МОДЕЛИ ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ, АТОМОВ И МОЛЕКУЛ

В.К. Дюпин[1], *канд. тех. наук*
А.А. Колесников[1], *канд. тех. наук*
И.Д. Угрюмова[2], *магистрант*
[1]ООО «КОНСАЛТ-М»
[2]Томский политехнический университет
[1](Россия, г. Москва)
[2](Россия, г. Томск)

DOI:10.24412/2500-1000-2024-2-3-7-17

Аннотация. *Построение моделей основано на системном подходе. Рассматриваемые системы образуют: элементы, создающие структуру системы; силы, действующие между элементами; энергия образования или изменения системы. Наименьшей системой является атом водорода. Элементы системы создают электрические и магнитные поля, обуславливающие силы их взаимного притяжения и отталкивания. Это позволяет подойти с единых позиций к вопросам физики, химии, электрическим свойствам материалов, растворов, электролитов и т.д.*

Предложена фотонная модель элементарных частиц. Для этого введены коэффициент магнитного момента кольцевой частицы и постоянная ДюКа. Рассчитаны радиусы протона, электрона и мюона. Адекватность модели подтверждается соответствием расчётных и экспериментальных данных. Предложен «Закон изменения массы веществ, вступающих в реакцию» для определения энергетических результатов химических и ядерных реакций.

Ключевые слова: *модель, фотон, элементарные частицы, электрон, протон, магнитный момент, размер частиц, атом, молекула.*

Цель создания моделей – обеспечение доступности изучения и использования моделей, не требующих изучения специальных курсов квантовой механики; соответствие расчётов и результатов эксперимента; нацеленность на решение существующих и возникающих проблем, а также на практическое применение и научные результаты; возможность улучшения и расширения этих моделей. В моделях не использованы сомнительные принципы и постулаты, не соответствующие законам классической физики и используемые в модели Шрёдингера, критика которой достаточно убедительно выполнена в [1].

В качестве наименьшего элемента для построения моделей используется фотон – материальная частица, основные характеристики которой измерены. Наименьшей системой является атом водорода.

В своём главном труде «Теория натуральной философии» Р.И. Бошкович (1711-1787 гг.) впервые развил теорию строения вещества, основанную на представлении о «материальных точках», между которыми действуют силы, подчиняющиеся универсальному закону [2]. Суть закона в том, что при малых расстояниях между «материальными точками» действует сила отталкивания, неограниченно возрастающая при их дальнейшем сближении; с увеличением расстояния между точками сила их взаимодействия обращается в нуль и возникает сила притяжения, которая сначала возрастает, а затем с увеличением расстояния проходит через нуль и т.д. На основе закона Бошковича построены все предлагаемые ниже модели от элементарных частиц до молекул. При взаимодействии между «материальными точками» рассматриваются две силы: электрическая и магнитная. В равновесном состоянии элементы системы находятся на определённых расстояниях друг от друга, образуя структуру системы, определяющую её свойства. Предлагаемые модели позволяют рассчитать не поддающиеся измерению или без проведения дорогостоящих измерений характеристики частиц, атомов и молекул.

1. ЭЛЕМЕНТАРНЫЕ ЧАСТИЦЫ

1.1. Фотон

Энергия одноперiодного фотона, E_f, с длиной волны, λ, равна:

$$E_f = c \cdot h/\lambda = m_f \cdot c^2, \quad (1)$$

где c – скорость света, c = $2,99792458 \cdot 10^8$, м/с;

h – постоянная Планка, h = $6,6260687 \cdot 10^{-34}$, Дж·с;

λ – длина волны фотона, м;

m_f – масса фотона.

1.2. Протон

В фотонной модели протона и других элементарных частиц принимается следующее: а) частица представляет собой свёрнутый в кольцо одноперiодный фотон радиусом *r*; б) длина кольца, по которому движется фотон, равна $2\pi \cdot r$. Все кольцевые частицы, при различии радиусов, обладают одинаковой величиной электрического заряда, но отличаются внутренней энергией и магнитными моментами. Стабильными частицами являются электрон, протон и их античастицы.

Энергию кольцевой частицы составляет энергия движущегося по кольцу фотона (далее – линейная энергия) и объёмная энергия, создаваемая кольцевой частицей (далее – кольцевая энергия).

Полная энергия кольцевой частицы, *E*, равна:

$$E = m \cdot c^2 = h \cdot c/\lambda_f + d/\lambda_f{}^3, \quad (2)$$

где m – масса частицы, кг;

λ_f – длина окружности кольца фотона, образующего её, м;

d – постоянная ДюКа (d соответствует первой букве фамилий авторов – Дюпин-Колесников), $Дж \cdot м^3$.

Линейная энергия, E_c, равна:

$$E_c = h \cdot c/\lambda_f \quad (3)$$

Кольцевая энергия, E_d, равна:

$$E_d = d/\lambda_f{}^3 \quad (4)$$

Магнитный момент кольцевой частицы определяется выражением:

$$\mu = e \cdot \lambda_f \cdot c/(4\pi \cdot (1 - \alpha/2\pi)) = K_\mu \cdot \lambda_f, \quad (5)$$

где e – элементарный заряд, $e = 1,60217646 \cdot 10^{-19}$ Кл;

α – постоянная тонкой структуры, $\alpha = 0,00729735$;

K_μ – коэффициент магнитного момента кольцевой частицы, $K_\mu = 0,38267 \cdot 10^{-11}$ Дж/(Тл·м).

Определим величину постоянной *d* и длину периода λ_f на основе выражений (2) – (5) для протона, у которого экспериментально определены масса, равная

$m_p = 1,67262192369 \cdot 10^{-27}$ кг, и магнитный момент – $\mu_p = 1,41061 \cdot 10^{-26}$ Дж/Тл. Из формулы (2) следует: $E_p = 15,032773 \cdot 10^{-11}$ Дж или 938,3 МэВ. Окончательно получим d = $4,8322 \cdot 10^{-54}$ $Дж \cdot м^3$, $\lambda_{fp} = 3,6863 \cdot 10^{-15}$ м, радиус протона r_p – $0,5867 \cdot 10^{-15}$ м. На основе выражений (3) и (4) определим линейную и кольцевую энергию протона, они соответственно равны $5,38882 \cdot 10^{-11}$ и $9,64395 \cdot 10^{-11}$ Дж.

1.3. Верификация фотонной модели на мюоне и электроне

1.3.1. Мюон

Мюон обладает внутренней энергией $1,69267 \cdot 10^{-11}$ Дж (105,66 МэВ). Для него, согласно выражениям (2) и (5), радиус равен $0,2124 \cdot 10^{-14}$ м, магнитный момент – $0,44908 \cdot 10^{-25}$ Дж/Тл (экспериментально измеренное значение – $0,449065 \cdot 10^{-25}$ Дж/Тл). Линейная часть его энергии составляет $1,4891 \cdot 10^{-11}$ Дж (92,99 МэВ), а кольцевая часть энергии мюона равна $0,2036 \cdot 10^{-11}$ Дж (12,67 МэВ).

1.3.2. Электрон

Масса электрона равна $9,10938189 \cdot 10^{-31}$ кг, что соответствует его внутренней энергии $E_e = 8,187104139 \cdot 10^{-14}$ Дж или 511 кэВ. Решение уравнений (2) и (5) позволяет получить значения длины волны фотона – λ_f, равной $2,4272 \cdot 10^{-12}$ м, радиуса электрона, r_e, – $0,3863 \cdot 10^{-12}$ м и магнитного момента, μ_e, – $9,28475 \cdot 10^{-24}$ Дж/Тл (экспериментально определенное значение – $9,28476 \cdot 10^{-24}$ Дж/Тл [3, 4]). Линейная часть внутренней энергии электрона составляет $8,188 \cdot 10^{-14}$ Дж (511 кэВ), а кольцевая – $3,384 \cdot 10^{-19}$ Дж (2,11 эВ).

Примечание. Предложенная модель элементарных частиц соответствует экспериментальным данным, что позволяет надеяться, что она может быть использована при оценке магнитных моментов и размеров других нестабильных кольцевых частиц, имеющих электрический заряд, без проведения дорогостоящих экспериментов и затрат времени.

2. АТОМЫ

2.1. Модель атома водорода

Атом водорода является простейшим атомом. Можно считать, что он образован приближением протона к электрону.

Электрическая сила, F_e, действующая между протоном и электроном, направлена на притягивание их друг к другу и равна:

$$F_e = \alpha \cdot c \cdot h / 2\pi z^2 = K_e / z^2, \quad (6)$$

где z – расстояние между частицами, м;

K_e – коэффициент электрической силы, $K_e = 0,2307077 \cdot 10^{-27}$ Дж·м.

Магнитная сила, F_m, действующая между протоном и электроном, направлена на отталкивание их друг от друга и равна:

$$F_m = (1 - \alpha/2\pi) \cdot (r_e + r_p) \cdot c \cdot h / 2\pi \cdot z^3 = K_m / z^3, \quad (7)$$

где r_e – радиус электрона;

r_p – радиус протона;

K_m – коэффициент магнитной силы, $K_m = 0,122101 \cdot 10^{-37}$ $Дж \cdot м^2$.

В равновесном состоянии сила притяжения между частицами равна силе отталкивания:

$$K_e / z_0^2 = K_m / z_0^3. \quad (8)$$

Из формулы (8) следует:

$$z_0 = K_m / K_e. \quad (9)$$

Откуда получаем расстояние между электроном и протоном в атоме водорода $z_0 = 0{,}529272 \cdot 10^{-10}$ м. Значение «радиуса» атома водорода по Бору $r_0 = 0{,}529177 \cdot 10^{-10}$ м.

Из формул (6) и (7), интегрируя выражения сил по *z*, получим формулу для расчёта энергии, выделившейся при образовании атома водорода:

$$\Delta E_H = E_e - E_m = K_e/z - K_m/2z^2 = 0{,}2177 \cdot 10^{-17} \text{ Дж}, \quad (10)$$

где z — расстояние между частицами, изменяющееся от ∞ до z_0 м.

Поскольку при образовании атома водорода выделяется энергия, масса его элементов уменьшается на Δm_H, равную $0{,}000242224 \cdot 10^{-31}$ кг. Отсюда определим массу атома водорода по формуле:

$$m_H = m_e + m_p - \Delta m_H = 1{,}673532838 \cdot 10^{-27} \text{ кг}, \quad (11)$$

где m_e — масса свободного электрона, $m_e = 9{,}10938189 \cdot 10^{-31}$ кг;

m_p — масса свободного протона, $m_p = 1{,}67262192369 \cdot 10^{-27}$ кг.

Сумма масс, вступающих в экзотермическую (с выделением энергии) реакцию электрона и протона при образовании атома водорода, равна $1{,}673532\mathbf{62} \cdot 10^{-27}$ кг, а после – $1{,}673532\mathbf{38} \cdot 10^{-27}$ кг. Следовательно, масса целого может быть меньше суммы его частей.

Энергия, затраченная на образование нейтрона из электрона и протона (эндотермическая реакция), равна энергии, выделившейся при его распаде, т.е. $1{,}25276 \cdot 10^{-13}$ Дж. Этой энергии соответствует увеличение массы продуктов реакции, Δm_n, на $0{,}001393883 \cdot 10^{-27}$ кг.

Массу нейтрона определим по формуле:

$$m_n = m_e + m_p + \Delta m_n = 1{,}6749267 \cdot 10^{-27} \text{ кг}, \quad (12)$$

Справочное значение массы нейтрона – $1{,}6749272 \cdot 10^{-27}$ кг [3].

Расчёты позволяют сделать вывод о том, что существующий ныне «Закон **сохранения** массы веществ, вступающих в реакцию» следует заменить на «Закон **изменения** массы веществ, вступающих в реакцию». Согласно этому закону: «**Изменение массы веществ, вступающих в реакцию, равно изменению их внутренней энергии, делённой на квадрат скорости света**». Этот закон лежит в основе всей ядерной энергетики. Он может быть представлен формулой:

$$m_{out} = m_{in} + \Delta E/c^2, \quad (13)$$

где m_{out} — масса веществ, образующихся в результате реакции;

m_{in} — масса веществ, вступающих в реакцию;

ΔE изменение внутренней энергии веществ, образующихся в результате реакции.

В результате экзотермической реакции масса реагирующих веществ и продуктов реакции теряет энергию, поэтому $\Delta E < 0$ и $m_{out} < m_{in}$. В результате эндотермической реакции, когда масса реагирующих веществ и продуктов реакции получает энергию извне, $\Delta E > 0$ и $m_{out} > m_{in}$. Закон изменения массы веществ, вступающих в реакцию, в предложенном виде действителен как для ядерных, так и для химических реакций. В последнем случае изменения настолько малы, что в обычных условиях величиной $\Delta E / c^2$ можно пренебречь. Но нельзя отвергать вероятность использования предложенного «Закона **изменения** массы веществ, вступающих в реакцию» в каких-либо особых случаях и в химических реакциях.

2.2. Модели атомов протия, дейтерия, трития и гелия

Коэффициент электрической силы можно считать постоянным, но коэффициент магнитной силы между электроном и ядром зависит от состава ядра и других факторов. Поэтому этот коэффициент приходится определять для конкретных условий на основе экспериментальных данных.

Магнитная сила, F_m, между ядром атома и электроном приведена в формуле (7).

В изотопах водорода на величину $\mathrm{K_m}$ оказывают влияние нейтроны, также обладающие магнитным полем. Величина $\mathrm{K_m}$ и расстояние между ядром и электроном в атоме водорода и его изотопов определяется путём решения системы уравнений (7) и (14):

$$\mathrm{E = E_e - E_m = K_e / z_0 - K_m / (2 \cdot z_0^{\,2})}, \qquad (14)$$

где

E экспериментальное значение энергии ионизации атома водорода;

$\mathrm{E_e}$, $\mathrm{E_m}$ энергия, связанная соответственно с электрической и магнитной силой взаимодействия протона и электрона, Дж;

$\mathrm{z_0}$ расстояние между ядром и электроном, м.

Значение E_m в формуле (14) получено интегрированием уравнения (7) по z. Для изотопов водорода (от протия до трития) рассчитанные значения z_0 изменяются от $0{,}529267 \cdot 10^{-10}$ до $0{,}529460 \cdot 10^{-10}$ м, а K_m – от $0{,}122106 \cdot 10^{-37}$ до $0{,}122151 \cdot 10^{-37}$ $\text{Дж} \cdot \text{м}^2$. В сферической системе координат структура атома водорода будет выглядеть так: ($0{,}5294599 \cdot 10^{-10}$, 0, 0). Здесь и далее расстояние z выражено в метрах, а углы ϑ и φ – в радианах.

Уравнения сил и энергий для ионов с одним электроном от гелия до неона соответствуют выражениям (15) и (16):

$$\mathrm{F = Z \cdot K_e / z_0^{\,2} - K_{m1} / z_0^{\,3} + (A - 4) \cdot K_{m2} / z_0^{\,3} = 0}, \qquad (15)$$

где

Z количество протонов в ядре атома;

A количество нуклонов в ядре атома;

K_{m1} коэффициент пропорциональности для иона гелия, $K_{m1} = 0{,}122109 \cdot 10^{-37}$ Дж·м^2;

K_{m2} коэффициент пропорциональности, $K_{m2} = 0{,}11 \cdot 10^{-41}$ Дж·м^2.

Расчётное значение энергии ионизации E_c определяется по формуле:

$$E_c = Z \cdot K_e / r_0 - K_{m1} / (2 \cdot r_0^2) + (A - 4) \cdot K_{m2} / (2 \cdot r_0^2). \quad (16)$$

На основе решения системы уравнений (15) и (16) получим расчётные значения величин z_0, E_c, а также разность ΔE между экспериментальным и расчётным значением энергии ионизации для других ионов. Результаты расчётов следующие: величина z_0 изменяется от $0{,}264640 \cdot 10^{-10}$ м (He^{+1}) до $0{,}0528517 \cdot 10^{-10}$ м (Ne^{+9}), а разность ΔE не превышает 0,027% (для B^{+4}).

Для гелия и ионов с двумя электронами, расположенными по разные стороны от ядра на расстоянии z_{0z}, сила F, действующая на один электрон, равна:

$$F = F_{e1} + F_m - F_{e2} = 0, \quad (17)$$

где F_{e1}, F_{e2} соответственно электрические силы «электрон-ядро атома» и «электрон-электрон»,

Или

$$F = Z \cdot K_e / z_{0z}^2 - K_{mz} / z_{0z}^3 - K_e / (2 \cdot z_{0z})^2 = 0, \quad (18)$$

где z_{0z} расстояние от ядра атома до электрона;

K_{mz} коэффициент пропорциональности.

Энергия связи E_Z, электронов с ядром и между собой у атома гелия и подобных ему ионов равна:

$$E_Z = 2 \cdot (Z \cdot K_e / z_{0z} - K_{mz} / (2 \cdot z_{0z}^2)) - K_e / (2 \cdot z_{0z}). \quad (19)$$

Используя уравнения (18), (19) и экспериментальные значения энергии E_Z, необходимой для отделения всех электронов от атома гелия и гелиеподобных ионов до натрия включительно, находим величины z_{0z} и K_{mz}. Результаты расчётов следующие: z_{0z} изменяется от $0{,}753 \cdot 10^{-10}$ м (H^{-1}) до $0{,}0498 \cdot 10^{-10}$ м (Na^{+9}) и K_{mz} от $0{,}1303 \cdot 10^{-37}$ Дж·м^2 (H^{-1}) до $0{,}1234 \cdot 10^{-37}$ Дж·м^2 (Na^{+9}).

В сферической системе координат структура атома гелия будет выглядеть так: ($0{,}32 \cdot 10^{-10}$, 0, 0; $0{,}32 \cdot 10^{-10}$, 0, π).

2.3. Модели атомов лития и бериллия

Структуры атомов лития и бериллия, показанные на рисунках 1 и 2, в наибольшей степени отвечают экспериментальным данным. Ядро атома расположено в точке O, а электроны в точках A, B, C, D.

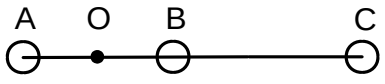

Рисунок 1. Атом лития

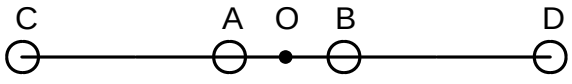

Рисунок 2. Атом бериллия

Атом лития

Два ближних электрона атома располагаются на расстоянии z_1 от ядра, дальний электрон – в точке C на расстоянии z_2 от ядра. Энергия полной ионизации атома лития равна энергии, затрачиваемой на отрыв всех электронов [3 – 5], т.е. равна $3{,}255\cdot10^{-17}$ Дж ($0{,}086\cdot10^{-17}$ + $1{,}21\cdot10^{-17}$ + $1{,}959\cdot10^{-17}$).

Сумма энергий связи электронов E в атоме лития равна:

$$E = 3\cdot K_e/z_2 - K_{m2}/\left(2\bullet z_2^{\,2}\right) + 2\cdot\left(3\cdot K_e/z_1 - K_{m1}/\left(2\cdot z_1^{\,2}\right)\right) - K_e/\left(z_2 - z_1\right) - \\ - K_e/\left(z_2 + z_1\right) - K_e/\left(2\cdot z_1\right). \quad (20)$$

где K_{m1}, K_{m2} коэффициенты магнитной силы, действующие соответственно на ближние и дальний электроны.

Расстояние от ближних электронов до ядра z_1 принимаем равным расстоянию в ионе лития Li^{+1}. Коэффициент K_{m1} между ближними к ядру электронами и ядром также принимаем соответствующим иону Li^{+1}. Используя справочный размер атома лития [3 – 5], определим значение K_{m2} и энергию связи третьего электрона E_3, исходя из уравнений сил и энергий.

Сила F_C, действующая на электрон в точке C, равна:

$$F_C = 3\cdot K_e/z_2^{\,2} - K_{m2}/z_2^{\,3} - K_e/\left(z_2 - z_1\right)^2 - K_e/\left(z_1 + z_2\right)^2 = 0. \quad (21)$$

Энергия связи E_3 электрона с атомом лития в точке C:

$$E_3 = 3\cdot K_e/z_2 - K_e/(z_2 - z_1) - K_{m2}/(2\cdot z_2^{\,2}) - K_e/(z_1 + z_2). \quad (22)$$

В результате решения уравнений (20) – (22) получаем:

$$K_{m2} = 0{,}31\cdot10^{-37}\ \text{Дж}\cdot\text{м}^2,\ E_3 = 0{,}051\cdot10^{-17}\ \text{Дж}.$$

2.4. Атом бериллия

Два ближних электрона атома располагаются в точках A и B на расстоянии z_1 от ядра, два дальних электрона – в точках C и D на расстоянии z_2 от ядра. Энергия полной ионизации атома бериллия равна сумме энергий, затрачиваемых на отрыв всех его электронов, т.е. равна $6{,}382\cdot10^{-17}$ Дж ($0{,}149\cdot10^{-17}$ + $0{,}292\cdot10^{-17}$ + $2{,}454\cdot10^{-17}$ + $3{,}487\cdot10^{-17}$) [3 – 5]. Суммарная энергия связи всех электронов атома E равна энергии полной ионизации E_i. Расчёт коэффициента K_{m2} для дальних электронов и энергии связи дальних электронов E_3 и E_4 аналогичен расчёту этих характеристик для атома лития. В результате решения получаем:

$$K_{m2} = 0{,}425\cdot10^{-37}\ \text{Дж}\cdot\text{м}^2,\ E_3 = E_4 = 0{,}132\cdot10^{-17}\ \text{Дж}.$$

3. Модели молекул

3.1. Молекула водорода

Структура молекулы водорода представляет собой квадрат. Ядра атомов рас-

положены в противоположных вершинах. Известную энергию диссоциации молекулы водорода принимаем равной энергии связи атомов в молекуле.

Сила F_1, действующая на электрон со стороны каждого протона, равна:

$$F_1 = K_e/z^2 - K_m/z^3. \quad (23)$$

Сложив эти две силы по правилу параллелограмма, получаем силу $F_{1,2}$, действующую на электрон со стороны ядер атомов водорода:

$$F_{1,2} = 2\cdot(K_e/z^2 - K_m/z^3)/2^{1/2}. \quad (24)$$

Кроме силы $F_{1,2}$, на электрон действует отталкивающая электрическая сила F_3 со стороны второго электрона:

$$F_3 = K_e/(2\cdot z)^2. \quad (25)$$

Результирующая сила F, действующая на электрон, равна:

$$F = 2\cdot(K_e/z^2 - K_m/z^3)/2^{1/2} - K_e/(2\cdot z)^2 = 0. \quad (26)$$

Энергия связи частиц молекулы водорода E равна сумме энергий связи частиц атомов водорода и энергии диссоциации молекулы водорода:

$$E = 2\cdot 0,2179\cdot 10^{-17} + 0,0718\cdot 10^{-17} = 0,5076\cdot 10^{-17} \text{ Дж}. \quad (27)$$

Выражение полной энергии связи частиц молекулы водорода складывается из энергии связи четырех пар «электрон-ядро», энергии связи пары электронов и энергии связи пары ядер:

$$E = 4\cdot(K_e/z - K_m/2\cdot z^2) - K_e/\left(2^{1/2}\cdot z\right) - K_e/\left(2^{1/2}\cdot z\right) = 0,5076\cdot 10^{-17} \text{ Дж}. \quad (28)$$

Неизвестными величинами в этих уравнениях являются z и K_m. Решив систему уравнений (26) и (28), получим значения $K_m = 0,1234\cdot 10^{-37}$ Дж$\cdot$м^2 и $z = 0,827\cdot 10^{-10}$ м, что соответствует межъядерному расстоянию в молекуле водорода, равному $1,169\cdot 10^{-10}$ м. Значения размеров молекулы водорода, приведённые в справочниках, существенно отличаются между собой, например, в [6] размер молекулы водорода равен $1,8\cdot 10^{-10}$ м, а в [7] – $0,7416\cdot 10^{-10}$ м.

3.2. Гидрид лития

Выполнив аналогичные расчёты по определению полной энергии связи электронов в молекуле гидрида лития при рассчитанном расстоянии между ядрами атомов, получим значение энергии связи, равное $3,65\cdot 10^{-19}$ Дж, и на 5,2% отличающееся от экспериментального значения – $3,84\cdot 10^{-19}$ Дж [3].

3.3. Атомы и молекулы как пазлы

Поля, созданные внешними электронами атома или молекулы, назовём выступом, а поля, созданные ядром – впадиной. Количество выступов и впадин атома или молекулы соответствует максимальной степени окисления и восстановления.

Энергия связи атомов в молекуле зависит от напряжённости создаваемых ими электрических полей. Причём у любого атома величины выступов и впадин могут иметь разные значения. **Величину впадины можно считать равной энергии сродства к электрону**. Пазлы всех атомов, кроме водорода, можно представить в виде сферы с выступами и впадинами общим числом не более 8. Пазл атома водорода подобен несимметричной гантели.

Пазл атома фтора показан на рисунке 3 для простоты в плоском виде, хотя имеет объёмную форму. На рисунке 4 показан пазл атома водорода, а на рисунке 5 – составленная из пазлов молекула водорода, на рисунке 6 – составленная из пазлов молекула *HF*.

На рисунках 7 и 8 показаны возможные варианты молекул LiH. В первом варианте к литию присоединяется электрон атома водорода и литий становится подобен бериллию, во втором – к водороду присоединяется электрон атома лития и водород становится подобен гелию. Для первого варианта энергия связи всех электронов в молекулах LiH равна $3,41\cdot10^{-17}$ Дж, а для второго – $3,15\cdot10^{-17}$ Дж (расчёт выполнен по приведённым ранее методикам). Сродство к электрону у водорода больше, чем у лития, следовательно, энергетически выгоден первый вариант, значит, будет реализован он. Это подтверждают и выполненные расчёты. В дальнейшем к расчётам всех вариантов создаваемой молекулы можно не прибегать, а руководствоваться следующим правилом: **электрон присоединяется к тому атому (молекуле), у которого энергия сродства к электрону больше**.

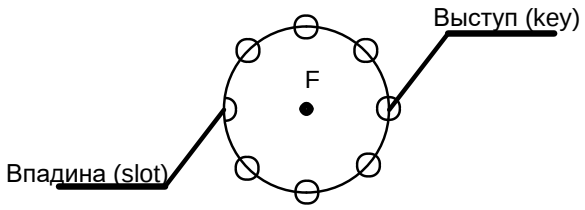

Рис. 3. Пазл атома фтора

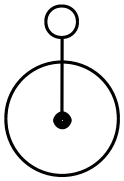

Рис. 4.
Пазл атома водорода

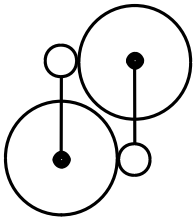

Рис. 5.
Молекула водорода

В гидридах галогенов атом водорода отдаёт свой электрон, поэтому его эквивалентный радиус равен $0,28\cdot10^{-10}$ м, а в гидридах металлов атом водорода берёт чужой электрон, поэтому его эквивалентный радиус равен $0,73\cdot10^{-10}$ м, что соответствует данным, приведённым в таблице.

В модели Шрёдингера атом водорода рассматривается как шар с радиусом $0,53\cdot10^{-10}$ м. В этом случае межъядерное расстояние должно быть примерно равно сумме радиусов атома водорода и элемента, образующего с ним молекулу, что не согласуется с экспериментальными данными [5]. Это говорит о неадекватности модели Шрёдингера.

Таблица. Расстояние между ядрами атомов (r – радиус атома; l_e и l_c – экспериментально установленный и расчётный радиус молекулы, $a = 10^{-10}$ м)

Атом	r	Моле-кула	$l_e \cdot a$	$l_c \cdot a$	Атом	r	Моле-кула	$l_e \cdot a$	$l_c \cdot a$
F	0,64	*HF*	0,917	0,92	*Li*	1,43	*LiH*	2,2	2,16
Cl	0,99	*HCl*	1,274	1,27	*Na*	1,54	*NaH*	2,45	2,27
Br	1,14	*HBr*	1,414	1,42	*K*	2,27	*KH*	3	3
I	1,33	*HI*	1,609	1,61	*Rb*	2,47	*RbH*	3,2	3,2
					Cs	2,66	*CsH*	3,4	3,39

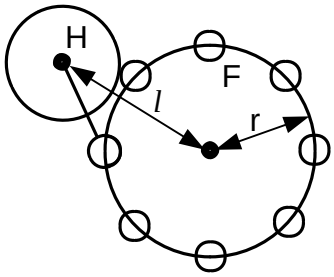

Рис. 6.
Молекула *HF*

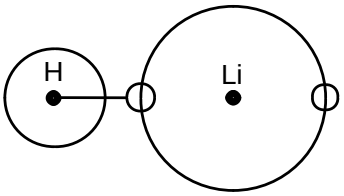

Рис. 7.
Молекула *LiH*, вариант 1

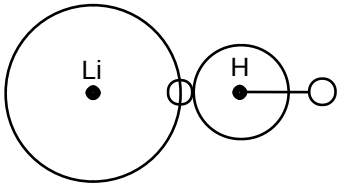

Рис. 8.
Молекула *LiH*, вариант 2

При объединении атомов в молекулу размеры их выступов и впадин уменьшаются вследствие взаимного влияния общих ядер и электронов. Характерным показателем этого является отсутствие цепочек из атомов водорода, например, молекулы H_3. Но в некоторых случаях могут создаваться цепочки из атомов и молекул. Так образуются молекулы *HF*, H_2F_2 … H_6F_6. По этой же причине образуются комплексоны и большие цепочки молекул из атомов углерода, соединяющихся с атомами углерода.

Для большей наглядности пазлы атомов, следующих за бериллием, должны быть представлены в виде объёмных фигур. Пазлы можно изготовить в виде фигур либо представить на компьютере в виде 3D-изображений. Если для учебных целей в объёмных пазлах на месте выступов установить магниты северным полюсом наружу, а на месте впадин – южным, тогда в учебных и других целях можно будет быстро составлять молекулы из имеющихся пазлов. В этом случае структура рассматриваемых молекул будет очень наглядной и запоминающейся.

Заключение

В работе предполагается, что каждая из элементарных частиц представляет собой скрученный в кольцо однопериодный фотон.

Для расчёта размеров и магнитных моментов элементарных частиц предложена формула, содержащая постоянную ДюКа, рассчитанную на основе экспериментальных характеристик протона. Соответствие расчётных и экспериментальных величин магнитных моментов мюона и электрона позволяет считать предлагаемую модель адекватной. Данная модель позволяет проводить расчёт магнитных моментов короткоживущих элементарных частиц, экспериментальное определение которых затруднительно.

Дополнительным подтверждением адекватности фотонной модели могло бы стать обнаружение заряда и магнитного поля вблизи созданной искусственно круговой однопериодной электромагнитной волны.

Предложен «Закон изменения массы веществ, вступающих в реакцию». Правота его основана на «Законе сохранении энергии» и подтверждается на примере образования атома водорода и нейтрона.

Дальнейшее развитие предложенных моделей элементарных частиц, атомов и молекул позволит прогнозировать структуру молекул, энергии связи электронов в атомах и связи атомов в молекулах, то есть

по известным характеристикам соответствующих объектов рассчитывать их неизвестные характеристики. В частности, в работе рассчитаны энергии связи и расстояния между частицами для атомов лития и бериллия, а также расстояния между ядрами молекулы водорода и гидрида лития.

Кроме этого, на основе данной модели представлены структуры атомов и молекул в виде пазлов, что по сравнению с альтернативными моделями даёт более наглядное представление о структурах молекул химических соединений.

Библиографический список

1. Конарёв Ф.М. Начала физхимии микромира. 2008.
2. Боголюбов А.Н. Бошкович (Боскович) Руджер Иосип. – Киев: Наукова думка, 1983.
3. Яворский Б.М., Детлаф А.А. Справочник по физике. – М.: Наука, 1995.
4. Таблицы физических величин. Справочник / Под ред. И.К. Кикоина. – М.: Атомиздат, 1976.
5. Гороновский И. Т., Назаренко Ю. П., Некряч Е. Ф. Краткий справочник по химии. – Киев: Наукова думка, 1987.
6. Лякишев В.К. Расчёт диаметра молекулы водорода в рамках классической электродинамики // Universum: химия и биология: электр. Научн. Журн. – 2023. – №2(104)
7. Справочник химика – 2 изд. – М-Л: ГНТИ химической лит-ры, 1962, Т. 1. – 1072 с

MODELS OF ELEMENTARY PARTICLES, ATOMS AND MOLECULES

V.K. Dyupin[1], *Candidate of Technical Sciences*
A.A. Kolesnikov[1], *Candidate of Technical Sciences*
I.D. Ugryumova[2], *Graduate Student*
[1]CONSULT-M LLC
[2]Tomsk Polytechnic University
[1](Russia, Moscow)
[2](Russia, Tomsk)

Abstract. *The construction of models is based on a systems approach. The systems under consideration form: elements that create the structure of the system; forces acting between elements; energy of formation or change of a system. The smallest system is the hydrogen atom. The elements of the system create electric and magnetic fields that determine the forces of their mutual attraction and repulsion. This allows us to approach issues of physics, chemistry, electrical properties of materials, solutions, electrolytes, etc. from a unified position.*

A photon model of elementary particles is proposed. For this purpose, the coefficient of the magnetic moment of the ring particle and the DuK constant are introduced. The radii of the proton, electron and muon are calculated. The adequacy of the model is confirmed by the agreement between the calculated and experimental data. The "Law of change in the mass of substances entering into a reaction" was proposed to determine the energy results of chemical and nuclear reactions.

Keywords: *model, photon, elementary particles, electron, proton, magnetic moment, particle size, atom, molecule.*