

УДК 531.9+539.12.01

UDC 531.9+539.12.01

ПРЕОНОВЫЕ ОБОЛОЧКИ И СТРУКТУРА АТОМА**PREONS SHELLS AND ATOMIC STRUCTURE**

Трунев Александр Петрович

к.ф.-м.н., Ph.D.

Директор, A&E Trounev IT Consulting, Торонто, Канада

Alexander Trunev

Cand.Phys.-Math.Sci., Ph.D.

Director, A&E Trounev IT Consulting, Toronto, Canada

В работе рассмотрена модель структуры электронов и кварков, в которой эти частицы представляются состоящими из элементарных частиц преонов. На основе этой модели развита теория электронных оболочек, как продолжение ядерных кварковых оболочек

We consider the model of the structure of electrons and quarks, in which these particles are presented consisting of elementary particles preons. From this model, the theory of electron shells, as a continuation of the quark nuclear shells has been proposed

Ключевые слова: АТОМ, КВАРКИ, НЕЙТРОН, МАГНИТНЫЙ МОМЕНТ, МЕТРИКА, ПРЕОН, ПРОТОН, ЭЛЕКТРОН, ЭЛЕКТРОННЫЕ ОБОЛОЧКИ, ЭНЕРГИЯ СВЯЗИ, ЯДРО

Keywords: ATOM, BINDING ENERGY, QUARKS, MAGNETIC MOMENT, METRIC, PREON, PROTON, NEUTRON, NUCLEI, ELECTRON, ELECTRON SHELL

Введение

Согласно теории атомных и ядерных оболочек [1-4], периодические закономерности в атомах и атомных ядрах объясняются, принципом Паули, который применяется отдельно в отношении электронов и нуклонов, заполняющих ядерные и электронные оболочки соответственно. С другой стороны, в моделях квантовой хромодинамики, которые широко используются для моделирования адронов и атомных ядер [5-8], нуклоны представляются как составные частицы, состоящие из кварков.

В работах [9-11] сформулирована модель метрики адронов, удовлетворяющая основным требованиям физики элементарных частиц и космологии, а также рассмотрена динамика кварков, взаимодействующих с полем Янга-Миллса. Получены результаты по магнитным моментам барионов, согласующиеся с экспериментом с высокой точностью. В работе [12] рассмотрено применение модели динамики кварков [8-9] к моделированию энергии связи нуклонов в атомных ядрах. Выведено уравнение энергии связи нуклонов в зависимости от содержания кварков. Показано, что кварки в ядрах образуют оболочки, аналогичные

электронным оболочкам. В настоящей работе развита объединенная модель электронных и ядерных оболочек, в которой электроны и кварки представляются как составные частицы, состоящие из элементарных частиц преонов. Показано, что в такой модели наблюдается симметрия ядерных и электронных оболочек.

Основные уравнения модели метрики адронов

Рассмотрим центрально-симметричную метрику вида [7-13]

$$\Psi = \eta_{ij} \omega^i \omega^j = -dt^2 + e^{2\nu} dr^2 + d\theta^2 + \sigma^2(\theta) d\varphi^2$$

$$\frac{d^2 \sigma}{d\theta^2} = -\kappa \sigma \quad (1)$$

$$\omega^1 = dt, \omega^2 = e^\nu dr, \omega^3 = d\theta, \omega^4 = \sigma d\varphi$$

Здесь $\eta_{ij} = \eta^{ij}$ - метрический тензор пространства Минковского сигнатуры $(- + + +)$, $\kappa = \text{const}$ - гауссова кривизна квадратичной формы $d\theta^2 + \sigma^2(\theta) d\varphi^2$, Функция $\nu = \nu(r, t)$ определяется путем решения уравнений Янга-Миллса [13]. Всюду, где не оговорено, используется система единиц, в которой константы скорости света и Планка равны единице.

Среди всех решений уравнений Янга-Миллса, в случае метрики (1), есть такое, которое выражается через эллиптическую функцию Вейерштрасса [13]. В этом случае уравнения модели приводятся к виду [9-12]:

$$A_{\tau\tau} = \frac{1}{2}(A^2 - \kappa^2), e^\nu = A_\tau, \quad \tau = t \pm r + \tau_0$$

$$A = \sqrt[3]{12} \wp(\tau / \sqrt[3]{12}; g_2, g_3), \quad (2)$$

$$b_{11} = -b_{22} = \frac{1}{3}A - \frac{\kappa}{6}, b_{33} = b_{44} = \frac{1}{6}A - \frac{\kappa}{3}, b_{12} = b_{21} = 0.$$

Здесь обозначено: g_2, g_3 - инварианты функции Вейерштрасса, причем $g_2 = \kappa^2 \sqrt[3]{12}$; τ_0 - свободный параметр, связанный с выбором начал

координат; $b_{ij} + b_{ji} - 2(\eta^{ij}b_{ij})\eta_{ij} = T_{ij}$ - тензор энергии-импульса материи.

Отметим, что в этих обозначениях уравнения Эйнштейна имеют вид

$$b_{ij} + b_{ji} + b\eta_{ij} = R_{ij} \quad (3)$$

$b = \eta^{ij}b_{ij}$; R_{ij} - тензор Риччи.

В метрике (2) можно определить дефект решетки типа пузыря. В области пузыря считаем, что $A^2 = \kappa^2$, а во внешней области решение зададим в виде (2), имеем

$$\begin{aligned} A^2 &= \kappa^2, e^\nu = 0, |\tau| < \tau_0 \\ A &= \sqrt[3]{12}\wp(\tau / \sqrt[3]{12}, g_1, g_2), e^\nu = A_\tau, |\tau| > \tau_0 \end{aligned} \quad (4)$$

На границах пузыря непрерывна функция A и ее первая производная,

$$\kappa = \sqrt[3]{12}\wp(\tau_0 / \sqrt[3]{12}, g_1, g_2), A_\tau = 0, |\tau| = \tau_0 \quad (5)$$

В частном случае решетки с инвариантами заданными в виде $g_2 = \sqrt[3]{12}, g_3 = 1$, находим первый ноль и соответствующее значение параметра метрики $\tau_0 = 3.0449983, \kappa = 2.1038034$. Отметим, что метрика во внутренней области пузыря является трехмерной, поскольку не содержит радиальной координаты. Действительно, используя уравнения (1) и (4), находим

$$\Psi = -dt^2 + d\theta^2 + \cos^2(\sqrt{\kappa}\theta + \theta_0)d\phi^2 \quad (6)$$

Аналогично строится решение для других корней второго уравнения (5). Все эти решения отличаются только размером пузыря, тогда как значение параметра κ не меняется.

Всякий пузырь можно вывернуть наизнанку, просто изменив на противоположные неравенства (4). В этом случае можно определить метрику во внешней области пузыря, используя решение первого уравнения (2), так, чтобы метрика внешнего пространства совпала с метрикой нашей Вселенной [9]. Наконец, третий тип частиц можно

составить как комбинацию двух первых, в результате возникает пузырь, ограниченный оболочкой конечной толщины.

Преобразуем метрику (6) к стандартному виду. Для этого умножим обе части выражения (6) на постоянное число $-K$ и введем новые переменные, отличающиеся от старых переменных на постоянный множитель $\sqrt{K}$, в результате находим

$$\Psi \rightarrow \Psi_1 = dt^2 - d\theta^2 - \sin^2 \theta d\varphi^2 \quad (7)$$

Метрика (7) использовалась для моделирования структуры барионов, в том числе протона и нейтрона [9-10], а также атомных ядер [11-12].

Динамика кварков

Для описания динамики кварков во внутренней области пузыря с метрикой вида (7) рассмотрим систему уравнений Дирака во внешнем поле Янга-Миллса. Отметим, что согласно (2) в метрике (7) тензор энергии импульса является постоянным. Следовательно, будем предполагать, что поле Янга-Миллса во внутренней области пузыря сводится к некоторой совокупности констант. В настоящей модели использованы три константы, а само поле описывается скалярным и векторным потенциалом

$$B_\mu^b = (\phi^b, A_\mu^b)$$

Кроме того, будем учитывать электромагнитное поле, которое генерируют кварки. Используя результаты работы [14], преобразуем уравнение Дирака к криволинейным координатам (7). Имеем систему уравнений

$$i\gamma^\mu (\nabla_\mu + iq_{ab}A_\mu^b)\psi_a = m_{ab}\psi_a \quad (8)$$

Здесь обозначено $\gamma^\mu, q_{ab}, A_\mu^b, \psi_a, m_{ab}$ - матрицы Дирака, параметры взаимодействия, векторный потенциал, волновая функция и эффективная

масса поля кварка a входящего в состав частицы b соответственно.

Матрицы Дирака в метрике (7) имеют вид

$$\gamma^0 = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 \end{pmatrix}, \quad \gamma^\varphi = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & -ie^{-i\varphi} \\ 0 & 0 & ie^{i\varphi} & 0 \\ 0 & ie^{-i\varphi} & 0 & 0 \\ -ie^{i\varphi} & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

$$\gamma^\theta = \begin{pmatrix} 0 & 0 & -\sin \theta & e^{-i\varphi} \cos \theta \\ 0 & 0 & e^{i\varphi} \cos \theta & \sin \theta \\ \sin \theta & -e^{-i\varphi} \cos \theta & 0 & 0 \\ -e^{i\varphi} \cos \theta & -\sin \theta & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

В этих обозначениях оператор Дирака в метрике (7) можно представить в форме

$$\gamma^\mu \nabla_\mu = \gamma^0 \partial_t + \gamma^\theta \partial_\theta + \frac{\gamma^\varphi}{\sin \theta} \partial_\varphi$$

Поскольку кварки обладают электрическим зарядом, они генерируют электромагнитное поле, посредством которого взаимодействуют друг с другом. Для описания этого взаимодействия используем уравнения квантовой электродинамики в форме

$$\alpha q_{ab} \bar{\psi}_a \gamma^\mu \psi_a = (\partial_t^2 - \nabla^2) A_e^\mu \quad (9)$$

Здесь $\alpha = e^2 / \hbar c$ - постоянная тонкой структуры, $\bar{\psi}_a = \psi_a^+ \gamma^0, \psi_a^+$ - сопряженный (по Эрмиту) вектор. Таким образом, предполагаем, что токи и заряды кварков суммируются, создавая коллективное поле, с которым кварки взаимодействуют в соответствии с уравнениями (8).

Система уравнений (8)-(9) использовалась для моделирования динамики кварков в случае барионов [10]. В простейшем случае, в котором учитывается только одно электромагнитное поле, модель содержит 15 нелинейных уравнений в частных производных. Для понижения порядка системы представим решение уравнений (8)-(9) в форме

$$\psi_a = e^{-i\omega t + iL\varphi} \begin{pmatrix} f_1(\theta) \\ f_2(\theta)e^{i\varphi} \\ if_3(\theta) \\ if_4(\theta)e^{i\varphi} \end{pmatrix}_a \quad (10)$$

Здесь L, ω - проекция углового момента на выделенную ось и энергия системы соответственно. Система уравнений Дирака для случая представления решения в форме (10), приводится к виду,

$$\begin{aligned} f'_1 &= (L + q_{ab}A_b \sin \theta)(f_1 \cot \theta + f_2) + f_2 + \\ & (m_{ab} + \omega - q_{ab}\Phi_b)(f_3 \sin \theta - f_4 \cos \theta) \\ f'_2 &= (L + q_{ab}A_b \sin \theta)(f_1 - f_2 \cot \theta) - f_2 \cot \theta - \\ & (m_{ab} + \omega - q_{ab}\Phi_b)(f_3 \cos \theta + f_4 \sin \theta) \\ f'_3 &= (m_{ab} - \omega + q_{ab}\Phi_b)(f_1 \sin \theta - f_2 \cos \theta) + \\ & (L + q_{ab}A_b \sin \theta)(f_3 \cot \theta + f_4) + f_4 \\ f'_4 &= -(m_{ab} - \omega + q_{ab}\Phi_b)(f_1 \cos \theta + f_2 \sin \theta) + \\ & (L + q_{ab}A_b \sin \theta)(f_3 - f_4 \cot \theta) - f_4 \cot \theta \end{aligned} \quad (11)$$

Здесь предполагается, что $A_b = A_e + A_{YM}, \Phi_b = \Phi_e + \Phi_{YM}$.

Отметим, что масса и заряд являются индивидуальными для каждого кварка, а момент и энергия всей системы выбираются из условия образования стоячих волн вдоль меридиональной координаты. Вычисляя ток в левой части уравнения (9) и оператор набла в правой части, находим уравнения, описывающие электродинамическую часть потенциала

$$\alpha q_{ab} \bar{\psi}_a \gamma^0 \psi_a = \alpha q_{ab} \left(\sum_{i=1}^4 f_i^2 \right)_a = -\Phi_e'' - \Phi_e' \cot \theta, \quad (12)$$

$$\alpha q_{ab} \bar{\psi}_a \gamma^\varphi \psi_a = 2\alpha q_{ab} (f_1 f_4 - f_2 f_3)_a = -A_e'' - A_e' \cot \theta + \frac{A_e}{\sin^2 \theta},$$

$$\bar{\psi}_a \gamma^\theta \psi_a = 0.$$

Здесь по индексу a осуществляется суммирование по всем кваркам, входящим в систему. Таким образом, в случае барионов задача сводится к решению системы из 14 обыкновенных дифференциальных уравнений.

Как известно, электромагнитные свойства элементарных частиц характеризуются электрическим зарядом и магнитным моментом. Поэтому параметры поля Янга-Миллса, фигурирующие в уравнениях (11), должны быть связаны с величиной заряда и магнитного момента системы кварков, которые определяются следующим образом

$$Q_b = \int dV q_{ab} \bar{\psi}_a \gamma^0 \psi_a = 4\pi \int_0^{\pi/2} d\theta \sin \theta q_{ab} \left(\sum_{i=1}^4 f_i^2 \right)_a \quad (13)$$

$$\mu_b = \frac{1}{2} \int dV [\mathbf{r} \times \mathbf{j}]_z = 2\pi\mu_q \int_0^{\pi/2} d\theta \sin^2 \theta q_{ab} \bar{\psi}_a \gamma^\varphi \psi_a =$$

$$4\pi\mu_q \int_0^{\pi/2} d\theta \sin^2 \theta \sum_a q_{ab} (f_1 f_4 - f_2 f_3)_a$$

В качестве единицы измерения массы возьмем 1 МэВ, тогда параметры поля Янга-Миллса, векторный потенциал и энергия системы будут выражаться в единицах МэВ. Единицей магнитного момента в этом случае является $\mu_q = 1.0219978 \mu_B$, где μ_B - магнетон Бора. Сомножителем здесь выступает удвоенная масса электрона, выраженная в принятых единицах массы.

Модель нуклонов

Влияние векторного потенциала на параметры барионов исследовалось в работе [10]. Было установлено, что масштаб изменения параметров векторного поля Янга-Миллса не превышает 1 МэВ. Следовательно, можно исключить это поле из рассмотрения, заменив его скалярным потенциалом, влияющим на эффективную массу кварков [11-12, 15]. Решение системы уравнений (11)-(12) с нулевым векторным

потенциалом Янга-Миллса можно получить в виде ряда по степеням параметра α . Для системы кварков основное состояние с нулевым моментом представляется в стандартном виде (10) с постоянными функциями f_i :

$$L = 0, f_1 = f_{ab}, f_2 = 0, f_3 = f_4 = g_{ab} \quad (14)$$

В случае (14) система уравнений (11) с нулевым векторным потенциалом приводится к виду:

$$2g_{ab} + (m_{ab} - \omega_{ab}) f_{ab} = 0, \omega_{ab} = -m_{ab} \quad (15)$$

Вычисляя компоненты 4-вектора тока, и используя первое условие нормировки (13), находим

$$\begin{aligned} j^0 &= f_{ab}^2 + g_{ab}^2 = (1 + m_{ab}^2) f_{ab}^2, \\ j^\varphi &= 2 f_{ab} g_{ab} \sin \theta = -2 m_{ab} f_{ab}^2 \sin \theta, \\ 4\pi j^0 &= 1, f_{ab}^2 = \frac{1}{4\pi(1 + m_{ab}^2)} \end{aligned} \quad (16)$$

Используем полученные результаты для вычисления магнитных моментов нейтрона и протона. Общие свойства исследуемых нуклонов и кварков представлены в таблицах 1-2. Если предположить, что в составе протона кварки типа u имеют противоположно направленные спины, а в составе нейтрона кварки d имеют противоположно направленные спины, тогда магнитный момент протона зависит от эффективной массы d кварка, а магнитный момент нейтрона зависит от эффективной массы u кварка. В этих предположениях находим

$$\mu_b / \mu_q = -\frac{2m_{ab}q_{ab}}{3(1 + m_{ab}^2)}, b = n, p; a = u, d. \quad (17)$$

В случае протона имеем $\mu_p / \mu_q = 1.5544916 \times 10^{-3}$, соответственно уравнение (17) имеет два корня

$$m_{dp} = 0.00699556 \text{ MeV}; 142.948 \text{ MeV}. \quad (18)$$

Для нейтрона $\mu_n / \mu_q = -1.06479466 \times 10^{-3}$, а эффективная масса u кварка имеет два значения:

$$m_{un} = 0.0023958 \text{ MeV}; 417.397 \text{ MeV} . \quad (19)$$

Следовательно, в каждом случае имеем два корня уравнения (17). Один из них соответствует очень малой энергии кварков порядка нескольких кэВ. Второй корень (18) близок к массе заряженного пи-мезона - 139.57018 МэВ, а второй корень (19) близок к величине массы трех пи-мезонов.

Таблица 1. Свойства барионов

Symbol	Spin	Charge	Mass	BaryonNumber	GFactor	Hypercharge	Isospin	QuarkContent
p	$\frac{1}{2}$	1	938.27203	1	5.585694713	1	$\frac{1}{2}$	{{DownQuark, UpQuark, UpQuark}}
p̄	$\frac{1}{2}$	-1	938.27203	-1	5.585694713	-1	$\frac{1}{2}$	{{DownQuarkBar, UpQuarkBar, UpQuarkBar}}
n	$\frac{1}{2}$	0	939.56536	1	-3.82608545	1	$\frac{1}{2}$	{{DownQuark, DownQuark, UpQuark}}
n̄	$\frac{1}{2}$	0	939.56536	-1	-3.82608545	-1	$\frac{1}{2}$	{{DownQuarkBar, DownQuarkBar, UpQuarkBar}}

Таблица 2. Свойства кварков

Symbol	Spin	Charge	Mass	BaryonNumber	Bottomness	Charm	Hypercharge	Isospin	Strangeness	Topness
u	$\frac{1}{2}$	$\frac{2}{3}$	2.2	$\frac{1}{3}$	0	0	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{2}$	0	0
ū	$\frac{1}{2}$	$-\frac{2}{3}$	2.2	$-\frac{1}{3}$	0	0	$-\frac{1}{3}$	$\frac{1}{2}$	0	0
d	$\frac{1}{2}$	$-\frac{1}{3}$	5.0	$\frac{1}{3}$	0	0	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{2}$	0	0
d̄	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{3}$	5.0	$-\frac{1}{3}$	0	0	$-\frac{1}{3}$	$\frac{1}{2}$	0	0

Моделирование энергии связи нуклонов в атомных ядрах

Как известно, нуклоны объединяются в атомные ядра под влиянием ядерных сил. Однако сами ядерные силы долгое время оставались загадкой, не смотря на многочисленные феноменологические модели [3-4]. Заметный прогресс в моделировании ядерных сил связан с развитием квантовой хромодинамики и численных моделей нуклонов и легких ядер [5-8, 16].

В работах [11-12] развита модель, которая позволяет объяснить природу ядерных сил динамикой кварков в метрике (7). Предполагается, что ядра состоят из оболочек с метрикой типа (7) и глюонного конденсата, для описания которого используются модели [17-20]. В работе [12] получено уравнение энергии связи нуклонов в атомных ядрах путем разложения по степеням плотности кварков в виде

$$E_b / (N + Z) = m_p n_p + m_n n_N - \zeta_u n_u - \zeta_d n_d + Q_u n_u^2 r_q^2 + Q_d n_d^2 r_q^2 + Q_{ud} n_u n_d r_q^2 + Q_{np} (n_u n_d)^3 + Q_{npnp} (n_u n_d)^6 \quad (20)$$

Здесь $n_p = Z / (Z + N)$, $n_N = N / (Z + N)$ – плотность протонов и нейтронов; $n_u = (2Z + N) / (Z + N)$, $n_d = (Z + 2N) / (Z + N)$ – плотность двух видов кварков; Q_i – параметры взаимодействия кварков, учитывающих вклад кластеров дейтрона и альфа-частиц в энергию связи; $m_p Z$, $m_n N$ – суммарная масса протонов и нейтронов, входящих в состав ядра; ζ_u , ζ_d – химический потенциал u и d кварков соответственно; r_q – средний радиус кварковой оболочки.

Для замыкания модели положим

$$V = \frac{4}{3} \pi r_q^3 = Z + N, \zeta_u = \sqrt{m_u^2 + \zeta_0^2 n_u^{2/3}}, \zeta_d = \sqrt{m_d^2 + \zeta_0^2 n_d^{2/3}} \quad (21)$$

Первое уравнение (21) описывает зависимость объема и среднего радиуса кварковой (ядерной) оболочки от числа нуклонов, второе и третье уравнения (21) описывают зависимость химического потенциала ферми-газа релятивистских частиц от их плотности [21]. Фигурирующий в этих уравнениях масштабный множитель зададим как среднюю величину максимальной энергии из выражений (18) и (19), следовательно

$$\zeta_0 = (142.948 + 417.397) / 2 = 280.173 \text{ MeV} \quad (22)$$

Модель (20)-(22) получена в следующих предположениях:

1) каждый нуклон в ядре диссоциирует на отдельные кварки, которые образуют кварковые оболочки. Эти оболочки заполняются последовательно, подобно тому, как заполняются электронные оболочки. Поскольку же нуклоны состоят из двух типов кварков, то существуют оболочки двух типов, которые заполняются u и d кварками соответственно. В этом случае энергия связи, приходящаяся на один нуклон, зависит от концентрации кварков в оболочках и от энергии взаимодействия кварков;

2) кварки каждого типа образуют ферми-газ, обладающий химическим потенциалом как у релятивистских частиц. Отметим, что обычно это предположение относится к самим нуклонам, поэтому стандартная формула энергии связи содержит слагаемое, описывающее кинетическую энергию нуклонов [4, 22-24];

3) при диссоциации масса нуклона расходуется на возбуждение кинетической энергии кварков и на создание связей между кварками;

4) во внутренней области пузыря кварки объединяются в кластеры протонов, нейтронов, ядер дейтрона и альфа-частиц.

Отметим, что выражение (23) позволяет моделировать с высокой точностью энергию связи нуклонов в ядрах изотопов различных элементов [12]. Кластеры ядер легких элементов, кроме водорода и гелия, не учитываются в модели (20), но, очевидно, что их учет сводится только к переопределению параметров модели.

Полагая в уравнении (23) $Q_u = Q_d = 0$ приходим к модели с тремя параметрами – рис. 1, в которой выделен вклад парного взаимодействия кластеров протонов и нейтронов. Среднее значение параметра взаимодействия кластеров нуклонов составляет $\langle Q_{np} \rangle = 2.4321 \text{ MeV}$, что близко к массе u кварка. Среднее значение параметра взаимодействия кварков составляет при этом всего $\langle Q_{ud} \rangle = 0.1847 \text{ MeV}$.

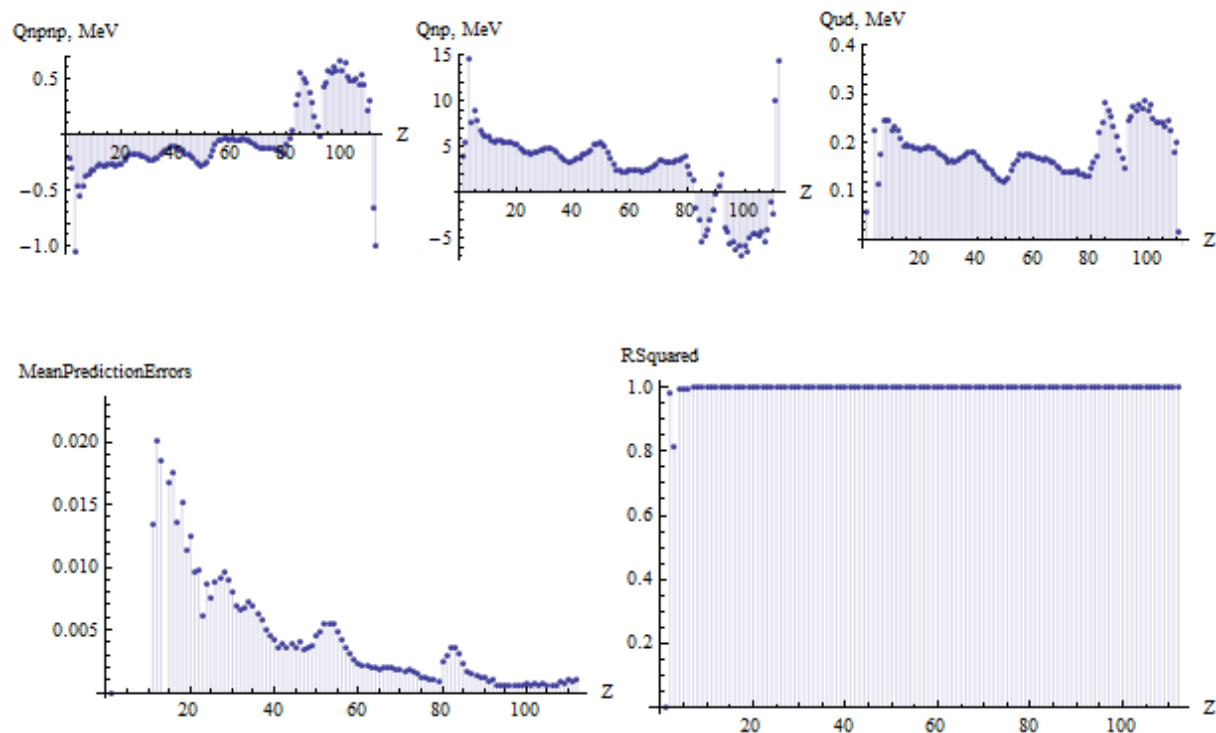


Рис. 1. Зависимость параметров взаимодействия кварков и кластеров нуклонов в ядрах изотопов различных химических элементов от числа протонов.

Структура кварковых оболочек

Правило заполнения кварковых оболочек с учетом образования кластеров может быть выведено из представленной выше динамической модели [12]. Учитывая, что энергия связи кварков относительно мала, а энергия связи кластеров нуклонов приблизительно равна массе кварка, можно предположить, что наиболее вероятной комбинацией является сочетание трех кварков. При этом образуются кластеры, похожие по своим свойствам на нуклоны. Согласно первому уравнению (16) плотность кварков во внутренней области пузыря является постоянной. Следовательно, состояние такой системы определяется только энергией.

Сформулируем правило заполнения оболочек: если две частицы обладают энергией E_i каждый, то вероятность того, что третья частица

обладающая энергией E_{i+1} образует с ними кластер, пропорциональна величине $-E_{i+1}E_i^2$ (знак минус обусловлен тем, что энергия связи является отрицательной, тогда как вероятность является положительной величиной). Поскольку статистика кварков определяется распределением Ферми, то в результате приходим к модели, исследованной в работах [25-27]:

$$-E_{i+1}E_i^2 = \frac{KT^3}{\exp[(E_i - \zeta_q)/T] + 1} \quad (23)$$

Здесь ζ_q, T, K - энергия, химический потенциал, температура системы и параметр модели соответственно. Все размерные величины в модели (24) имеют размерность МэВ.

На рис. 2 представлена бифуркационная диаграмма модели (23), по которой определяется правило заполнения кварковых оболочек. Мы предполагаем, что вся диаграмма в целом описывает ядерные и электронные оболочки. Действительно, как следует из данных, приведенных на рис. 2, существует два типа оболочек, которые соответствуют малой и большой величине параметра K , а также два типа оболочек с малой и большой величиной отношения энергии к температуре при заданной величине параметра K .

Далее заметим, что в случае адиабатического расширения релятивистского газа фермионов выполняется соотношение [21]:

$$VT^3 = const \quad (24)$$

Отсюда находим, что $T = T_0 r_0 / r_q$, где параметры T_0, r_0 характеризуют состояние ядра. Следовательно, уровни энергии определяются в модели (23) в следующей универсальной форме

$$x_{i+1}x_i^2 = \frac{K}{\exp(-x_i + b) + 1},$$

$$E_i = -\frac{x_i T_0 r_0}{r_q}, b = -\frac{\mu_q}{T} \quad (25)$$

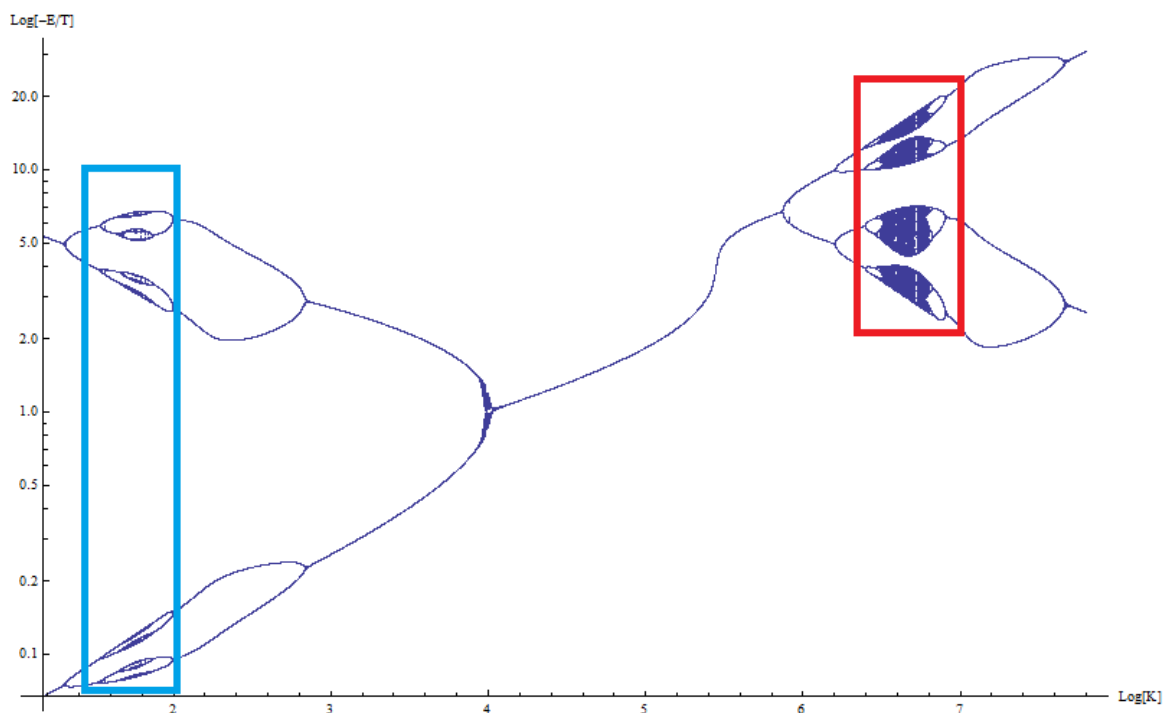


Рис. 2. Бифуркационная диаграмма модели (23) иллюстрирующая правило заполнения оболочек в атомах и в ядрах (оболочки выделены синей и красной рамкой соответственно).

Адиабатические процессы связывают электронные и ядерные оболочки путем обмена частицами в реакциях бета-распада. Можно предположить, что процесс обмена частицами в указанных реакциях осуществляется за счет изменения масштаба оболочек при выполнении условия (24). Тогда из (25) находим, что масштаб плотности энергии изменяется как отношении радиуса электронной орбиты к радиусу ядра, что составляет порядка 10^4 . Параметр модели при этом изменяется в

пределах $4.5 \leq K \leq 1000$. Следовательно, в случае адиабатических процессов имеем оценку

$$K = K_1 (r_1 / r_q)^\kappa. \quad (26)$$

Здесь параметры K_1, κ характеризуют состояние атома.

Таким образом, теория кварковых оболочек позволяет объединить электронные и ядерные оболочки в рамках одной модели.

Теория преонов и симметрия электронных и ядерных оболочек

Возникает вопрос, если кварковые оболочки охватывают и электронные оболочки, то, что тогда представляют собой электроны? Рассмотрим теорию [28-31], согласно которой электроны и кварки состоят из элементарных частиц преонов. Свойства преонов и составных частиц – кварков и электронов, приведены в таблице 3.

Таблица 3. Свойства преонов и составных частиц [28-29]

Частица	Символ	Спин	Заряд	Состав
Преон	α	$\frac{1}{2}$	$1/3$	
Преон	β	$\frac{1}{2}$	$-2/3$	
Преон	δ	$\frac{1}{2}$	$1/3$	
Антидипреон		0	$1/3$	$\{ \bar{\beta} \bar{\delta} \}$
Антидипреон		0	$-2/3$	$\{ \bar{\alpha} \bar{\delta} \}$
Антидипреон		0	$1/3$	$\{ \bar{\alpha} \bar{\beta} \}$
Кварк	u	$\frac{1}{2}$	$2/3$	$\{ \alpha \bar{\beta} \bar{\delta} \}$
Кварк	d	$\frac{1}{2}$	$-1/3$	$\{ \beta \bar{\beta} \bar{\delta} \}$
Электрон	e^-	$\frac{1}{2}$	-1	$\{ \beta \bar{\beta} \delta \}$

Приведенная выше модель кварковых оболочек (24)-(27) и ее бифуркационная диаграмма на рис. 2 не меняется при учете структуры кварков и электронов. Но правило заполнения относится в этом случае к

преонам, а не к кваркам и электронам. В результате такой замены возникает симметрия электронных и кварковых оболочек.

Сформулируем модель энергии связи с учетом наличия структуры электронов и кварков:

- 1) каждый нуклон в ядре диссоциирует на отдельные кварки, которые распадаются на преоны;
- 2) преоны каждого типа образуют ферми-газ, обладающий химическим потенциалом как у релятивистских частиц;
- 3) при диссоциации масса нуклона расходуется на возбуждение кинетической энергии преонов и на создание связей между преонами;
- 4) во внутренней области пузыря преоны объединяются в кластеры кварков, электронов, протонов, нейтронов, ядер дейтрона, альфа-частиц и других ядер;
- 5) существует симметрия электронных и ядерных оболочек заключающаяся в последовательности заполнения электронных и протонных оболочек.

С учетом сделанных предположений выражение энергии связи (20) принимает вид:

$$E_b / (N + Z) = m_p n_p + m_n n_N + m_e n_e - \sum_{i=1}^5 \zeta_i n_i + \dots \quad (27)$$

Здесь n_e – плотность электронов, ζ_i, n_i – химический потенциал и плотность пяти видов преонов, фигурирующих в составе кварков и электронов. Уравнение (27) можно рассматривать как общую модель атома, с учетом энергии связи ядра и электронных оболочек в совокупности с моделью (25), описывающей правило заполнения ядерных и электронных оболочек. Однако реально вклад преонов в энергию связи нуклонов не отличается от вклада, который дают кварки, согласно уравнению (20). Поэтому сохраняются все результаты, полученные на основе модели кварковых оболочек [12].

Наконец, заметим, что модель преонов является сектором в расширении Стандартной модели на основе теории узлов [30-32]. В этом смысле предложенная выше модель преоновых оболочек является расширением стандартной квантовой теории, объясняющей строение атомов и атомных ядер [1-4]. Как известно, подобие в строении ядерных и электронных оболочек было установлено методами квантовой механики на основе принципа Паули [3-4]. В настоящей работе показано, что существует симметрия в организации ядерных и электронных оболочек, обусловленная наличием единого механизма заполнения оболочек гипотетическими частицами преонами.

References

1. Зоммерфельд А. Строение атома и спектры. Том 1, 2. М.: ГИТТЛ, 1956.
2. Гейзенберг В. Замечания к теории атомного ядра// УФН (1), 1936.
3. Maria Goeppert-Mayer. On Closed Shells in Nuclei// Phys. Rev. Vol. 74; 1948; Phys. Rev. Vol. 75; 1949.
4. Иваненко Д.Д., Периодическая система химических элементов и атомное ядро // Д.И.Менделеев. Жизнь и труды, АН СССР, М., 1957, с.66-100.
5. Stephen R. Cotanch. THEORETICAL STUDIES OF HADRONS AND NUCLEI/ Rep. 27695-8202, North Carolina State University, Raleigh, North Carolina, 2006.
6. S. Durr, Z. Fodor, J. Frison *et all*. Ab Initio Determination of Light Hadron Masses// Science, 21 November 2008: Vol. 322, no. 5905 pp. 1224-1227.
7. G. Colangelo et al., Review of lattice results concerning low energy particle physics, Eur. Phys. J. C 71 (2011) 1695, arXiv:1011.4408.
8. H. Leutwyler. Progress in understanding Quantum Chromodynamics/ Schladming Winter School 2012. <http://www.leutwyler.itp.unibe.ch/data/2012Schladming.pdf>
9. Трунев А.П. Моделирование метрики адронов на основе уравнений Янга-Миллса // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2012. – №10(84). С. 874 – 887. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2012/10/pdf/68.pdf>, 0,875 у.п.л.
10. Трунев А.П. Динамика кварков в метрике адронов и структура барионов // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2013. – №01(85). С. 525 – 542. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2013/01/pdf/42.pdf>
11. Трунев А.П. Динамика кварков в метрике барионов и структура ядра // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2013. – №01(85). С. 623 – 636. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2013/01/pdf/49.pdf>

12. Trunev A.P. QUARK DYNAMICS IN ATOMIC NUCLEI AND QUARK SHELLS// Network electronic scientific journal of the Kuban State Agrarian University (The Journal KubGAU) [electronic resource]. - Krasnodar KubGAU, 2012.
13. Л.Н. Кривоносов, В.А. Лукьянов. Полное решение уравнений Янга-Миллса для центрально-симметричной метрики// Journal of Siberian Federal University, Mathematics & Physics 2011, 4(3), 350-362.
14. V. Dzhunushaliev. Canonical conjugated Dirac equation in a curved space// arXiv:1202.5100, Feb. 25, 2012.
15. J.J.J. Kokkedee. The Quark Model. – W.A. Benjamin Inc., NY-Amsterdam, 1969.
16. S. Quaglioni, P. Navratil, R. Roth, and W. Horiuchi. From nucleons to nuclei to fusion reactions // arXiv: 1203.0268 [nucl-th]
17. V. Dzhunushaliev. Scalar model of the glueball// Hadronic J. Suppl. 19, 185 (2004); <http://arxiv.org/pdf/hep-ph/0312289v4.pdf>
18. V. Dzhunushaliev. SU(3) glueball gluon condensate//arXiv:1110.1427 [hep-ph].
19. Трунев А.П. Моделирование массы адронов и энергии возбужденных состояний атомных ядер в модели глюонного конденсата // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2012. – №07(81). С. 545 – 554. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2012/07/pdf/40.pdf>
20. Alexander Trunev. Hadrons mass spectrum and the gluon thermodynamics//Chaos and Correlation, Nov. 25, 2012, http://chaosandcorrelation.org/Chaos/CR_2_11_2012.pdf
21. Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. Теоретическая физика. Т. 5. – Москва, «Наука», 1976.
22. P. Leboeuf. Regularity and chaos in the nuclear masses/ Lect. Notes Phys. 652, Springer, Berlin Heidelberg 2005, p.245, J. M. Arias and M. Lozano (Eds.).
23. 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>
24. 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. 491 – 514. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2012/07/pdf/37.pdf>
25. Volov D. B. Specific behavior of one chaotic dynamics near the fine-structure constant//arXiv:1205.6091,05/2012, <http://arxiv.org/pdf/1302.3163.pdf>
26. Трунев А.П. Бифуркация энергии связи и хаос в атомных ядрах// Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2012. – №05(79). С. 403 – 413. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2012/05/pdf/28.pdf>
27. Трунев А.П. Хаос и фазовые переходы в атомных ядрах // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2012. – №07(81). С. 515 – 523. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2012/07/pdf/38.pdf>
28. Jean-Jacques Dugne, Sverker Fredriksson, Johan Hansson, Enrico Predazzi. Preon Trinity - a new model of leptons and quarks// arXiv:hep-ph/9909569v3

29. Sverker Fredriksson. Preon Prophecies by the Standard Model// arXiv:hep-ph/0309213v2
30. Sundance O. Bilson-Thompson, Fotini Markopoulou, Lee Smolin. Quantum gravity and the standard model// arXiv:hep-th/0603022v2
31. Robert J. Finkelstein. The Preon Sector of the $SL_q(2)$ (Knot) Model
//arXiv:1301.6440v1 [hep-th] 28 Jan 2013
32. Finkelstein R.J. An $SL_q(2)$ Extension of the Standard Model// arXiv:1205.1026v3