «невязок» (два ковалентных радиуса у одновалентного водорода, координационные и аргоноидные связи, гибридные связи, резонанс), которые находят своё объяснение в рамках выдвинутой гипотезы. Многообещающими следует рассматривать исследования по установлению закономерности между массой и длиной связи.

Предлагаемая гипотеза подтверждается также следующими общими соображениями. Периодический закон устанавливает периодическую зависимость свойств элементов от массы атомов. Но основная часть массы сосредоточена в ядре. Следовательно, периодичность задается параметрами ядра. Среди них наиболее вероятными являются масса и частота вращения. Масса в периодической системе непрерывно возрастает. Это означает, что периодичность может задаваться только частотой вращения ядра. Таким образом, масса ядра и частота его вращения определяют расстояние до оболочек и тем самым химические и физические свойства элементов.

Здесь уместно отметить, что размеры макро планетарных систем: Солнечная система, системы спутников Юпитера, Сатурна, Урана, Нептуна зависят не только от массы центрального тела, а также от периода (частоты) его вращения. По-видимому, это общая закономерность в природе.

Выводы

Выдвинута и обосновывается гипотеза об определяющей роли параметров ядер атомов – массы и частоты вращения, в периодическом изменении химических и физических свойств элементов при увеличении их атомных масс. Атомная масса элементов растёт с увеличением номера (заряда) элемента в периодической таблице непрерывно. Поэтому периодичность изменения свойств можно связать с частотой вращения ядер элементов. Предложен механизм влияния частоты вращения ядер на физические и химические свойства элементов. Вращение ядра вызывает сдвиговую деформацию поля, образованного ядром. Вследствие упругости поля деформация переходит в поперечное колебательное движение, которое поддерживается непрерывно вращающимся ядром. В колеблющемся поле чередуются зоны (оболочки) с тангенциальной и радиальной ориентацией силовых линий, расстояние между которыми зависит от частоты вращения ядра. Чем выше скорость вращения, тем теснее расположены оболочки и тем меньше размеры атома. С увеличением массы частота вращения возрастает, размер атома уменьшается. После «сжатия» атома за счёт увеличивающейся частоты вращения до определенного предела частота вращения скачкообразно падает. Начинается новый период. Предложена формула, количественно описывающая периодичность изменения физических и химических свойств элементов с увеличением их атомной массы.

Л и т е р а т у р а

1. Д.Н Трифонов, Химическая энциклопедия, 1993, М., Изд. БРЭ, т.3, с.486.
2. Ф.А. Гареев, Геометрическое квантование микро- и макросистем, Сообщения ОИЯИ, Дубна, 1996, с.296-456.
3. А.Т.Серков, Гипотезы, НИЦ «Углекимволокно», Москва, (1998), с.87.
4. Б.В.Дерягин, Н.В.Чураев, В.М.Муллер, Поверхностные силы, Москва, Наука, (1985), с.106.
5. D.Tabor, R.Winterton, Nature, 219, p.1120(1968)
6. J.N.Israelachvily, Contemp. Phys., 15, p.159(1974)

