

УДК 541.21

UDC 541.21

02.00.00 Химические науки

Chemical sciences

**ВЗАИМОСВЯЗЬ МОДЕЛИ РАСЧЕТОВ
АТОМНЫХ РАДИУСОВ И РАЗЛИЧНЫХ
СИСТЕМНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК****INTERRELATION OF THE MODEL OF
CALCULATIONS OF ATOMIC RADIUS AND
VARIOUS SYSTEM CHARACTERISTICS**

Казаченко Александр Сергеевич
к.х.н., Научный сотрудник
ORCID: 0000-0002-3121-1666
*Федеральный исследовательский центр
"Красноярский научный центр Сибирского
отделения Российской академии наук», Институт
химии и химических технологии СО РАН,
Красноярск*

Kazachenko Alexander Sergeevich
Cand.Chem.Sci., Researcher
ORCID: 0000-0002-3121-1666
*Federal Research Center "Krasnoyarsk Scientific
Center of the Siberian Branch of the Russian Academy
of Sciences,
Institute of Chemistry and Chemical Technology SB
RAS», Krasnoyarsk*

Казаченко Анна Семеновна
к.х.н., доцент
*ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный
университет», Россия*

Kazachenko Anna Semyonovna
Cand.Chem.Sci., assistant professor
Siberian Federal University, Russia

Шилов Николай Николаевич
Независимый исследователь

Shilov Nikolay
Independent researcher

В данной статье рассматривается взаимосвязь полученной ранее модели расчетов атомных радиусов с электродинамикой, гидродинамической моделью планет Солнечной Системы и R-функцией структурной организации электронных систем. Показано, что кривая зависимости значения поправочного коэффициента e_x от атомного номера элемента по форме совпадает с зависимостью энергии ионизации от массы атома и R-функцией от заряда ядра. Введено понятие «потенциал ядра атома», учитывающее энергию ядра и заряд ядра атома. Показано, что радиус атома является произведением потенциала ядра на коэффициент k_x , учитывающий характеристики электронных уровней; энергии ядерной реакции является работой сил поля (потенциала) ядра атома по перемещению заряда атома. Показана зависимость значения потенциала ядра от зарядового числа в Периодической таблице Д.И.Менделеева. Показано, что любая система спутников (либо атомных оболочек) имеет постоянное отношение своего числа Кеплера к массе центрального тела, вокруг которого они вращаются. Показано, что в Таблице химических элементов Д.И.Менделеева и в Солнечной системе Основополагающей величиной является масса центра (ядра атома или центра орбиты). Отношение числа Кеплера к массе центрального тела оказывается величиной, в пределах точности построения и вычислений, постоянной

In this article, we discuss the relationship between the previously obtained model for calculating atomic radii with electrodynamics, the hydrodynamic model of the planets of the Solar System, and the R-function of the structural organization of electronic systems. It is shown that the curve of the dependence of the value of the correction coefficient e_x on the atomic number of the element in form coincides with the dependence of the ionization energy on the mass of the atom and the R-function on the nuclear charge. The concept of the "atomic nucleus potential", which takes into account the energy of the nucleus and the charge of the nucleus of the atom, is introduced. It is shown that the radius of an atom is the product of the nuclear potential by a factor k_x , taking into account the characteristics of electronic levels; the energy of the nuclear reaction is the work of the forces of the field (potential) of the atomic nucleus along the displacement of the atomic charge. The dependence of the potential of the nucleus on the charge number in the Mendeleev's Periodic Table is shown. It is shown that any system of satellites (or atomic shells) has a constant ratio of its Kepler number to the mass of the central body around which they rotate. It is shown that in the Table of Mendeleev's chemical elements and in the solar system, the fundamental value is the mass of the center (the nucleus of the atom or the center of the orbit). The ratio of the Kepler number to the mass of the central body is a constant, within the accuracy of construction and calculations

Ключевые слова: ТАБЛИЦА МЕНДЕЛЕЕВА, ЭЛЕКТРОДИНАМИКА, МОДЕЛЬ РАСЧЕТОВ, РАДИУС АТОМА, ГИДРОДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ, R-ФУНКЦИЯ

Keywords: MENDELEEV'S TABLE, ELECTRODYNAMICS, MODEL OF CALCULATIONS, ATOMIC RADIUS, HYDRODYNAMIC MODEL, R-FUNCTION

DOI: 1990-4665-133-031

1. Введение

Изучая природные явления во всем их многообразии, человечество отработало испытанные в каждой области науки модели восприятия мира и методы получения информации [1]. Например, достаточно широко применяются в разных областях знания методы механики сплошных сред, в частности гидромеханики, которая рассматривает спектр проблем от истечения жидкости из сосуда до моделирования полей тяготения [2], поэтому представляет интерес практическое использование гидродинамического подхода к проблемам планетологии [1] и других областей знания, в том числе и химии. В гидродинамике и ее техническом приложении – гидравлике сложные, не поддающиеся прямому анализу или расчету, системы рассматриваются путем моделирования [3-5].

В химии радиусы атомов или атомные радиусы являются одной из важнейших характеристик атомов. В настоящее время в атомной физике и физической химии различают несколько видов различного рода атомных радиусов, таких как Ван-Дер-Ваальсовы и металлические, характеризующие размеры собственно атомов, ковалентные радиусы, определяющие расстояние между ковалентно-связанными атомами и ионные радиусы, определяющие расстояние между атомами, связанными ионной связью и другие. Для нахождения значений атомных радиусов могут быть использованы рентгенографический, газокинетический методы [6]. В работе [7] определяют размеры атомов по их инфракрасным спектрам в газообразном состоянии. Также распространены теоретические модели определения атомных радиусов [8-16].

В данной работе рассмотрена взаимосвязь полученной модели [16] с электродинамикой [17], гидродинамической моделью солнечной системы [1] и R-функцией структурной организации электронных систем [18, 19].

2. Взаимосвязь с R-функцией структурной организации электронных систем

В работе [16] предложена альтернативная формула для расчетов величин атомных радиусов элементов Периодической системы Д.И.Менделеева:

$$R = \frac{mc^2}{n} * \frac{10}{e^\pi} \tag{1}$$

где: R – радиус атома, м;

m – масса атома, кг;

c – скорость света в вакууме, м/с;

n – порядковый номер элемента;

e^π – постоянная Гельфонда из [20], в размерности [с²/кг*м].

Также была проверена применимость данной формулы для 103 элементов Периодической таблицы. Расчет относительной погрешности проводился по методике, описанной в [27]. Данные приведены на рисунке 1.

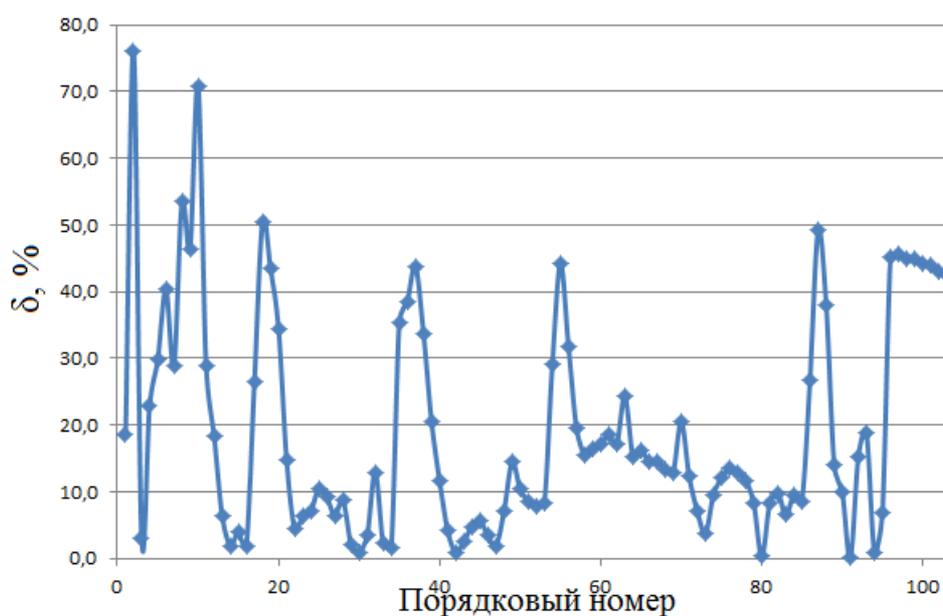


Рисунок 1. Зависимость относительной погрешности расчетов по уравнению 1 в Периодической таблице химических элементов

Было принято за допустимое значение относительной погрешности значение 10 (± 1)%. Из рисунка 1 наблюдается следующее: в область допустимых значений входят элементы: Li, Al, Si, P, S, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, As, Se, Zr, Nb, Mo, Tc, Ru, Rh, Pd, Ag, Cd, Sn, Sb, Te, I, Hf, Ta, W, Au, Hg, Tl, Pb, Bi, Po, At, Ra, Pu, Am. То есть, данная формула применима для 42% элементов Периодической системы Д.И. Менделеева.

С целью уменьшения относительной погрешности было предложено заменить степень постоянной Гельфонда с π на x :

$$R = \frac{mc^2}{n} * \frac{10}{e^x} \quad (2)$$

С использованием формулы 2 было рассчитано значения коэффициента e^x для каждого элемента Периодической системы Д.И. Менделеева. Таким образом, удалось снизить относительную погрешность расчетов.

Естественно предположить основополагающим параметром массу ядра атома в таблице Д.И. Менделеева. Оценим изменение коэффициента e^x в Периодической таблице Д.И. Менделеева. Для этого построим график зависимости $e^x = f(n)$. Данные приведены на рисунке 2.

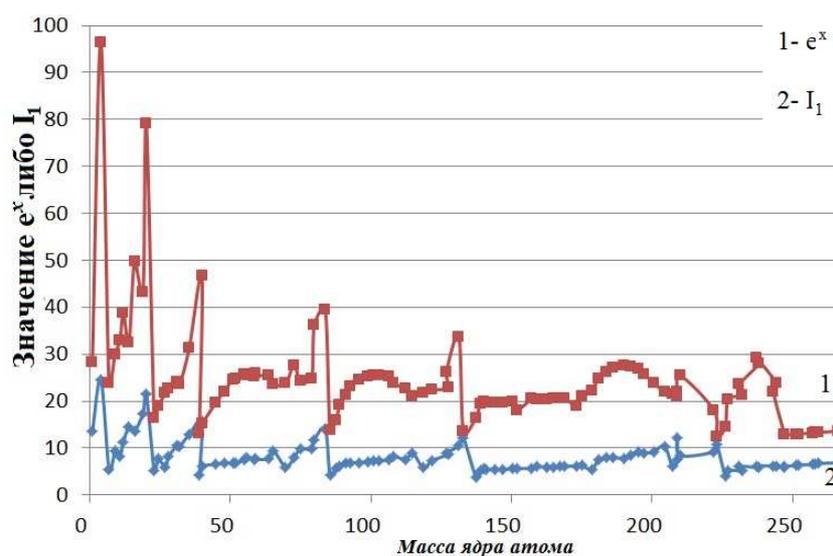


Рисунок 2. Зависимость значения коэффициента e^x уравнения 2 и энергии ионизации (I_1) от массы атома [28] в Периодической системе химических элементов [29, 30]

Зависимость, представленная на рисунке 1, по форме напоминает зависимость энергии ионизации (I) от массы атома, представленная в работах [29, 30], а также, зависимость R-функции от заряда ядра (рисунок 3) [18, 19], что, вероятно, связано с тем, что коэффициент e^x связан с данными характеристиками атома.

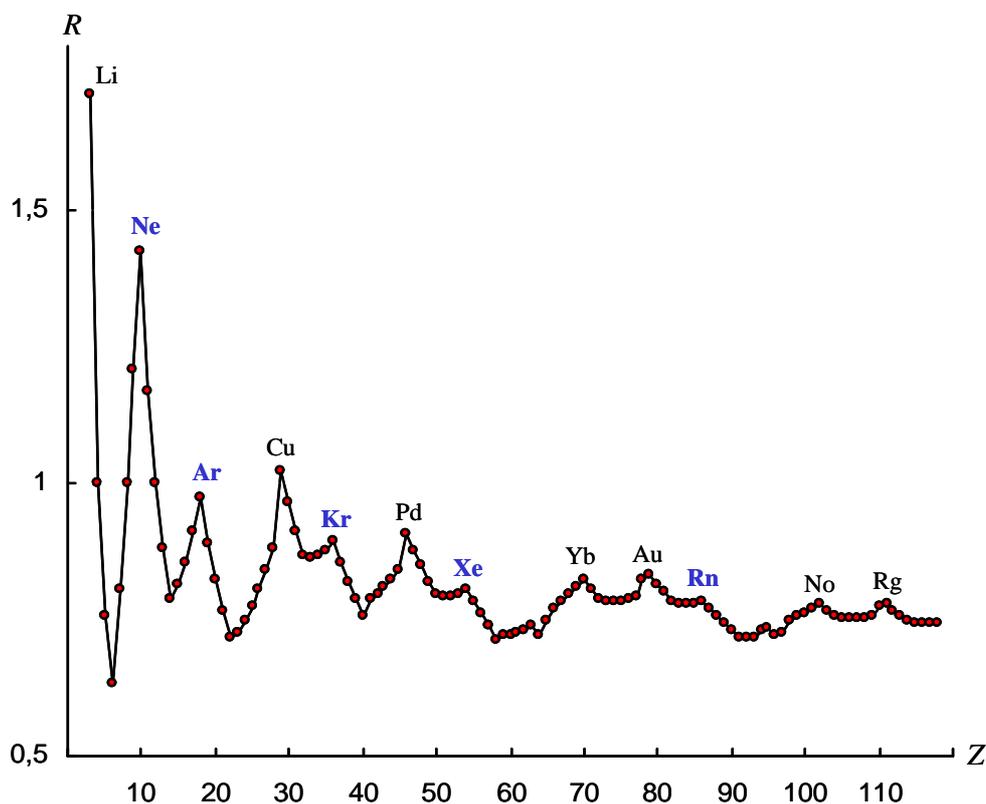


Рисунок 3. R-функция электронных систем атомов химических элементов Периодической таблицы Д.И.Менделеева в плоскости оболочек из работы [19]

На рисунке 3 приведен анализ структурной организации электронных систем атомов химических элементов с помощью информационно-синергетической R-функции [19]. Как видно из рисунков 2 и 3, они близки по форме, что говорит, вероятно, о взаимосвязи этих характеристик. Однако данный вопрос требует дополнительных исследований.

В работе [19] автор пишет: «Изменение структурной организации электронных систем в плоскости оболочек имеет периодический, в

целом затухающий характер. При этом в горизонтальном направлении периодической таблицы во всех рядах наблюдается одна и та же закономерность: последовательное понижение значений R-функции в начале ряда и повышение их значений по мере приближения к его концу. Это согласуется с общим характером ослабления металлических свойств химических элементов в начале периодов и усилением металлоидных свойств в их конце». Соответственно, значения коэффициента e^x может быть связано с ослаблением металлических свойств элементов в начале периодов и усилением данных свойств в конце периодов.

В работе [18] делается вывод, что зависимость, представленная на рисунке 3, является следствием универсального информационного вариационного принципа (УИВП) для химии, то есть, коэффициент e^x , вероятно, связан с данным принципом. Различные приложения УИВП к разным наукам рассмотрены в работах [18, 20-25]. Профессором Луценко Е.В. в работе [18] сформулирован универсальный информационный вариационный принцип: *«развитие открытых систем (т.е. изменение их внутренней структурно-функциональной организации), а также процессы взаимодействия между различными иерархическими уровнями этих систем и между системами и окружающей средой происходит таким образом, что мощность информационных потоков между ними в пространстве и времени, стремится к максимуму, причем не только к локальному, но и к глобальному».*

3. Взаимосвязь с электродинамическими характеристиками

Электродинамика - отрасль теоретической физики, которая изучает взаимодействие электрических зарядов и токов с использованием расширенной классической ньютоновской модели. Эта теория дает отличное описание электромагнитных явлений в случае, когда соответствующие масштабы длины и напряженность поля достаточно велики, чтобы квантово-механические эффекты были незначительными

[31-33]. Электродинамическое течение – движение жидкого или газообразного диэлектрика в сильном электрическом поле, когда влиянием магнитных полей можно пренебречь [34].

Попробуем упростить формулу 2, учитывая $E=mc^2$:

$$R = \frac{mc^2}{n} * \frac{10}{e^x} = \frac{E}{n} * \frac{10}{e^x} \quad (3)$$

В данном уравнении отношение энергии к порядковому номеру (заряду ядра) по смыслу аналогично формуле, используемой в электродинамике для расчетов электростатического потенциала [35]:

$$\varphi = \frac{W}{q} \quad (4)$$

где φ - электростатический потенциал,

W – потенциальная энергия,

q – величина заряда.

Так как известно, что 99,9% массы атома приходится на его ядро [36], то из формул 3 и 4 можно ввести понятие *потенциал ядра*, который рассчитывается по формуле:

$$\varphi' = \frac{E}{Z} \quad (5)$$

где E – энергия ядра атома,

Z – заряд ядра атома.

Рассмотрим, как изменяются значения потенциала ядра в Периодической системе химических элементов, построив график зависимости $\varphi' = f(Z)$. Данные приведены на рисунке 4.

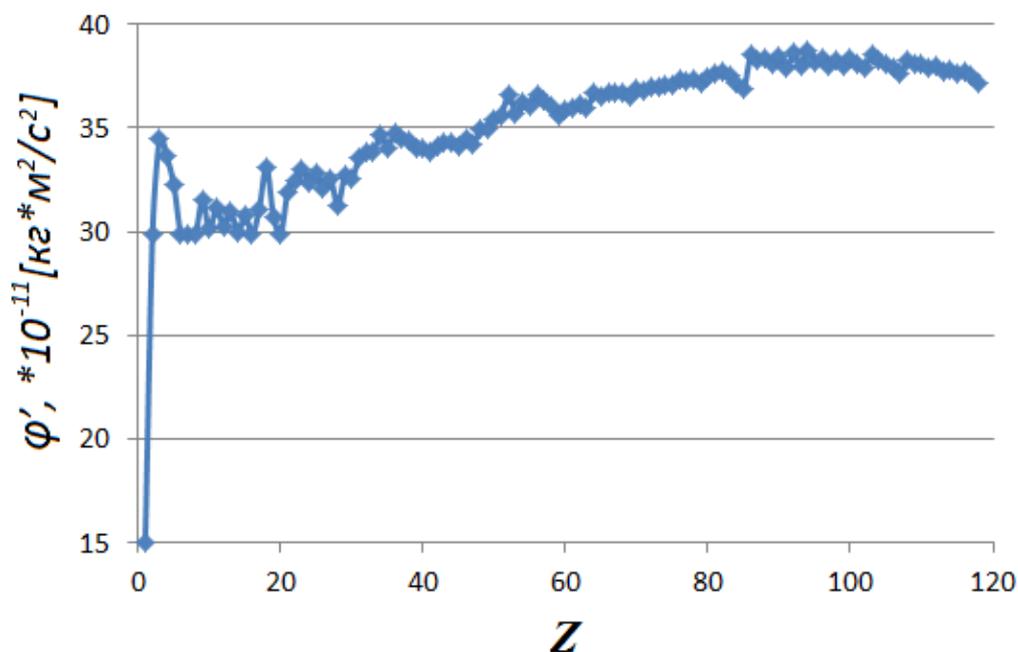


Рисунок 4. Зависимость значения потенциала ядра от зарядового числа

Как видно из рисунка 4, значения потенциала ядра постепенно увеличиваются (не достигая значения $40 \cdot 10^{-11} \text{ кг} \cdot \text{м}^2 / \text{с}^2$) с увеличением значения зарядового числа. Данная зависимость по форме напоминает зависимость, представленную в работе [37] и достаточно полно описанную в работах [38,39].

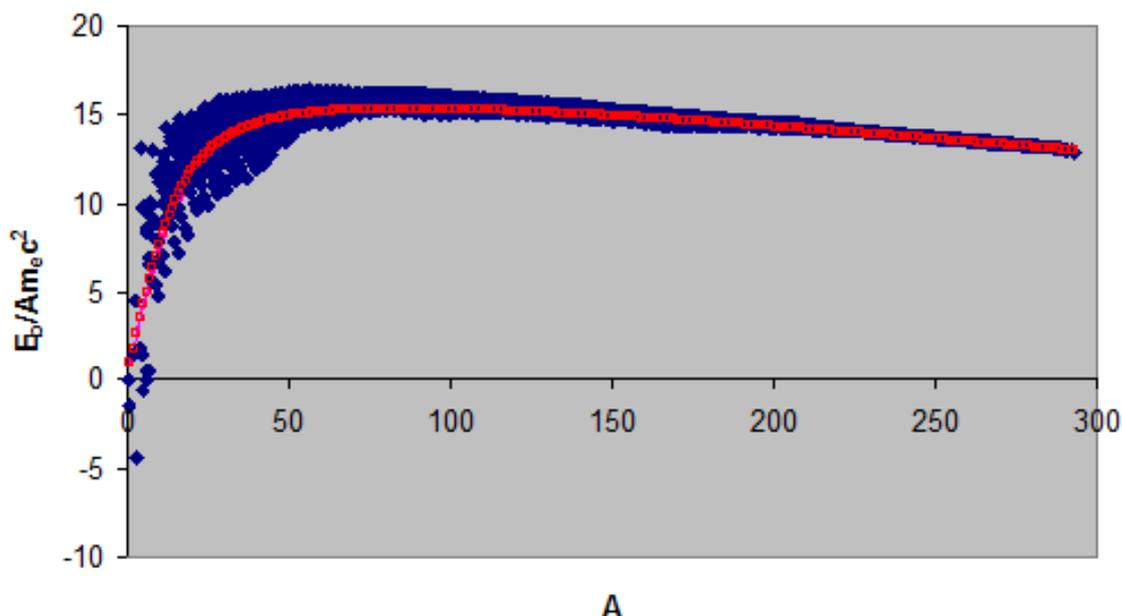


Рисунок 5. Зависимость энергии связи от числа нуклонов по работе [37]

Энергия связи - величина энергии, необходимая для разделения данного ядра на все составляющие его нуклоны [37].

Если заменить отношение $(10/e^x)$ на некоторый коэффициент k_x , то формулу 2 можно преобразовать в следующее выражение:

$$R = \varphi' k_x \quad (6)$$

Как было сказано выше, φ' – является характеристикой только ядра атома, значит коэффициент k_x должен зависеть от количества электронных оболочек, неспаренных электронов и/или других характеристик, связанных с электронами.

Рассмотрим изменение коэффициента k_x от количества электронов в атоме. Данные приведены на рисунке 6.

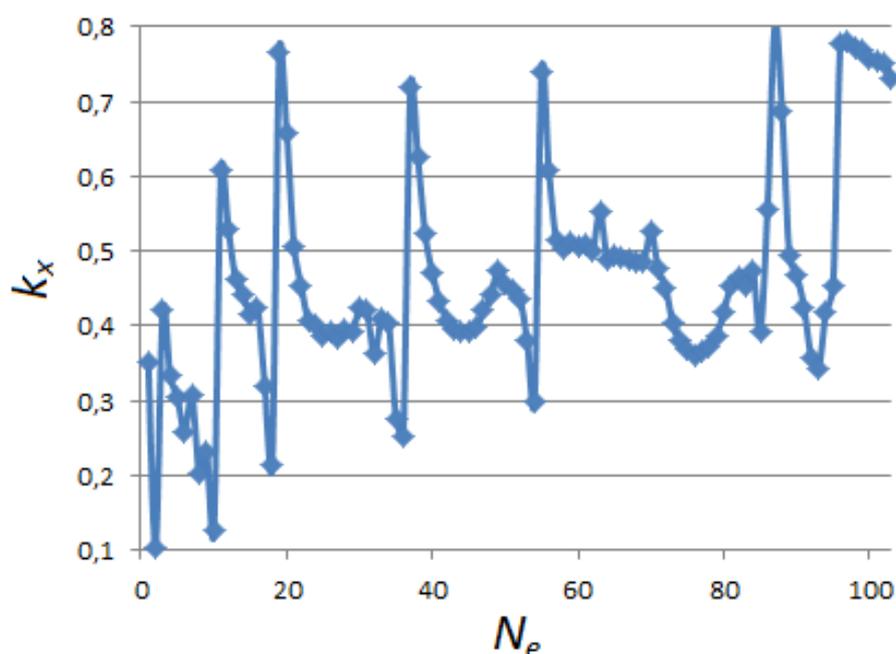


Рисунок 6. Зависимость коэффициента k_x от количества электронов в атоме

Как можно наблюдать на рисунке 6, максимальные значения коэффициента k_x имеют химические элементы, находящиеся в начале периода, что может быть связано, как было сказано выше, с ослаблением металлических свойств элементов в начале периодов и усилением данных свойств в конце периодов.

В работе [40] представлена формула работы сил электростатического поля по перемещению электрического заряда:

$$A = E_{n1} - E_{n2} = q(\varphi_1 - \varphi_2) \quad (7)$$

Попробуем адаптировать формулу 7 под предложенную нами формулу 5, таким образом, получим:

$$A = E_1 - E_2 = Z(\varphi'_1 - \varphi'_2) \quad (8)$$

Если подставить в данное уравнение значения $\varphi' = mc^2/Z$, то получим:

$$A = \Delta E = m_1c^2 - m_2c^2 = (m_1 - m_2) * c^2 = \Delta mc^2 \quad (9)$$

Формула 9 является альтернативным выражением формулы энергии ядерной реакции [41]:

$$\Delta E = \Delta mc^2 \quad (10)$$

Таким образом: радиус атома является произведением *потенциала ядра* на коэффициент k_x , учитывающий характеристики электронных уровней; энергии ядерной реакции является работой сил *поля (потенциала) ядра атома* по перемещению заряда атома.

В работе [42] предложена формула расчета атомного радиуса:

$$R \approx 0,5 * \sqrt[3]{\frac{m}{\rho}} \quad (11)$$

где R – атомный радиус,

m – масса атома,

ρ – плотность вещества.

Таким образом, приравняв формулы 2 и 11:

$$\frac{mc^2}{n} * \frac{10}{e^x} \approx 0,5 * \sqrt[3]{\frac{m}{\rho}} \quad (12)$$

можно выражать различные характеристики атома через другие.

4. Взаимосвязь с гидродинамической моделью Планет Солнечной Системы

Сохранились с модели Резерфорда-Бора до настоящего времени попытки взаимного моделирования планетарных систем (звезда и спутники) и химических элементов. Автор не считает возможным взаимное моделирование эллиптического (по I закону Кеплера) движения планет с объемным движением электронов вокруг ядра атома.

Рассмотрим второй и третий законы Кеплера. По второму закону за равные промежутки времени спутник (комета) перекрывает одинаковые площади секторов эллиптической орбиты вокруг центрального тела. По третьему закону Кеплера орбита характеризуется числом Кеплера $K = \frac{T^2}{R^3}$, где: T – период обращения, R – средний радиус орбиты.

В каждый момент времени второй закон Кеплера выражается в зависимости $R*V=const$, где V – мгновенная скорость в точке орбиты. В этом случае число Кеплера можно принять V^2R с погрешностью на постоянный множитель эллиптичности конкретной орбиты, то есть $V^2R=const$.

Сила взвешивания частиц пропорциональна скорости набегающего потока V , их характерному размеру D и обратно пропорциональна расстоянию между ними δR [1].

Ось потока отклоняется в сторону меньшего сопротивления [44], поэтому чем выше скорость -- меньше сечение потока, тем большее усилие оказывает поток и меньше отношение $D/\delta R = const$ в сечении потока [1].

Для профиля обтекания усилие пропорционально [5] произведению скорости набегающего потока на циркуляцию скорости, величину, пропорциональную угловой скорости или скорости вращения планеты U , так как неравномерность обтекания компенсируется собственным вращением (по доказанному выше). Следовательно, усилие

пропорционально $UV \cdot D / \delta R$, так как VD учитывает скорость одиночного витания планеты, $D / \delta R$ - стеснение потока частицами.

Считая энергию пояса орбит шириной δR постоянной, как следствие закона Кеплера $RV^2 = const$, строим график соответствия объема планеты W полученному комплексу $DUV / \delta R$, или, умножив обе величины на плотность планеты, зависимость массы M от $\rho \frac{DUV}{\delta R}$ - рисунок 7.

Полученное поступательное движение планет вокруг Солнца подразумевает [5] вихрь или вихресток, что полностью соответствует гидродинамической модели полей тяготения [2].

Версия формирования планетарного комплекса в результате катастрофического вторжения стороннего космического объекта требует тщательного изучения, как возможной теории с естественным экспериментом [1].

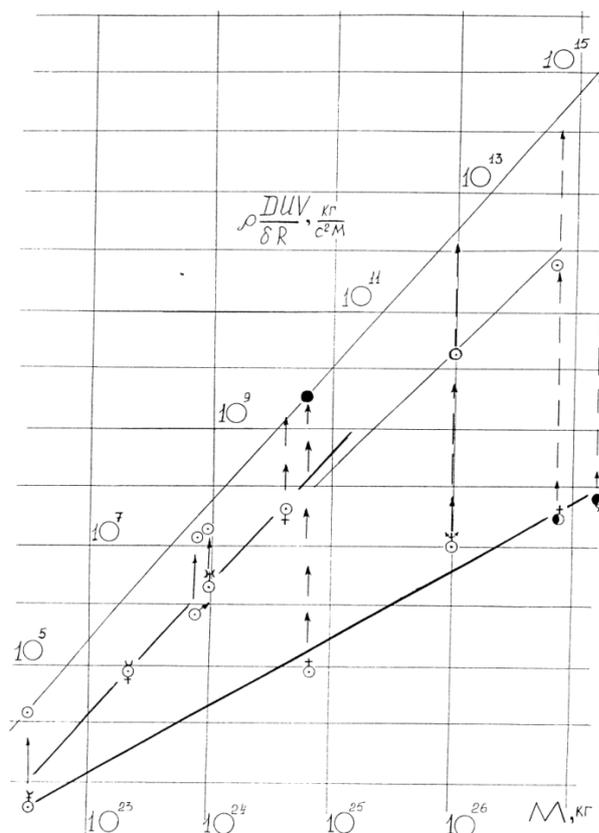


Рисунок 7. Зависимость массы M от $\rho \frac{DUV}{\delta R}$

В работе [1] опробовалась гидродинамическая гипотеза механики Солнечной системы. Получено число Кеплера в связи с гидродинамическим критерием F_r , Фруда, или $V^2R=const$, где V - скорость на орбите и R - радиус орбиты для планет. Этот параметр, полученный из условия механического равновесия на орбите силы гравитации

$$F_r = \frac{M_c \cdot M_{II}}{R^2} \gamma \quad (13)$$

и центробежной силы

$$F_{II} = M_{II} \frac{V^2}{R}, \quad (14)$$

равен произведению массы центрального объекта (здесь M_c - масса Солнца) на гравитационную постоянную ($\gamma=6,67 \cdot 10^{-11} \text{ м}^3/\text{кг} \cdot \text{с}^2$) или $V^2R=M_c \cdot \gamma=const$ в каждый момент времени. Моделирование по критерию подобия [3, 5] предполагает различные масштабы перехода для разных физических параметров, $V_1^2R_1=V_2^2R_2=const$, в данном механическом процессе при изменении расстояния от центра в n раз, скорость объектов изменится \sqrt{n} раз. Зависимость, представленная на рисунке 7, предположительно, может быть применима к электронным оболочкам атома, естественно, с учетом особенностей строения атома.

Числа Кеплера, формально не зависящие от массы, неявно включают физический закон, компенсирующий или автоматически учитывающий влияние массы. Законы Кеплера, как это показано выше, аналогичны гидравлическому критерию Фруда, по которому осуществляется моделирование в пределах доминирования инерции и гравитации -- массовых сил.

Из всей работы следует вывод, что по числу Кеплера можно моделировать, а, следовательно, пересчитывать одну «звездную» систему в

другую. В данном случае осуществляется поиск не факта зависимости, а вида зависимости.

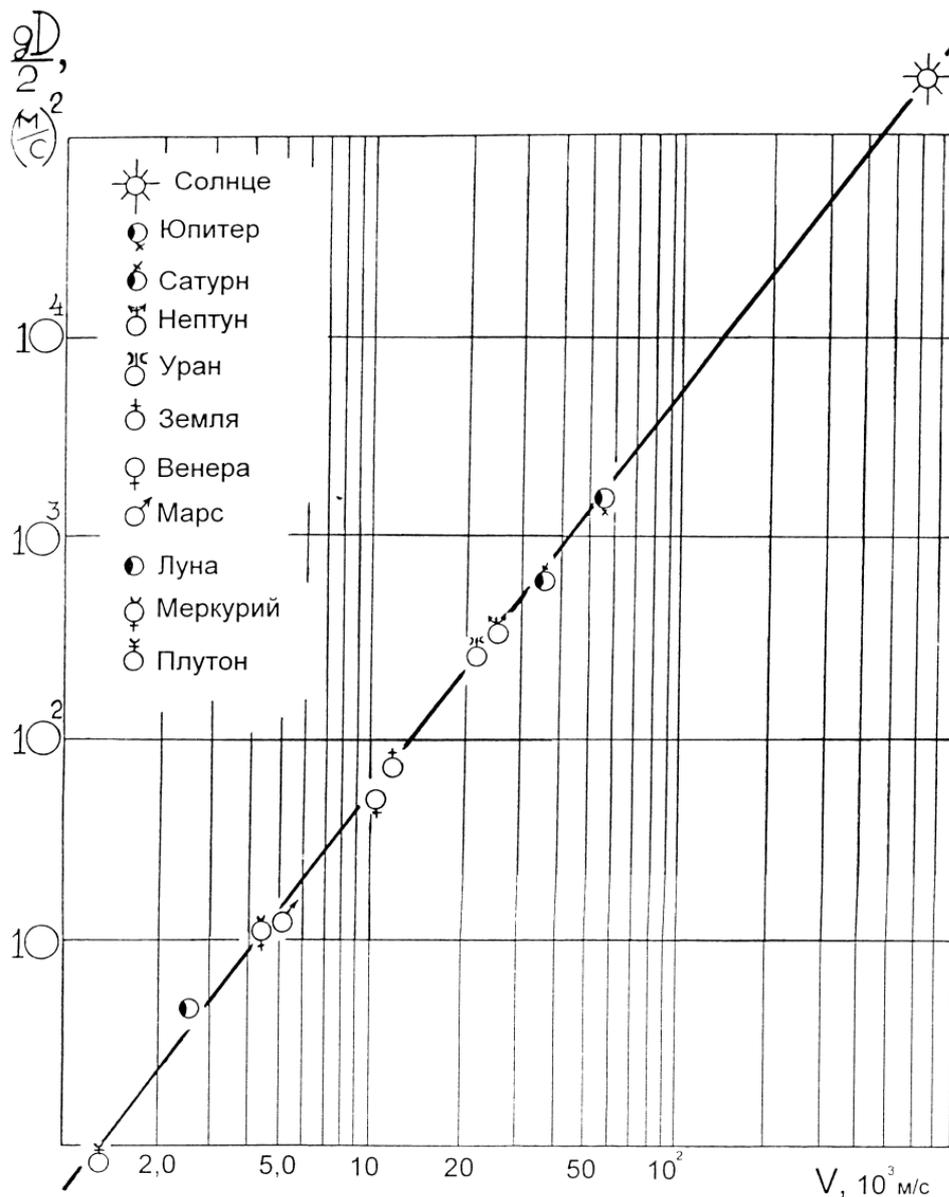


Рисунок 8. Зависимость параболической скорости от радиуса планеты

Рассуждения исчерпывающе иллюстрирует график зависимости параболической (второй космической) скорости от радиуса планеты $D/2$ - рисунок 8. Формально скорость не зависит от массы небесного тела, масса учтена ускорением силы тяжести g .

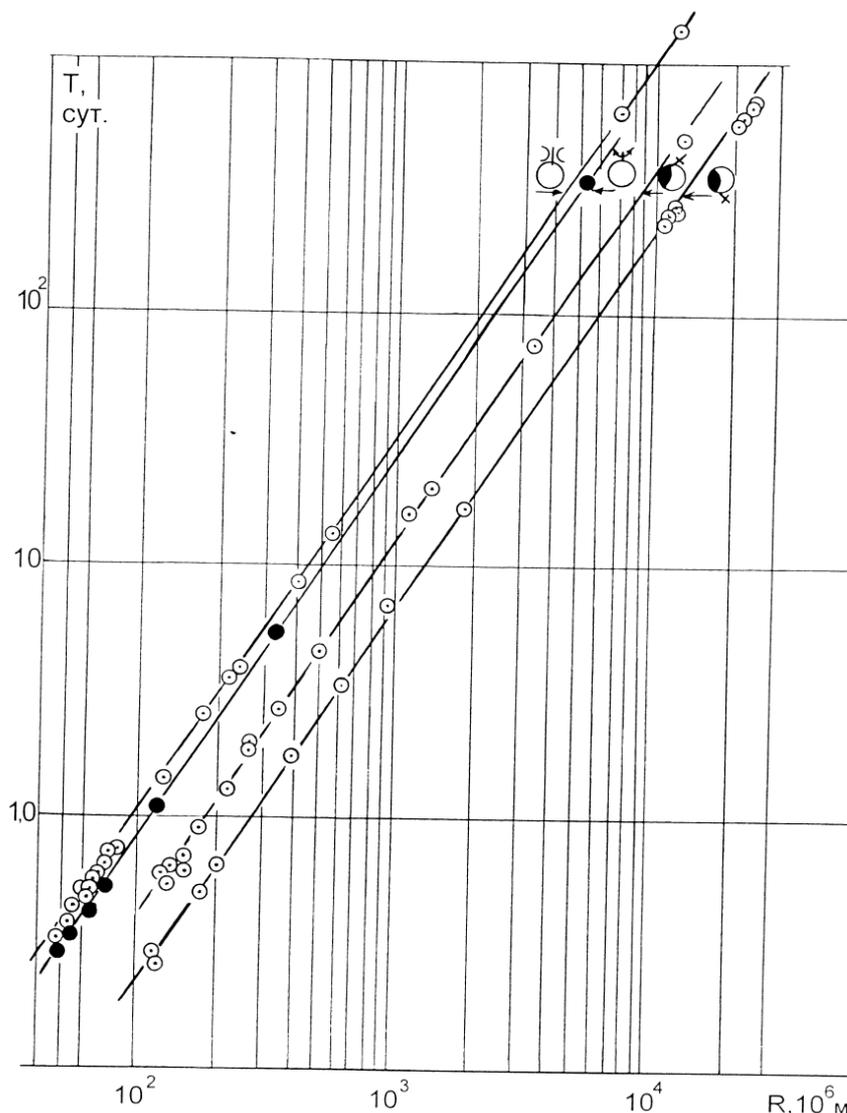


Рисунок 9. Зависимость периода вращения T от радиуса орбиты R спутников планет

По зависимости (рисунок 9) легко определяется число Кеплера для системы спутников каждой планеты. По графику на рисунке 8 можно предполагать единый гравитационно-инерционный механизм движения спутников Солнца планет, спутника земли – Луны и самого центрального светила.

Отличие, естественно, заключается в массе движущихся тел, поэтому следует искать зависимость массы от локально постоянных величин - чисел Фруда и Кеплера, изменяющихся от одной спутниконесущей системы к любой другой [1].

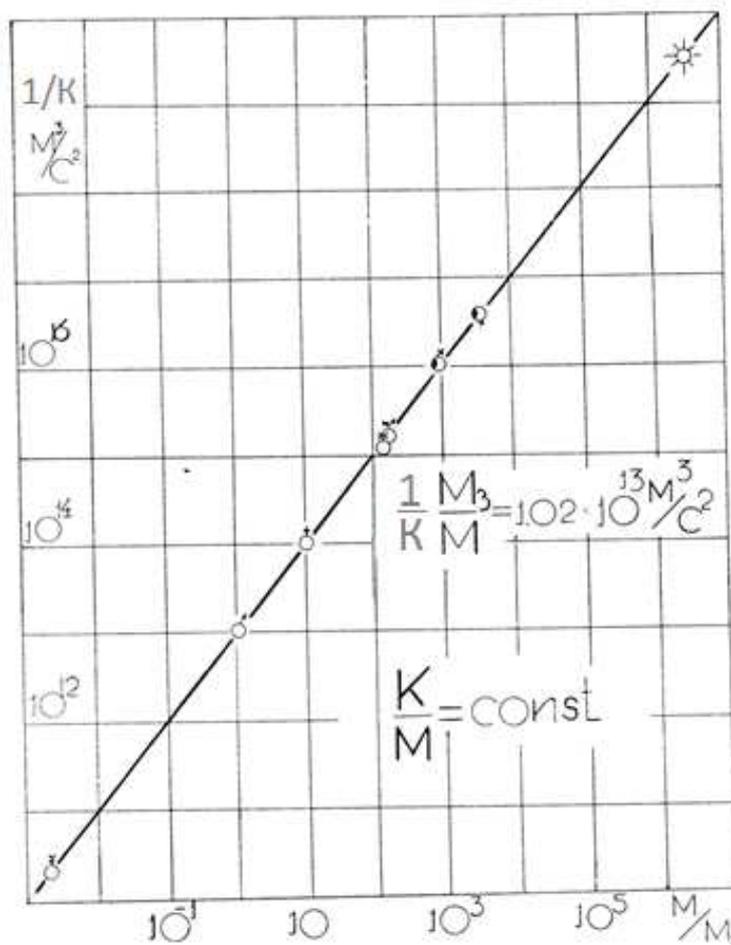


Рисунок 10. Зависимость числа Кеплера для системы спутников Солнца от относительной массы небесного тела

На рисунке 10 приведена зависимость числа Кеплера для системы спутников Солнца и всех спутникосодержащих планетных систем от относительной массы небесного тела (в долях массы Земли M_3) [43].

Отношение числа Кеплера к массе центрального тела оказывается величиной, в пределах точности построения и вычислений, постоянной:

$$K/M = const \tag{15}$$

Таким образом, при схожей динамике (рисунок 3) движения спутников, можно «моделировать» (рисунок 4) центральное тело, центр вращения.

Формулируется четвертый закон Кеплера для Солнечной системы:

$K/M = const$, применимый в пределах действия законов механики, очевидно, ко всей Вселенной. Таким образом и в таблице химических

элементов Д.И.Менделеева и в Солнечной системе Основополагающей величиной является масса центра (ядра атома или центра орбиты).

5. Выводы:

1. Основным критерием оценки является глобальный фактор – масса центра и размер орбиты электрона или спутника.

2. Внутренняя структура объекта имеет уровни: электронные оболочки электронов вокруг ядра, допустимые орбиты спутников у планет (рис. 7).

3. Если отбросить формы орбит спутников вокруг центра в планетарных системах и порядок заполнения электронных оболочек вокруг ядер атомов, то возникает прямая зависимость внешней коммуникации объектов от последующей орбиты или состава электронной оболочки. В химии это традиционно оценивается спектральным анализом. Спектральные данные являются для атомов глобальным (результатирующим) фактором взаимодействия с окружением – внешним критерием коммуникации.

4. Показано, что кривая зависимости значения поправочного коэффициента e^x от массы атома по форме совпадает с зависимостью энергии ионизации от массы атома и R-функцией структурной организации электронных систем от зарядового числа.

5. Радиус атома является произведением *потенциала ядра* на коэффициент k_x , учитывающий характеристики электронных уровней; энергии ядерной реакции является работой сил *поля (потенциала) ядра атома* по перемещению заряда атома.

6. Для любой системы спутников отношение числа Кеплера ($K = T^2/R^3$) к массе центрального тела является величиной постоянной.

7. Показано, что любая система спутников (либо атомных оболочек) имеет постоянное отношение своего числа Кеплера к массе центрального тела, вокруг которого они вращаются.

Авторы выражают благодарность к.т.н., д.э.н., профессору Луценко Е.В. за ценные рекомендации в ходе работы над публикацией.

Литература:

1. Шилов Н.Н. Гидродинамическая модель планет Солнечной системы. – Красноярск, Самиздат. – 2005. – 25 с. – Рег. №16339.
2. Лебедев В.А. Геометрические инварианты силовых центрально-симметричных полей в пространстве с тяготеющими массами (гидродинамическая модель полей тяготения) // Вестник МИКА. - 1996, Вып. 3. - С. 56-64.
3. Чугаев Р.Р. Гидравлика (техническая механика жидкости): Уч. для вузов. --- Л.: Энергия, 1975.
4. Завгородний Г.С., Шилов Н.Н. Гидравлические исследования ковшевого водозабора Сыринской ТЭЦ на реке Ульбе: Отчет хоздоговорной темы 465. --- Гос. рег. № 75033776.
5. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа. -- М.: Наука, 1978. – 736 с.
6. Зефиоров Ю.В., Зоркий П.М. Ван-дер-ваальсовы радиусы и их применение в химии // Успехи химии. 1989. Т.58, вып. 5. С.713-746.
7. Серков А. Т., Радишевский М. Б., Серков А. А. Гипотезы-2 / Москва:НИЦ "Углексимволокно", 2016. 363 с.
8. Нигматов Х., Турсунбаев Б.Х. Методика расчета радиуса атома водорода и других элементов Таблицы Менделеева // Инновации в науке: научный журнал. № 8(69). Новосибирск. Изд. АНС «СибАК», 2017. С. 17-19.
9. Clementi E. Atomic Screening Constants from SCF Functions. II. Atoms with 37 to 86 Electrons // Journal of Chemical Physics, 1967. V.47 (4). P.1300–1307.
10. Bagnall K.W. Recent advances in actinide and lanthanide chemistry, in Fields, PR & Moeller, T, Advances in chemistry, Lanthanide/Actinide chemistry // American Chemical Society, 1967. Vol. 71. P.1–12.
11. Казаченко А.С. Разработка новой модели расчетов значений атомных радиусов / Казаченко А.С., Шилов П.Н. // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2017. – №07(131). – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2017/07/pdf/47.pdf>
12. Pershina V. Electronic structure and chemical properties of superheavy elements // Russ. Chem. Rev. V.78. P.1153-1171
13. Slater J.C.. Atomic Radii in Crystals // Journal of Chemical Physics, 1964. V.41 (10). P.3199–3205.
14. Johnson E., Fricke B., Jacob T., Dong C.Z., Fritzsche S., Pershina V. Ionization potentials and radii of neutral and ionized species of elements 107 bohrium and 108 hassium from extended multiconfiguration Dirac–Fock calculations // Journal of Chemical Physics. V.116. №5. P. 1862-1868.
15. Desclaux J.P. Relativistic Dirac-Fock expectation values for atoms with $Z = 1$ to $Z = 120$ // Atomic data and nuclear data tables. 1973. V. 12, P. 311-406
16. Казаченко А.С. Альтернативная модель расчетов значений атомных радиусов / Казаченко А.С., Шилов П.Н. // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный

журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2017. – №08(132). – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2017/08/pdf/51.pdf>

17. Griffiths D. J. Introduction to Electrodynamics (4th ed.). - Boston, Mas.: Pearson. – 2013. – 321 p.

18. Луценко Е.В. Универсальный информационный вариационный принцип развития систем / Е.В. Луценко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2008. – №07(041). С. 117 – 193. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2008/07/pdf/10.pdf>.

19. Вяткин В.Б. Информационно-синергетический анализ электронных систем атомов химических элементов. Часть 1. Структурная организация электронных систем в плоскости подболочек / В.Б. Вяткин // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ. 2009. - № 48 (4). С. 1-21. - Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2009/04/pdf/03.pdf>.

20. Луценко Е. В. Универсальная когнитивная аналитическая система «Эйдос». Монография (научное издание). – Краснодар, КубГАУ. 2014. – 600 с. ISBN 978-5-94672-830-0. <http://elibrary.ru/item.asp?id=22401787>

21. Орлов А. И. , Луценко Е. В. , Лойко В. И. Перспективные математические и инструментальные методы контроллинга. Под научной ред. проф. С. Г. Фалько. Монография (научное издание). – Краснодар, КубГАУ. 2015. – 600 с. ISBN 978-5-94672-923-9. <http://elibrary.ru/item.asp?id=23209923>

22. Орлов А. И. , Луценко Е. В. , Лойко В. И. Организационно-экономическое, математическое и программное обеспечение контроллинга, инноваций и менеджмента: монография / А. И. Орлов, Е. В. Луценко, В. И. Лойко ; под общ. ред. С. Г. Фалько. – Краснодар : КубГАУ, 2016. – 600 с. ISBN 978-5-00097-154-3. <http://elibrary.ru/item.asp?id=26667522>

23. Лаптев В.Н. , Меретуков Г.М. , Луценко Е.В. , Третьяк В.Г. , Наприев И.Л. Автоматизированный системно-когнитивный анализ и система «Эйдос» в правоохранительной сфере: монография / В. Н. Лаптев, Г. М. Меретуков, Е. В. Луценко, В.Г. Третьяк, И.Л. Наприев; под научной редакцией проф. Е. В. Луценко. – Краснодар: КубГАУ, 2017. – 634 с. ISBN 978-5-00097-226-7. <http://elibrary.ru/item.asp?id=28135358>

24. Луценко Е. В. , Лойко В. И. , Лаптев В. Н. Современные информационно-коммуникационные технологии в научно-исследовательской деятельности и образовании: учеб. пособие / Е. В. Луценко, В. И. Лойко, В. Н. Лаптев; под общ. ред. Е. В. Луценко. – Краснодар: КубГАУ., 2017. – 450с. ISBN 978-5-00097-265-6. <http://elibrary.ru/item.asp?id=28996636>

25. Лойко В. И., Луценко Е. В., Орлов А. И. Современные подходы в наукометрии: монография / В. И. Лойко, Е. В. Луценко, А. И. Орлов. Под науч. ред. проф. С. Г. Фалько – Краснодар: КубГАУ, 2017. – 532 с. ISBN 978-5-00097-334-9. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=29306423>

26. Borwein J.M., Bailey D.H. Mathematics by Experiment: Plausible Reasoning in the 21st Century // Wellesley, MA: AK Peters, 2003. P. 137.

27. Ефимова М.Р. Общая теория статистики // М.: ИНФРА. 1996. 416 с.

28. Wieser M.E. Atomic weights of the elements 2011 (IUPAC Technical Report) // Pure and Applied Chemistry, 2013. V. 85 (5). P. 1047—1078.

29. Ахметов Н. С. Актуальные вопросы курса неорганической химии // М.:Просвещение, 1991. 224 с.

30. Martin W.C., Musgrove A., Kotochigova S., Sansonetti J.E. (2011), Ground Levels and Ionization Energies for the Neutral Atoms (version 1.3). National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, MD. [Online] Available: <http://physics.nist.gov/IonEnergy>.
31. The Feynman Lectures on Physics, Vol. II: the Electromagnetic Field, Addison-Wesley, Reading, Massachusetts, Web Site <http://www.feynmanlectures.caltech.edu/>
32. Panofsky, W.K., Phillips M. Classical Electricity and Magnetism, 2nd edition, Addison-Wesley, Reading, Mass. – 1969. – 494p.
33. Jackson J.D. Classical Electrodynamics (3rd ed.). New York: Wiley. - 1998. – 530 p.
34. Нагорный В.С, Денисов А.А. Электрогидро- и электрогазодинамические устройства автоматики. – Л.: Машиностроение, 1979. – 288 с.
35. Politzer P, Truhlar D.G. Chemical Applications of Atomic and Molecular Electrostatic Potentials: Reactivity, Structure, Scattering, and Energetics of Organic, Inorganic, and Biological Systems. Boston, MA: Springer US. - 1981. – 467 p.
36. Некрасов Б. В. Основы общей химии. - 3-е изд. - М.: Химия, 1973. - Том I. - С. 22-27.
37. National Nuclear Data Center Web Site, <http://www.nndc.bnl.gov/>
38. Трунев А.П. Ядерные оболочки и периодический закон Д.И. Менделеева// Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2012. – №05(79). С. 414 – 439. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2012/05/pdf/29.pdf>
39. Трунев А.П. Ядерные оболочки и периодический закон Д.И. Менделеева. Часть 2.// Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2012. – №07(81). С. 1 – 24. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2012/07/pdf/37.pdf>
40. Основные формулы электродинамики. Режим доступа: <https://ido.tsu.ru/schools/physmat/data/res/spravochnik/text/2-3.html>
41. А.Н.Климов. Ядерная физика и ядерные реакторы. — Москва: Энергоатомиздат, 1985. — С. 352.
42. Радиус атома. расчет. Режим доступа: https://www.fxzy.ru/%D1%84%D0%BE%D1%80%D0%BC%D1%83%D0%BB%D1%8B%D0%BF%D0%BE_%D1%84%D0%B8%D0%B7%D0%B8%D0%BA%D0%B5/%D0%B0%D1%82%D0%BE%D0%BC%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D1%84%D0%B8%D0%B7%D0%B8%D0%BA%D0%B0/%D0%B0%D1%82%D0%BE%D0%BC%D1%8B/%D1%80%D0%B0%D0%B4%D0%B8%D1%83%D1%81_%D0%B0%D1%82%D0%BE%D0%BC%D0%B0/
43. Новейший справочник необходимых знаний. — 2-е изд, перераб. и доп. / Сост. А.П. Кодрашов, ЮВ. Стреналюк. ---- М.: РИПОЛ классик, 2004.
44. Собачкин В.Б., Шилов Н.Н. Исследование гидротранспорта хвостов фабрики № 12: Промежуточный отчет по теме 30-497. - Гос. рег. № 81066483, 1981.

References:

1. Shilov N.N. Hidrodynamiceskaja model' planet Solnečnoj sistemy. – Krasnojarsk, Samizdat. – 2005. – 25 s. – Reg. №16339.
2. Lebedev V.A. Geometricheskie invarianty silovyh central'no-simmetrichnyh polej v prostranstve s tjagotejushhimi massami (gidrodynamiceskaja model' polej tjagotenija) // Vestnik MIKA. - 1996, Vyp. 3. - S. 56-64.

3. Chugaev R.R. *Gidravlika (tehničeskaja mehanika zhidkosti): Uč. dlja vuzov.* --- L.: Jenergija, 1975.
4. Zavgorodnij G.S., Shilov N.N. *Gidravličeskie issledovanija kovshevogo vodozabora Syrinskoj TJeC na reke Ul'be: Otchet hozdogovornoj temy 465.* — Gos. reg. № 75033776.
5. Lojčjanskij L.G. *Mehanika zhidkosti i gaza.* -- M.: Nauka, 1978. – 736 s.
6. Zefirov Ju.V., Zorkij P.M. *Van-der-vaal'sovy radiusy i ih primenenie v himii // Uspehi himii.* 1989. T.58, vyp. 5. S.713-746.
7. Serkov A. T., Radishevskij M. B., Serkov A. A. *Gipotezy-2 / Moskva: NIC "Uglehimvolokno", 2016. 363 s.*
8. Nigmatov H., Tursunbaev B.H. *Metodika rasčeta radiusa atoma vodoroda i drugih jelementov Tablicy Mendeleeva // Innovacii v nauke: nauchnyj zhurnal.* № 8(69). Novosibirsk. Izd. ANS «SibAK», 2017. S. 17-19.
9. Clementi E. *Atomic Screening Constants from SCF Functions. II. Atoms with 37 to 86 Electrons // Journal of Chemical Physics,* 1967. V.47 (4). P.1300–1307.
10. Bagnall K.W. *Recent advances in actinide and lanthanide chemistry, in Fields, PR & Moeller, T, Advances in chemistry, Lanthanide/Actinide chemistry // American Chemical Society, 1967. Vol. 71. P.1–12.*
11. Kazachenko A.S. *Razrabotka novej modeli rasčetov znachenij atomnyh radiusov / Kazachenko A.S., Shilov P.N. // Politematičeskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2017. – №07(131). – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2017/07/pdf/47.pdf>*
12. Pershina V. *Electronic structure and chemical properties of superheavy elements // Russ. Chem. Rev.* V.78. P.1153-1171
13. Slater J.C.. *Atomic Radii in Crystals // Journal of Chemical Physics,* 1964. V.41 (10). P.3199–3205.
14. Johnson E., Fricke B., Jacob T., Dong C.Z., Fritzsche S., Pershina V. *Ionization potentials and radii of neutral and ionized species of elements 107 bohrium and 108 hassium from extended multiconfiguration Dirac–Fock calculations // Journal of Chemical Physics.* V.116. №5. P. 1862-1868.
15. Desclaux J.P. *Relativistic Dirac-Fock expectation values for atoms with Z = 1 to Z = 120 // Atomic data and nuclear data tables.* 1973. V. 12, P. 311-406
16. Kazachenko A.S. *Al'ternativnaja model' rasčetov znachenij atomnyh radiusov / Kazachenko A.S., Shilov P.N. // Politematičeskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2017. – №08(132). – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2017/08/pdf/51.pdf>*
17. Griffiths D. J. *Introduction to Electrodynamics (4th ed.). - Boston, Mas.: Pearson.* – 2013. – 321 r.
18. Lucenko E.V. *Universal'nyj informacionnyj variacionnyj princip razvitija sistem / E.V. Lucenko // Politematičeskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2008. – №07(041). S. 117 – 193. – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2008/07/pdf/10.pdf>.*
19. Vjatkin V.B. *Informacionno-sinergetičeskij analiz jelektronnyh sistem atomov himičeskikh jelementov. Čast' 1. Strukturnaja organizacija jelektronnyh sistem v ploskosti podoboloček / V.B. Vjatkin // Politematičeskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU)*

[Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU. 2009. - № 48 (4). S. 1-21. - Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2009/04/pdf/03.pdf>.

20. Lucenko E. V. Universal'naja kognitivnaja analiticheskaja sistema «Jejdos». Monografija (nauchnoe izdanie). – Krasnodar, KubGAU. 2014. – 600 s. ISBN 978-5-94672-830-0. <http://elibrary.ru/item.asp?id=22401787>

21. Orlov A. I. , Lucenko E. V. , Lojko V. I. Perspektivnye matematicheskie i instrumental'nye metody kontrollinga. Pod nauchnoj red. prof. S. G. Fal'ko. Monografija (nauchnoe izdanie). – Krasnodar, KubGAU. 2015. – 600 s. ISBN 978-5-94672-923-9. <http://elibrary.ru/item.asp?id=23209923>

22. Orlov A. I. , Lucenko E. V. , Lojko V. I. Organizacionno-jekonomicheskoe, matematicheskoe i programmnoe obespechenie kontrollinga, innovacij i menedzhmenta: monografija / A. I. Orlov, E. V. Lucenko, V. I. Lojko ; pod obshh. red. S. G. Fal'ko. – Krasnodar : KubGAU, 2016. – 600 s. ISBN 978-5-00097-154-3. <http://elibrary.ru/item.asp?id=26667522>

23. Laptev V.N. , Meretukov G.M. , Lucenko E.V. , Tret'jak V.G. , Napriev I.L. Avtomatizirovannyj sistemno-kognitivnyj analiz i sistema «Jejdos» v pravoohranitel'noj sfere: monografija / V. N. Laptev, G. M. Meretukov, E. V. Lucenko, V.G. Tret'jak, I.L. Napriev; pod nauchnoj redakciej prof. E. V. Lucenko. – Krasnodar: KubGAU, 2017. – 634 s. ISBN 978-5-00097-226-7. <http://elibrary.ru/item.asp?id=28135358>

24. Lucenko E. V. , Lojko V. I. , Laptev V. N. Sovremennye informacionno-kommunikacionnye tehnologii v nauchno-issledovatel'skoj dejatel'nosti i obrazovanii: ucheb. posobie / E. V. Lucenko, V. I. Lojko, V. N. Laptev; pod obshh. red. E. V. Lucenko. – Krasnodar: KubGAU, 2017. – 450s. ISBN 978-5-00097-265-6. <http://elibrary.ru/item.asp?id=28996636>

25. Lojko V. I., Lucenko E. V., Orlov A. I. Sovremennye podhody v naukometrii: monografija / V. I. Lojko, E. V. Lucenko, A. I. Orlov. Pod nauch. red. prof. S. G. Fal'ko – Krasnodar: KubGAU, 2017. – 532 s. ISBN 978-5-00097-334-9. Rezhim dostupa: <https://elibrary.ru/item.asp?id=29306423>

26. Borwein J.M., Bailey D.H. Mathematics by Experiment: Plausible Reasoning in the 21st Century // Wellesley, MA: AK Peters, 2003. P. 137.

27. Efimova M.R. Obshhaja teorija statistiki // M.: INFRA. 1996. 416 c.

28. Wieser M.E. Atomic weights of the elements 2011 (IUPAC Technical Report) // Pure and Applied Chemistry, 2013. V. 85 (5). P. 1047—1078.

29. Ahmetov N. S. Aktual'nye voprosy kursa neorganicheskoj himii // M.:Prosveshhenie, 1991. 224 s.

30. Martin W.C., Musgrove A., Kotochigova S., Sansonetti J.E. (2011), Ground Levels and Ionization Energies for the Neutral Atoms (version 1.3). National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, MD. [Online] Available: <http://physics.nist.gov/IonEnergy>.

31. The Feynman Lectures on Physics, Vol. II: the Electromagnetic Field, Addison-Wesley, Reading, Massachusetts, Web Site <http://www.feynmanlectures.caltech.edu/>

32. Panofsky, W.K., Phillips M. Classical Electricity and Magnetism, 2nd edition, Addison-Wesley, Reading, Mass. – 1969. – 494p.

33. Jackson J.D. Classical Electrodynamics (3rd ed.). New York: Wiley. - 1998. – 530 p.

34. Nagornyj V.S, Denisov A.A. Jeletrogidro- i jeletrogazodinamicheskie ustrojstva avtomatiki. – L.: Mashinostroenie, 1979. – 288 s.

35. Politzer P, Truhlar D.G. Chemical Applications of Atomic and Molecular Electrostatic Potentials: Reactivity, Structure, Scattering, and Energetics of Organic, Inorganic, and Biological Systems. Boston, MA: Springer US. - 1981. – 467 p.

36. Nekrasov B. V. Osnovy obshhej himii. - 3-e izd. - M.: Himija, 1973. - Tom I. - S. 22-27.
37. National Nuclear Data Center Web Site, <http://www.nndc.bnl.gov/>
38. Trunev A.P. Jadernye obolochki i periodicheskij zakon D.I. Mendeleeva// Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2012. – №05(79). S. 414 – 439. – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2012/05/pdf/29.pdf>
39. Trunev A.P. Jadernye obolochki i periodicheskij zakon D.I. Mendeleeva. Chast' 2.// Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2012. – №07(81). S. 1 – 24. – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2012/07/pdf/37.pdf>
40. Osnovnye formuly jelektrodinamiki. Rezhim dostupa: <https://ido.tsu.ru/schools/physmat/data/res/spravochnik/text/2-3.html>
41. A.N.Klimov. Jadernaja fizika i jadernye reaktory. — Moskva: Jenergoatomizdat, 1985. — S. 352.
42. Radius atoma. raschet. Rezhim dostupa: https://www.fxyz.ru/%D1%84%D0%BE%D1%80%D0%BC%D1%83%D0%BB%D1%8B%D0%BF%D0%BE_%D1%84%D0%B8%D0%B7%D0%B8%D0%BA%D0%B5/%D0%B0%D1%82%D0%BE%D0%BC%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D1%84%D0%B8%D0%B7%D0%B8%D0%BA%D0%B0/%D0%B0%D1%82%D0%BE%D0%BC%D1%8B/%D1%80%D0%B0%D0%B4%D0%B8%D1%83%D1%81_%D0%B0%D1%82%D0%BE%D0%BC%D0%B0/
43. Novejshij spravochnik neobhodimyh znaniy. — 2-e izd, pererab. i dop. / Sost. A.P. Kodrashov, JuV. Strenaljuk. ---- M.: RIPOL klassik, 2004.
44. Sobachkin V.B., Shilov N.N. Issledovanie gidrotransporta hvostov fabriki № 12: Promezhutochnyj otchet po teme 30-497. - Gos. reg. № 81066483, 1981.