Решение задачи взаимодействия между множеством диполей, описывающих массу кварков

Е.Г. Якубовский

НМСУГ e-mail yakubovski@rambler.ru

Рассматривается модель кварков, как совокупности частиц вакуума. Такая модель оправдана сведением уравнения Шредингера к уравнению Навье – Стокса см. [1],[2]. Вероятностные свойства частиц обусловлены взаимодействием частиц вакуума. Имеется простая формула, связывающая импульс частиц вакуума, и волновую функцию, описываемую уравнением Шредингера. Это позволяет рассматривать квантовое состояние с помощью уравнения движения Ньютона, описывающего множество частиц вакуума. Частицы вакуума являются диполями, с малым расстоянием между зарядами, образующими диполь. Тогда действующая на частицы вакуума сила обратно пропорциональна третьей степени радиуса. Движение частиц вакуума в ядре атома сводится к движению трех частиц. При этом рассматривая две силы, действующие на одну частицу, положения равновесия при расположении частиц вдаль прямой линии, извлекается корень третьей степени из радиуса, что приводит к 3 парам координат положения равновесия, описывающие энергии три пары кварков.

Определим приближенно момент диполя, используя заряд кварка при количестве диполей $N/2 = m_d/(2m_\gamma)$. Количество частиц надо дополнительно разделить на два, так как имеются положительные и отрицательные заряды

$$\frac{m_d}{2m_\gamma}\frac{e^2(\mathbf{r},\mathbf{l}_p)}{r^3} = \frac{e^2}{r}.$$

Откуда имеем

$$\exp(i\theta_u) \sim \frac{2m_\gamma r_u}{m_u l_\gamma} = \frac{2\lambda_u r_u}{r_\gamma^2} = \frac{2r_u r_u}{r_\gamma^2} = 10\frac{r_u}{r_e};$$

$$\exp(i\theta_d) \sim \frac{2m_\gamma r_d}{m_d l_\gamma} = \frac{2\hbar r_d}{137 m_d c r_\gamma^2} = \frac{2\lambda_d r_d}{137 r_\gamma^2} = 10\frac{r_d}{r_e};$$

Где воспользовались свойствами частиц вакуума $\frac{m_\gamma}{l_\gamma} = \frac{\hbar}{137 c r_\gamma^2}$ и свойством $r_\gamma = \sqrt{r_u r_{ge}/5}$, см. [2], где описаны свойства частиц вакуума, где $r_{ge} = \frac{e^2}{m_e c^2}$ электромагнитный радиус электрона, $r_u = \frac{4e^2}{9m_u c^2}, r_d = \frac{e^2}{9m_d c^2}$.

Величины r_u, r_d (физический смысл комплексных величин см. [2], действительная часть описывает среднее, а мнимая часть среднеквадратичное отклонение, при усреднении по начальным данным или шероховатостям) являются комплексными в ядрах, откуда следует формула

$$\exp(i\theta_u) = \frac{r_u}{|r_u|}; \exp(i\theta_d) = \frac{r_d}{|r_d|}$$

Сила статического взаимодействия между двумя диполями, в системе центра инерции, при отсутствии в этой координатной системе сил, пропорциональных скорости

$$F_p = -\nabla_p \frac{q^2}{r_{pq}} = -\nabla_p \frac{e^2\sqrt{(\mathbf{r}_{pq},\mathbf{l}_p)(\mathbf{r}_{pq},\mathbf{l}_q)}}{r_{pq}^3} =$$

$$= \frac{3e^2\mathbf{r}\sqrt{(\mathbf{r}_{pq},\mathbf{l}_p)(\mathbf{r}_{pq},\mathbf{l}_q)}}{r^5} - \frac{\mathbf{l}_q\sqrt{(\mathbf{r}_{pq},\mathbf{l}_p)}}{2\sqrt{(\mathbf{r}_{pq},\mathbf{l}_q)}r^3} - \frac{\mathbf{l}_p\sqrt{(\mathbf{r}_{pq},\mathbf{l}_q)}}{2\sqrt{(\mathbf{r}_{pq},\mathbf{l}_p)}r^3}$$

Диполи направлены противоположно суммарному электромагнитному полю. При этом релятивистское уравнение движения частиц вакуума в ядре атома

$$\frac{d^2\mathbf{r}_p}{d\tau^2}=\frac{e^2 l_\gamma}{m_\gamma c^2 r_A^2}\sum_{\substack{k=1\\k\neq p}}^{N}[\frac{3\mathbf{r}_{kp}\sqrt{(\mathbf{r}_{kp},\mathbf{d}_p)(\mathbf{r}_{kp},\mathbf{d}_k)}}{r_{kp}^5}-\frac{\mathbf{d}_p\sqrt{(\mathbf{r}_{kp},\mathbf{d}_k)}}{2\sqrt{(\mathbf{r}_{kp},\mathbf{d}_p)}r_{kp}^3}-\frac{\mathbf{d}_k\sqrt{(\mathbf{r}_{kp},\mathbf{d}_p)}}{2\sqrt{(\mathbf{r}_{kp},\mathbf{d}_k)}r_{kp}^3}]=$$

$$=\frac{e^2 l_\gamma N}{2m_\gamma c^2 r_A^2}\mathbf{f}_p=\frac{r_\gamma^2}{r_A^2}\frac{m_d}{2m_\gamma}\mathbf{f}_p;\mathbf{r}_{kp}=\mathbf{r}_k-\mathbf{r}_p,\mathbf{d}_p=\mathbf{l}_p/l,$$

Безразмерные величины $\mathbf{r}_p,\tau$ определяются по формуле $\mathbf{u}_p=\mathbf{r}_p\cdot r_A;t=\tau\frac{r_A}{c},r_A=1.3\cdot 10^{-13}cm$ и имеют порядок единицы. Переменная $\mathbf{u}_p$ это декартова координата p частицы.

При этом в силу случайности правой части дифференциального уравнения решение задачи содержит математическое ожидание и среднеквадратичное отклонение, т.е. решение комплексное. Таков физический смысл комплексного решения. действительная часть соответствует среднему решению, а мнимая часть среднеквадратическому отклонению. Усреднение ведется по не точно заданным начальным условиям, или степени шероховатости.

В ядре протона нижние кварки образуют комплексно сопряженный радиус, а радиус верхнего кварка мнимый. В ядре нейтрона верхние кварки образуют комплексно сопряженный радиус, а нижний кварк образует мнимый радиус. Должен образоваться мнимый радиус, чтобы комплексные величины r_u,r_d, вычисленные по формуле (2) имели положительный и отрицательный знак мнимой части.

При этом уравнение движения d кварка в протоне имеет вид

$$\frac{d^2\mathbf{r}_d}{d\tau^2}=\frac{r_\gamma^2}{r_A^2}\frac{m_d}{2m_\gamma}\{\frac{\mathbf{r}_u-i\mathbf{r}_d}{|\mathbf{r}_u-i\mathbf{r}_d|^4}[3\exp[i(\theta_u+\theta_d)/2]-\exp[i(\theta_u+\theta_d)/2]]+$$

$$+\frac{\mathbf{r}_u^*+i\mathbf{r}_d}{|\mathbf{r}_u^*+i\mathbf{r}_d|^4}2\exp[-i(\theta_u+\theta_d)/2]\}=$$

$$=\frac{r_\gamma^2}{r_A^2}\frac{m_d}{2m_\gamma}[\frac{\mathbf{r}_u-i\mathbf{r}_d}{|\mathbf{r}_u-i\mathbf{r}_d|^4}m_1+\frac{\mathbf{r}_u^*+i\mathbf{r}_d}{|\mathbf{r}_u^*+i\mathbf{r}_d|^4}m_1^*]$$

Уравнение движения u_1 кварка имеет вид

$$\frac{d^2\mathbf{r}_u}{d\tau^2}=\frac{r_\gamma^2}{r_A^2}\frac{m_u}{2m_\gamma}\{\frac{i\mathbf{r}_d-\mathbf{r}_u}{|\mathbf{r}_u-i\mathbf{r}_d|^4}\exp[i(\theta_u+\theta_d)/2]-$$

$$-\frac{\mathbf{r}_u^*-\mathbf{r}_u}{|\mathbf{r}_u^*-\mathbf{r}_u|^4}2\}=-\frac{r_\gamma^2}{r_A^2}\frac{m_u}{2m_\gamma}[\frac{\mathbf{r}_d-\mathbf{r}_u}{|\mathbf{r}_u-i\mathbf{r}_d|^4}m_1-\frac{\mathbf{r}_u^*-\mathbf{r}_u}{|\mathbf{r}_u^*-\mathbf{r}_u|^4}m_3]$$

Уравнение движения u_2 кварка имеет вид

$$\frac{d^2\mathbf{r}_u^*}{d\tau^2}=\frac{r_\gamma^2}{r_A^2}\frac{m_u}{2m_\gamma}\{\frac{-i\mathbf{r}_d-\mathbf{r}_u^*}{|-i\mathbf{r}_d-\mathbf{r}_u^*|^4}\exp[-i(\theta_u+\theta_d)/2]+$$

$$+\frac{\mathbf{r}_u^*-\mathbf{r}_u}{|\mathbf{r}_u^*-\mathbf{r}_u|^4}2\}\}=-\frac{r_\gamma^2}{r_A^2}\frac{m_u}{2m_\gamma}[\frac{-i\mathbf{r}_d-\mathbf{r}_u^*}{|\mathbf{r}_u^*+i\mathbf{r}_d|^4}m_1^*+\frac{\mathbf{r}_u^*-\mathbf{r}_u}{|\mathbf{r}_u^*-\mathbf{r}_u|^4}m_3]$$

Величина коэффициента пропорциональности равна

$$m_1=2\exp[i(\theta_u+\theta_d)/2], m_2=2\exp[-i(\theta_u+\theta_d)/2], m_3=2\,,$$

т.е. зависит от одного параметров и является константой для протона.

Если задать силу взаимодействия между двумя диполями по формуле

$$F_p=-\nabla_p\frac{q^2}{r_{pq}}=-\nabla_p\frac{e^2\sqrt{(\mathbf{r}_{pq},\mathbf{l}_p)(\mathbf{r}_{pq},\mathbf{l}_q)}}{r_{pq}^3}=$$

$$=\frac{3e^2\mathbf{r}_{pq}\sqrt{(\mathbf{r}_{pq},\mathbf{l}_p)(\mathbf{r}_{pq},\mathbf{l}_q)}}{r_{pq}^5}-\frac{\mathbf{l}_q\sqrt{(\mathbf{r}_{pq},\mathbf{l}_p)}}{2\sqrt{(\mathbf{r}_{pq},\mathbf{l}_q)}r_{pq}^3}-\frac{\mathbf{l}_p\sqrt{(\mathbf{r}_{pq},\mathbf{l}_q)}}{2\sqrt{(\mathbf{r}_{pq},\mathbf{l}_p)}r_{pq}^3},$$

то для лежащих на одной прямой кварков эта сила равна

$$F_p=\frac{2e^2\mathbf{r}_{pq}\sqrt{(\mathbf{r}_{pq},\mathbf{l}_p)(\mathbf{r}_{pq},\mathbf{l}_q)}}{r_{pq}^5}.$$

Причем если в первом случае $l_u/|l|=\exp(i\theta_u)l_d/|l|=\exp(i\theta_d)$, то во втором случае $l_u/|l|=\exp(2i\sin\theta_u);l_d/|l|=\exp(2i\sin\theta_d)$; причем угол является фазой комплексного радиуса $\theta_u=\arg r_u,\theta_d=\arg r_d$. При этом коэффициенты пропорциональности $m_l, l=1,...,3$ равны

$$m_1=2\exp[i(\sin\theta_u+\sin\theta_d)], m_2=2\exp[-i(\sin\theta_u+\sin\theta_d)], m_3=2$$

Определим координаты положения равновесия этой системы нелинейных уравнений. Они являются комплексными. Третье уравнение по определению координат положения равновесия следует из первых двух.

При этом орбитальный момент кварков равен нулю, что соответствует равномерному распределению частиц вакуума на поверхности сферы. При этом свойства кварков зависят только от радиуса, и имеем одномерное распределение кварков вдоль радиуса. Уравнения по определению координат положений равновесия трех тел, лежащих на одной линии следующие

$$\begin{gathered}\frac{m_1}{(r_u - ir_d)^3} - \frac{m_2}{(-ir_d - r_u^*)^3} = 0 \\ \frac{m_3}{(r_u - r_u^*)^3} + \frac{m_1}{(ir_d - r_u)^3} = 0 \\ \frac{m_3}{(r_u - r_u^*)^3} - \frac{m_2}{(-ir_d - r_u^*)^3} = 0 \\ m_1^* = m_2,\end{gathered} \tag{1}$$

Для второго уравнения (1) определяется знак плюс для второго члена, так как в уравнениях в векторном виде в числителе содержат множитель $\mathbf{r}_d - \mathbf{r}_u$ для второго члена второго уравнения (1). И противоположное значение $\mathbf{r}_u - \mathbf{r}_d$ во втором члене третьего уравнения (1). Откуда имеем соотношение из второго и третьего уравнения (1)

$$\frac{r_u - r_u^*}{r_u - ir_d} = \exp(2\pi ip/3)\sqrt[3]{\frac{m_3}{m_1}}, \frac{r_u - r_u^*}{-ir_d - r_u^*} = \sqrt[3]{\frac{m_3}{m_1^*}}\exp(-2\pi ip/3)$$

Откуда имеем систему по определению координат

$$\begin{gathered}r_u[1 - \exp(2\pi ip/3)\sqrt[3]{\frac{m_3}{m_1}}] - r_u^* = -ir_d \exp(2\pi ip/3)\sqrt[3]{\frac{m_3}{m_1}} \\ r_u - r_u^*[1 - \exp(-2\pi ip/3)\sqrt[3]{\frac{m_3}{m_1^*}}] = -ir_d \exp(-2\pi ip/3)\sqrt[3]{\frac{m_3}{m_1^*}}\end{gathered}. \tag{2}$$

Энергия нуклона складывается из электромагнитной энергии кварков и кинетической энергии. Определим орбитальную скорость кварков, в случае если масса является электромагнитной, для чего воспользуемся определением момента, причем радиус положения части кварков сокращается

$$\frac{e^2}{rc^2}ucr = \hbar .$$

Откуда для релятивистской скорости имеем $u = \frac{V}{c\sqrt{1-V^2/c^2}} = \frac{\hbar c}{e^2} = 137$.

Откуда имеем $\frac{V^2}{c^2} = \frac{137^2}{137^2+1}$. При этом полная энергия u кварка равняется

$$E_u = \frac{e^2}{r}\frac{1}{\sqrt{1-V^2/c^2}} = \frac{e^2}{r}\sqrt{137^2+1}.$$

Приведенные оценки показывают, что определение массы кварков по массе элементарных частиц не корректны, так как кварки в ядре вращаются и колеблются с огромной скоростью.

При этом энергия протона, где используется средний радиус кварков, равна

$$E_p = m_p c^2 = \sqrt{137^2+1}e^2(\frac{1}{r_u} + \frac{1}{r_u^*} + \frac{1}{ir_d}) = \frac{\sqrt{137^2+1}e^2}{ir_d}(\frac{1}{\alpha} - \frac{1}{\alpha^*} + 1). \quad (3)$$

Где считаем кварки распределенными, от нулевого значения радиуса, до записанного в формуле (3), при этом их энергия определяется максимальным значением радиуса кварков.

Откуда имеем $r_d = \frac{\sqrt{137^2+1}e^2}{im_p c^2}(\frac{1}{\alpha} - \frac{1}{\alpha^*} + 1)$. Значит $r_u = i\alpha r_d, r_u^* = -i\alpha^* r_d$

Где величина массы кварков равна

$$m_d = \frac{e^2}{r_d c^2} = \frac{938.273Mev}{137(2\,\mathrm{Im}\frac{1}{\alpha} - i)} = \frac{938.273Mev}{137[2\frac{\mathrm{Im}\alpha}{(\mathrm{Re}\alpha)^2 + (\mathrm{Im}\alpha)^2} - i]} = 3.92Mev,$$

$$\mathrm{Im}\frac{1}{\alpha} \approx (\frac{938.273}{137\cdot 4.83} + i)/2 = 0.86, \alpha = 1.4i$$

$$m_u = \frac{e^2}{r_u c^2} = \frac{m_p}{137\alpha(2\,\mathrm{Im}\frac{1}{\alpha} - i)} = \frac{6.841}{\alpha(2\,\mathrm{Im}\frac{1}{\alpha} - i)} = \frac{6.841}{1.4\cdot 1.74} = 2.81Mev,$$

Для нейтрона получим следующий результат

$$m_u = \frac{e^2}{r_u c^2} = \frac{939.565}{137(2\operatorname{Re}\frac{1}{\beta} - i)} = \frac{939.565}{137[2\frac{\operatorname{Im}\beta}{(\operatorname{Re}\beta)^2 + (\operatorname{Im}\beta)^2} - i]} = 2.47Mev,$$

$$\operatorname{Re}\frac{1}{\beta} \approx (\frac{939.565}{137 \cdot 2.24} - i)/2 = 1.03, \beta = 0.383 + 0.33i$$

$$m_d = \frac{e^2}{r_d c^2} = \frac{m_p}{137\beta(2\operatorname{Re}\frac{1}{\beta} - i)} = \frac{6.858}{\beta(2\operatorname{Re}\frac{1}{\beta} - i)} = \frac{6.858}{\sqrt{0.383^2 + 0.33^2}\, 2.78} = 4.89Mev,$$

Так как радиусы частиц комплексные, они учитывают колебание около среднего значения и определяют полную энергию системы. Решается не уравнение Шредингера и мнимая часть массы имеет другой смысл. Мнимая часть не определяет время существования состояния, а определяется среднеквадратичное отклонение от среднего решения, являющегося действительной части массы или энергии.

Аналогично исследуются c, s кварки, по сходимости итерационной схемы при разных числах p.

Уравнение (2) является сходящимся, задавая начальное приближение, удается вычислить стационарное значение. Но при $p = 1$ получаются три стационарных значения, периодически чередующиеся, что связано с периодичностью формулы (2). Но удается определить из строения ядра в случае парных частиц $(u, u, d), (d, d, u)$ или $(c, c, s), (s, s, c)$ отношение масс частиц, или обратную величину отношения масс. Кварк t за ядерное время распадается. Стабильную систему не образует, и поэтому вычисление данным методом невозможно. При вычислении при схеме (2) образовалась следующая стабильная ситуация. Величина $\exp(i\theta_u) = \exp(i\theta_d) = 0.809 - 0.588i$ при отношении модулей масс частиц 14.4, что соответствует отношению масс c, s кварков. Вычисления проводились при значении целой постоянной $p = 0$. При условии $p = 2$ имеем следующее значение фазы момента диполя $\exp(i\theta_u) = \exp(i\theta_d) = -0.613 - 0.795i$, при отношении модулей масс кварков 0.455, что соответствует отношению масс

u,d кварков. Причем масса верхнего кварка оказалась $m_u = 2.386Mev$, а нижнего кварка $m_d = 5.248Mev$ при вычислении в случае нейтрона, используя его массу, вычисленную с применением формулы (3). При условии $p=1$ получилось три периодически повторяющихся решения, причем значения соответствуют порядку появления решения.

$\exp(i\theta)$	Отношение масс	θ,град.
0.954+0.299i	0.17	17
0.889+0.458i	1.415	27.2
0.376+0.927i	1.528	67.9

Это перестройка решений структуры частиц вакуума, из трех стабильных, но переходящих из одного в другое стационарных состояний. Это объясняет осцилляции кварков, полученных с помощью матрицы Каббибо – Кабаяши - Маскава. Смешивание кварков возможно между 2 и 1 строкой на угол $10.2°$, и между 1 и 3 строкой на угол $-50.9°$, при существенном изменении свойств кварков. Экспериментально определен угол смешивания кварков $\arcsin 0.2272 = 13.13°$, в численном эксперименте имеется угол $10.2°$. Угол, нарушающий CP инвариантность, равен величине $\delta_{13} = 57° \pm 10°$, в численном эксперименте установлен угол $-50.9°$, что находится в пределах погрешности экспериментально определенного угла.

Во втором варианте зависимости от углов оказалось при условии $p=0$ получаются почти равное отношение масс верхнего и нижнего кварка у нейтрона и протона, а при условиях $p=1$ получилось значение $\exp(i\theta_u) = 0.697 + 0.717i; \exp(i\theta_d) = 0.894 + 0.447i$. При этом масса $m_u = 2.34Mev, m_d = 5.432Mev$ у нейтрона, и равна $m_u = 2.341Mev, m_d = 4.627Mev$ у протона. При условиях $p=2$ получилось значение $\exp(i\theta_u) = -0.894 + 0.447i$; $\exp(i\theta_d) = -0.697 + 0.717i$. При этом масса $m_u = 2.345Mev, m_d = 4.63Mev$ у нейтрона, и равна $m_u = 2.337Mev, m_d = 5.425Mev$ у протона. При этом масса u кварков в нейтроне и протоне отличается на 0.5%, а масса d кварка на 10%, причем массы d кварка у нейтрона при $p=1$ соответствует массе этого кварка у протона при условии $p=2$ с точностью 0.2%. Вычисления производились с точностью до третьего знака после десятичной точки.

Алгоритм решения следующий. Задаем угол $\theta=\theta_u=\theta_d$ и считаем массы $m_1, m_2=m_1^*, m_3$. По формуле (2) считаем величину $r_u / ir_d, -r_u^* / ir_d$. Находим угол θ по формуле $\exp(i\theta)=r_u / |r_u|$ и снова считаем по формуле (2). При этом можно определить отношение энергий u и d кварка, равное $m_u=\frac{e^2}{c^2|r_u|}, m_d=\frac{e^2}{c^2|r_d|}$, равную $|r_d|/|r_u|$. Зная массу частицы, можно определить коэффициент пропорциональности между u, d кварками, и значит определить массу кварка. Равенство $\theta_u=\theta_d$ получилось в результате численного эксперимента по схеме (2).

Литература

1. *Якубовский Е.* Описание материи с помощью частиц вакуума. Физический смысл уравнений квантовой механики, электродинамики и метрического тензора ОТО. LAP LAMBERT Academic Publishing, 2014, 133с.

2. *Якубовский Е.Г.* Физический смысл уравнений квантовой механики, электродинамики и уравнения ОТО. «Энциклопедический фонд России». 2014г., 65с., http://russika.ru/sa.php?s=890