Описание потенциала ядра с помощью ОТО для электромагнитного поля

Якубовский Е.Г.

e-mail yakubovski@rambler.ru

Решение для квантовой теории ОТО см. [1], доказывает, что в черной вращающейся дыре собственное время останавливается. Получено уравнение ОТО для электромагнитного поля, причем элементарные частицы и ядро атома, это черные дыры электромагнитного поля. Остановка собственного времени в черной дыре приводит к ее вращению вне собственной системы координат. Временная координата переходит в обычную координату, и образуется комплексное пространство внутри системы. Пространство становится восьмимерным в черной дыре. В черной дыре существует сферическое пространство, где потенциал постоянен. В этой части наблюдается свободное движение частиц. В связи с восьми-мерностью пространства мультиполи с рангом меньше 7 усиливаются на периферии, и образуется большой потенциал мультиполей, который можно вычислить. Таким образом с помощью частиц вакуума и квантовой ОТО получена величина потенциала в элементарных частицах и ядре атома. Зная потенциал частицы удалось определить собственную энергию частицы или ядра атома.

1.Описание черной дыры

В связи с наличием квантового члена в метрическом тензоре ОТО (см. [1]), возникает новое свойство собственного времени, оно может остановиться. Скорость вращения и частота вращения могут иметь конечное значение, а изменения угла не будет, так как собственное время остановилось. Имеем $g_{00} = 0, g_{11} \neq 0, g_{22} \neq 0, g_{33} \neq 0,$

Применим квантовое описание гравитационного поля для описания элементарных частиц в черной дыре. Для гравитационного поля получится метрический тензор

$$g_{lk} = g_{lkg} - \lambda\!\!\!^{-2} \frac{\partial_l \partial_k \psi_q}{\psi_q} = g_{lk} + \lambda\!\!\!^{-2} \frac{p_l\, p_k m_{Pl}^2}{137^2 \hbar^2 m^2} = \begin{cases} g_{00} + \lambda\!\!\!^{-2} \dfrac{E^2 m_{Pl}^2}{137^2 \hbar^2 m^2 c^2}, l = k = 0 \\ g_{l0} - \lambda\!\!\!^{-2} \dfrac{E p_l m_{Pl}^2}{137^2 \hbar^2 m^2 c}, l = 1,\ldots,3, k = 0 \\ g_{lk} + \lambda\!\!\!^{-2} \dfrac{p_l\, p_k m_{Pl}^2}{137^2 \hbar^2 m^2}, l, k = 1,\ldots,3 \end{cases}$$

.

и метрический интервал для свободного пространства равен

$$ds^2 = g_{lk} dx^l dx^k + d(\frac{E}{mc}t - \frac{p_l x^l}{mc})^2 / 2,$$

Собственное время изменилось на величину

$$\begin{gathered} cd\tau = cdt\sqrt{g_{00} + (\frac{E}{mc^2} - \sum_{l=1}^{3} \frac{p_l \beta_l}{m})^2 / 2} = \\ = cdt\sqrt{1 - \frac{2\gamma m}{c^2 r} + (1 - \beta^2)/2} \end{gathered}.$$

У массивных тел время течет быстрее, чем у тел с малой массой.

Чтобы элементарная частица находилась вечно в черной дыре, собственное время у нее должно остановиться. Чтобы тело массы m притягивало частицу со скоростью $V = \omega r$, останавливая собственное время частицы, частица должна находиться на расстоянии $r = \dfrac{r_g}{1 + (1 - k^2 r^2)/2}$.

Задавая этот радиус можно определить частоты вращения частицы с остановленным собственным временем. Эта частота определится из уравнения $1 - 2(r_g - r)/r = k^2 r^2$.

Частота вращения частиц с остановленным собственным временем в черной дыре определится из уравнения

$$\omega = \frac{c}{r}\sqrt{1 - \frac{2(r_g - r)}{r}} \qquad (1.1)$$

Так как собственное время частицы остановилось, угол поворота частицы равен нулю. Частота вращения и скорость вращения вне собственной системы отсчета не нулевая. Угловая скорость и скорость вращения связаны соотношением $V = \omega \cdot r$.

У частиц, имеющих отличающуюся от вычисленной частоту вращения, собственное время не остановится. Они могут изменять свое положение в пространстве, т.е. испариться из черной дыры. Откуда наименьший радиус черной дыры с остановкой собственного времени определится из уравнения $r = \frac{c}{\omega}\sqrt{1 - \frac{2(r_g - r)}{r}}$.

$$(\frac{\omega}{c})^2 r^3 - 3r + 2r_g = 0. \qquad (1.2)$$

Скорость углового вращения черной дыры равна $\omega = c / r_g$ при величине $\beta = \frac{\omega r}{c} = \sqrt{1 - \frac{2(r_g - r)}{r}}, r = r_g(1-\varepsilon), 0 < \varepsilon << 1.$

В самом деле, при большом радиусе, равном $r >> r_g$ имеем остановленное собственное время. Черная дыра вращается с малой угловой скоростью, но с большой касательной четырехмерной скоростью,

$$kr = p_r r / \hbar = \frac{\omega \cdot r / c}{\sqrt{1 - \frac{(\omega \cdot r)^2}{c^2}}} = \sqrt{3 - \frac{2r_g}{r}}. \qquad (1.3)$$

Откуда имеем $\omega \cdot r = c\sqrt{3}/2 = 0.86c$.

Согласно исследователям Гвидо Ризолити (Guido Risaliti) и его коллегам из Гарвард-Смитсоновского центра астрофизики (Cfa) определили, что скорость вращения поверхности черной дыры составляет $0.8c$ где c скорость света [7].

Теоретически вычисленная скорость вращения черной дыры совпала с экспериментальной.

2. Модель элементарных частиц как черных дыр электромагнитного поля

Наряду с уравнением ОТО, описывается уравнение ОТО для электромагнитного поля см. [2], [3]. Для ОТО электромагнитного поля существует понятие гравитационного радиуса $r_g = \frac{e^2}{mc^2}$ и черной дыры. Во вращающейся черной дыре останавливается собственное время, для тех ее частей, которые вращаются с определенной скоростью, остальные частицы испаряются, так как для них собственное время не остановилось. Собственное время перестало расти и превратилось в обычную декартову координату. Время состояло из двух компонент, одна растущая, а другая комплексная, разная в разных точках пространства-времени. Первая компонента остановилась, а вторая превратилась в обычную координату. Образовалось 4 мерное комплексное декартово пространство внутри черной дыры, т.е. внутри элементарных частиц, и в частности внутри ядра атома. Так как дисперсия координаты сравнима с размерами элементарной частицы или ядра, образовалось четырехмерное комплексное пространство. Размер мнимой части совпадает с размером системы, значит образуется полноценное восьмимерное пространство. Частицы вакуума образуют мультиполь ранга 7, при восьмимерном пространстве. Не даром матрицы Гелл-Манна имеют размерность 8. Такая размерность действует только внутри элементарных частиц, или ядра атома. Вне этого 8 мерного пространства существует обычное 4 мерное комплексное пространство-время. Внутри этого пространства имеется потенциал мультиполей ранга 7. Энергия взаимодействия двух мультиполей 7 ранга убывает как $1/r^7$, при росте поверхности 8 мерной сферы как величина r^7. Значит вся энергия переносится до границы системы и далее не распространяется.

Внутри системы имеется область, где частицы вакуума, создающие потенциал, не находятся в силу формулы (1.4). Это сфера радиуса, удовлетворяющая условию $r < r_g/3$. Частицы вакуума находятся вне этой сферы и в силу сферической симметрии системы могут только создавать постоянный потенциал внутри этой сферы. Это означает, что в этой области имеется свободное от действующих сил пространство и перемещение в этой области свободное. Частицы не могут долго находиться в этой области, так как время для них не остановилось в этой области. Имеется особенность комплексной скорости вращения, носящая устранимый характер при усреднении $1/i\sqrt{r}$. Но комплексная скорость вращения не реализуется длительное время, она приводит к комплексным координатам, которые растут, увеличивая дисперсию координат, и, следовательно, реализуется выход из системы, являющейся черной дырой - элементарной частицей или ядром атома.

Периферийные частицы вакуума с рангом мультиполя, меньше 7 образуют большую относительную энергию на периферии системы, так как потенциал пропорционален $r^{7-\alpha}/r_{eq}^7$, ранг частиц вакуума $2 \le \alpha < 7$, где $r_{eq} = l_\gamma^{1/2} r_\gamma^{1/2}$ размер частицы вакуума см. [4], [5] стр. 16. Это создает потенциальную яму, для притягивающихся частиц вакуума, так как вне черной дыры пространство-время четырехмерное и потенциал черной дыры исчезает. Произведем количественные оценки потенциала $\frac{m_u}{m_\gamma}$ диполей. Он равен

$$U(\mathbf{r}_k) = \sum_p -\frac{e(\mathbf{r}_{kp}, \mathbf{d})}{r_{kp}^3} \frac{m_u}{m_\gamma} \frac{r_{kp}^7}{r_{eq}^7} = \sum_p -\frac{e^2(\mathbf{r}_{kp}, \mathbf{d})}{r_{eq}^7} \frac{m_u}{m_\gamma} r_{kp}^4, \mathbf{r}_{kp} = \mathbf{r}_k - \mathbf{r}_p.$$

Величина $r_g/3 < r_k < r_g$ меньше размера черной дыры. Потенциал черной дыры в $\frac{r_{kp}^7}{r_{eq}^7} >> 1$ раз больше потенциала диполя в свободном пространстве, величина $r_{eq} = (l_\gamma r_u^k)^{\frac{1}{k+1}}$, см. [5] стр. 16. Плечо диполя $\mathbf{d}$ пропорционально спину частицы вакуума. Вокруг плеча диполя имеется собственное вращение частиц вакуума. Мультиполи с рангом больше 7 образуют сингулярность, и поэтому не реализуются в элементарных частицах и ядре атома.

В книге [6] §117 имеется выражение для потенциальной энергии ядра атома, куда входит спин нуклонов. Но коэффициенты этого выражения не вычислены. Приведем алгоритм, позволяющий вычислить эти коэффициенты. Кроме того, предполагается, что описываются частицы со спином ½. На самом деле описывается поле с целым спином. Оказалось, что потенциальная энергия ядра соответствует энергии мультиполя, где тензор мультиполя составлен из спина частиц вакуума, или поля глюона. Потенциал мультиполя l ранга для восьмимерного пространства имеет вид в восьмимерном пространстве

$$\varphi^{(l)} = \frac{d^{\alpha_1 ... \alpha_l} n_{\alpha_1} ... n_{\alpha_l}}{l! R_0^{l+1}}.$$

где $d^{\alpha_1 .. \alpha_l}$ - 2^l- польный момент системы зарядов, представляющий собой неприводимый тензор l-го порядка. Этот тензор симметричен по любой паре индексов и обращается в нуль при сворачивании по любой паре индексов. Элементами этого тензора, умноженного на нормали, являются

$$d^{\alpha_1 ... \alpha_l} n_{1\alpha_1} ... n_{1\alpha_m} = l_\gamma^k \prod_{m,n=1}^{k} [C_l(\hat{\mathbf{s}}_m, \mathbf{n}_{\alpha_m})(\hat{\mathbf{s}}_n, \mathbf{n}_{\alpha_n}) - (\hat{\mathbf{s}}_m, \hat{\mathbf{s}}_n)\delta_{\alpha_m \alpha_n}] \sqrt{n_{1\alpha_m} n_{1\alpha_n}},$$

$$C_l(\hat{\mathbf{s}}_m, \mathbf{n}_{\alpha_m})^2 = (\hat{\mathbf{s}}_m, \hat{\mathbf{s}}_m)$$

имеющие разное направление нормали. В силу симметрии этого тензора, квадрат корня из произведения нормалей равен произведению нормалей. Взаимодействие двух мультиполей ранга $m, l-m$ определяет плечо

$$d^{\alpha_1 ... \alpha_m} n_{1\alpha_1} ... n_{1\alpha_m} d^{\beta_1 ... \beta_{k-m}} n_{2\beta_1} ... n_{2\beta_{k-m}} =$$

$$= l_\gamma^k \prod_{p,u=1}^{m} [C_l(\hat{\mathbf{s}}_{1p}, \mathbf{n}_{1\alpha_p})(\hat{\mathbf{s}}_{1u}, \mathbf{n}_{1\alpha_u}) - (\hat{\mathbf{s}}_{1p}, \hat{\mathbf{s}}_{1u})\delta_{(1\alpha_p)(1\alpha_u)}] \sqrt{n_{1\alpha_p} n_{1\alpha_u}} \times$$

$$\times \prod_{v,q=1}^{k-m} \delta_{(1\alpha_u)(2\beta_v)} [C_l(\hat{\mathbf{s}}_{2v}, \mathbf{n}_{2\beta_v})(\hat{\mathbf{s}}_{2q}, \mathbf{n}_{2\beta_q}) - (\hat{\mathbf{s}}_{2v}, \hat{\mathbf{s}}_{2q})\delta_{(2\beta_v)(2\beta_q)}] \sqrt{n_{2\beta_q} n_{2\beta_V}}$$

причем образуется скаляр в восьмимерном пространстве. Формула справедлива для $k > 1$. В случае взаимодействия двух диполей имеем

$$d^\alpha n_\alpha d^\beta n_\beta = l_\gamma [C_l(\hat{\mathbf{s}}_1, \mathbf{n}_\alpha)(\hat{\mathbf{s}}_2, \mathbf{n}_\beta) - (\hat{\mathbf{s}}_1, \hat{\mathbf{s}}_2)\delta_{\alpha\beta}]^2 n_\alpha n_\beta$$

Формула для такого взаимодействия

$$U(\mathbf{r}_k)=\sum_p \frac{e^2 l_\gamma [C_l(\hat{\mathbf{s}}_1,\mathbf{n}_\alpha)(\hat{\mathbf{s}}_2,\mathbf{n}_\beta)-(\hat{\mathbf{s}}_1,\hat{\mathbf{s}}_2)\delta_{\alpha\beta}]^2 n_\alpha n_\beta}{(l_\gamma r_u)^{7/2}}\frac{m_u}{m_\gamma}r_{kp}^5, r_u=\frac{e^2}{m_u c^2}.$$

Где m_u масса кварка. Самый большой вклад в энергию ядра определяет взаимодействие диполей. Взаимодействие квадруполей имеют потенциал в $\frac{l_\gamma^{19/12}}{r_u^{7/12} r_{kp}} \ll 1$ раз меньший. Возможно также взаимодействие трех и более частиц вакуума – мультиполей, но оно мало. Получается, что в ядре атома взаимодействуют только диполи.

При спине, равном ½ получается выражение, упрощающееся до приведенного в [6] §117, но с известными коэффициентами. Но спин частиц, глюонов, описывающих поле ядерных сил целый и равен 1, как и спин частиц вакуума. Поле ядерных сил описывает и самодействие, что свойственно глюонам.

Образуется особенность типа седло, по одному направлению кварки притягиваются, а по-другому отталкиваются. Объединиться кварки не могут, так как имеется направление, где энергия взаимодействия имеет максимум. Максимум и минимум имеют резкое изменение значений, в силу деления значения энергии на малое плечо диполя. Энергия экстремума потенциальной энергии равна нулю. Приближаются к точке экстремума свободные частицы, а удаляются из экстремума связанные частицы с отрицательной энергией. Расположение частиц зависит от направления. Возможно вращение частиц, но по определенным соотношениям между их направлениями, при одновременном изменении направлении двух нормалей для сохранения отрицательной энергии взаимодействия. Величина $[C_l(\hat{\mathbf{s}}_1,\mathbf{n}_\alpha)(\hat{\mathbf{s}}_2,\mathbf{n}_\beta)-(\hat{\mathbf{s}}_1,\hat{\mathbf{s}}_2)\delta_{\alpha\beta}]^2 n_\alpha n_\beta$ может иметь как положительное, так и отрицательное значение.

Условие положения равновесия, при котором энергия нулевая $n_\alpha = n_0(1+\delta), n_\beta = n_0(1-\delta)$ при малом отклонении от положения равновесия квадратичная форма равна

$$U(\mathbf{r}_k) = \sum_p \frac{e^2 l_\gamma [(\hat{s}_1 n_0)(\hat{s}_2 n_0)\delta - (\hat{s}_2 n_0)(\hat{s}_1 n_0)\delta - (\hat{s}_1 n_0)(\hat{s}_2 n_0)\delta^2]^2}{(l_\gamma r_u)^{7/2}} \frac{m_u}{m_\gamma} r_{kp}^5.$$

Получаем $U(\mathbf{r}_k) = \sum_p \frac{e^2 l_\gamma (\hat{s}_1 n_0)^2 (\hat{s}_2 n_0)^2 \delta^4}{(l_\gamma r_u)^{7/2}} \frac{m_u}{m_\gamma} r_{kp}^5 = \sum_p \frac{e^2 l_\gamma m_1^2 m_2^2 \delta^4}{(l_\gamma r_u)^{7/2}} \frac{m_u}{m_\gamma} r_{kp}^5$. При условии $m_k = 0$, получаем тождественный ноль и потенциал в нулевом приближении равен нулю. Спин глюонов равен единице. Спин частиц вакуума равен единице или нулю, используется спин единица.

Имеем уравнение Шредингера при фиксированном радиусе

$$\frac{d^2 R}{d\delta^2} - l(l+1) \pm \varepsilon_{em} + \varepsilon - \varepsilon_1 \delta^4 = 0,$$

$$\varepsilon = \frac{2m_u r_{kp}^2}{\hbar^2} E, \varepsilon_1 = \frac{2m_u e^2 l_\gamma r_{kp}^7}{(l_\gamma r_u)^{7/2} \hbar^2} \frac{m_u}{m_\gamma}, \varepsilon_{em} = \frac{2m_u r_{kp} e^2}{\hbar^2} = \frac{2r_{kp}}{137^2 r_u}.$$

Частицы вращаются при совпадающем направлении радиус вектора, проведенного из центра системы имея орбитальное квантовое число l. Откуда $R(0) = 0, \frac{dR}{d\delta}|_{\delta=0} = 0, R(\delta) = [l(l+1) \pm \varepsilon_{em} - \varepsilon]\delta^2/2 + \varepsilon_1 \delta^6/30$. Волновая функция допускает одновременное значение $\pm\delta$, значит коэффициент линейного члена равен нулю, т.е. $\frac{dR}{d\delta}|_{\delta=0} = 0$. При $\delta = 0$ потенциал системы равен нулю, значит равна нулю и волновая функция, в частности постоянный член $R(0) = 0$. Собственное значение определим из условия нормировки

$$\int_0^\alpha R^2(\delta) d\delta = 1.$$

Откуда получаем квадратное уравнение по определению собственной энергии

$$[l(l+1) \mp \varepsilon_{em} - \varepsilon]^2 - 2[l(l+1) \mp \varepsilon_{em} - \varepsilon]\alpha^4 \varepsilon_1/27 + \varepsilon_1^2 \alpha^8/585 = 1/\alpha^4$$

.

Имеем значение энергии

$$\varepsilon = l(l+1) \mp \varepsilon_{em} + \varepsilon_1 \alpha^4/27 - \sqrt{1/\alpha^4 - \varepsilon_1^2 \alpha^8 144/(585 \cdot 729)}.$$

$$1=\varepsilon_1\alpha^4\lambda\frac{12}{27\sqrt{585}}=\frac{2m_u e^2 l_\gamma r_{kp}^7}{(l_\gamma r_u)^{7/2}\hbar^2}\frac{m_u}{m_\gamma}\frac{12}{27\sqrt{585}}\alpha^4\lambda=$$

Величина $=\frac{m_u}{137^2 m_e}\frac{12}{27\sqrt{585}}\frac{r_{kp}^7}{r_u^7}\lambda,\alpha=\lambda(\frac{l_\gamma}{r_u})^{7/8},\varepsilon_1\alpha^4/27=\frac{\sqrt{585}}{12\lambda}=\frac{m_u}{137^2 m_e}\frac{1}{27}\frac{r_{kp}^7}{r_u^7}$

$$1/\alpha^2=(\frac{r_u}{l_\gamma})^{7/4}(\frac{m_u}{137^2 m_e}\frac{1}{27}\frac{r_{kp}^7}{r_u^7})^2$$

Отношение $\frac{l_\gamma}{m_\gamma}=r_\gamma^2\frac{c^2}{e^2}=r_e r_u\frac{c^2}{e^2}$ см. [5] выражение для r_γ стр.14, и выражение для $\frac{l_\gamma}{m_\gamma}$ стр. 17, $r_e=\frac{e^2}{m_e c^2},r_u=\frac{e^2}{m_u c^2}$.

Получается отрицательное значение энергии

$$E_{lm_1m_2}=\frac{\hbar^2 l(l+1)}{2m_u r_{kp}^2}\mp\frac{e^2}{r_{kp}}+\frac{\hbar^2}{137^2 2m_e}\frac{1}{27}\frac{r_{kp}^5}{r_u^7}-(\frac{r_u}{l_\gamma})^{7/4}\frac{\hbar^2}{2m_u r_{kp}^2}(\frac{m_u}{137^2 m_e}\frac{1}{27}\frac{r_{kp}^7}{r_u^7})^2$$

Введем безразмерное неизвестное $x=\frac{r_{kp}}{r_u}$

$$E_{lm_1m_2}=\frac{\hbar^2 l(l+1)}{2m_u r_u^2 x^2}\mp\frac{e^2}{r_u x}+\frac{\hbar^2}{137^2 2m_e r_u^2}\frac{1}{27}x^5-(\frac{r_u}{l_\gamma})^{7/4}\frac{\hbar^2}{2m_u r_u^2}(\frac{m_u}{137^2 m_e}\frac{1}{27})^2 x^{12}$$

Откуда получим алгебраическое уравнение по определению радиуса из условия минимума энергии

$$l(l+1)\mp\frac{m_u r_u e^2 x}{\hbar^2}-\frac{5m_u}{137^2 2m_e}\frac{1}{27}x^6+6(\frac{r_u}{l_\gamma})^{7/4}(\frac{m_u}{137^2 m_e}\frac{1}{27})^2 x^{14}=0.$$

Значение энергии зависит от расстояния между кварками, и минимум энергии определяется без учета электромагнитной энергии. Откуда имеем значение радиуса

$$x=\sqrt[7]{\frac{137^2 2\cdot 27 m_e}{\sqrt{6}m_u}\sqrt{l(l+1)}}(\frac{l_\gamma}{r_u})^{1/8}=\alpha\beta^{1/8} \qquad (2.1)$$

Сингулярность энергии соответствует $r_{kp}=0$. Это значение реализуется при условии $l=0$. Имеются малые отклонения от максимального значения энергии, поэтому энергия протона велика.

Собственная энергия равна

$$E_{lm_1m_2}=\frac{\hbar^2}{m_e a_0^2}\frac{m_e a_0^2}{m_u r_u^2}[-\frac{5l(l+1)}{2\alpha^2\beta^{1/4}}\mp\frac{m_u r_u e^2}{\hbar^2\alpha\beta^{1/8}}+\frac{1}{137^2 2}\frac{\alpha^5\beta^{5/4}}{27}]=$$

$$=\frac{\hbar^2}{m_u r_u^2}[-\frac{5[l(l+1)]^{6/7}\sqrt[7]{6m_u^{\ 2}}}{2\sqrt[7]{(137^2 2\cdot 27m_e)^2}}(\frac{r_u}{l_\gamma})^{1/4}\mp$$

$$\mp\frac{1}{137^2}\frac{\sqrt[7]{\sqrt{6}m_u}}{\sqrt[7]{137^2 2\cdot 27m_e\sqrt{l(l+1)}}}(\frac{r_u}{l_\gamma})^{1/8}]$$

Сингулярности соответствует значение орбитального квантового числа $l=0$.

Отметим, что величина плеча диполя имеет мнимой значение $l_\gamma=\frac{137i\rho_\gamma r_\gamma^5 c^2}{e^2}$

где $\rho_\gamma=10^{-29}g/cm^3$ плотность вакуума, $r_\gamma^2=r_e r_u$. Энергия глюонов комплексная, и глюоны имеют короткое время жизни, они распадаются, чтобы образоваться вновь. Но возможно радиус кварка комплексный, и тогда энергия действительная.

При этом константа сильного взаимодействия определяется по формуле см. [8]

$$\alpha_s(q^2)=\begin{cases}\frac{g_\pi^2}{\hbar c}=14, r>r_p\\ (\ln\frac{q^2}{\Lambda^2})^{-1}, r<r_p\end{cases}=\begin{cases}\frac{g_A^2}{e^2}=14, r>r_p\\ (\ln\frac{q^2}{\Lambda^2})^{-1}, r<r_p\end{cases}.$$

Откуда имеем $g_\pi=43.8e; g_A=3.74e$. Вне протона имеем константу сильного взаимодействия по отношению к константе электромагнитного взаимодействия $\alpha_s(q^2)/\alpha_{em}=14\cdot 137=1918$. Вычислим константу сильного взаимодействия для электромагнитной силы, являющейся константой вне протона. Получается

$$\alpha_s(q^2)/\alpha_{em} = [\frac{137^4 m_u}{m_e}\frac{1}{137^2}\frac{\sqrt[7]{\sqrt{6}m_u}}{\sqrt[7]{137^2 2\cdot 27 m_e\sqrt{l(l+1)}}}(\frac{r_u}{l_\gamma})^{1/8}]^{1/2} = 1912,$$ что

совпало с константой сильного взаимодействия вне протона с учетом электромагнитного поля. Формула считалась при средних зарядах нижнего и верхнего кварков и средней массе кварков. Орбитальное квантовое число равно $l = 4\cdot 10^7$. Это значение орбитального квантового числа соответствует $r_{kp} = r_u\sqrt[7]{\frac{137^2 2\cdot 27 m_e}{\sqrt{6}m_u}\sqrt{l(l+1)}}(\frac{l_\gamma}{r_u})^{1/8} = 0.012 r_u$, т.е. находится в пределах протона с учетом его дисперсии.

В самом деле размер адрона меньше размера кварка. Адрон состоит из кварков. Это возможно при условии, что среднеквадратичное отклонение радиуса адрона больше размера кварка.

Барионы и лептоны состоят из кварков. При этом размер адрона меньше размера кварка $r_H = \frac{e^2}{m_H c^2} < \frac{e^2}{m_q c^2} = r_q$. Получается, что часть величины больше целого значения величины. Это возможно только при условии, что дисперсия целого больше дисперсии части. Значит справедливо $\sqrt{(\mathrm{Re} r_H)^2 + (\mathrm{Im} r_H)^2} > \sqrt{(\mathrm{Re} r_q)^2 + (\mathrm{Im} r_q)^2}$. Это возможно, если $\mathrm{Im} r = \frac{e^2}{\alpha_{em}^2 m_{Pl} c^2}(\frac{r_u}{l_\gamma})^{1/8} = \frac{l_{Pl}}{\alpha_{em}}(\frac{r_u}{l_\gamma})^{1/8}$, где используется масса Планка и размер Планка. Это означает, что для вычисления мнимой части радиуса адрона мнимая часть размера частицы вакуума суммируясь, умножается на корень из числа частиц, образующих адрон. Комплексный радиус частицы вакуума равна $r_{eq} = \sqrt{l_\gamma r_e} = 10^{-33}(1+i)cm \sim l_{Pl}(1+i)$ см. [5] на стр.16 определение радиуса частицы вакуума, на стр. 17 формула для мнимого значения l_γ. Для адронов эта масса равна $\alpha_{em}^2 m_{Pl}\sqrt{\frac{m_\gamma}{m}} = 2.2\cdot 10^{-5-20}/137^2 g = 10^{-29} g = m_e$. При этом масса мнимого радиуса равна $10^{-28}g = 10m_e$ и минимальная масса кварка равна $6m_e$. Радиус кварка будет меньше радиуса адрона и кварк поместится в адроне.

Но возникает вопрос, почему при больших переданных энергиях константа связи сильного взаимодействия стремится к нулю. Ведь получается, что свойства коэффициентов сильного взаимодействия зависят от переданного импульса, т.е. от радиуса кварков внутри нуклона $q \sim 1/r$. Концентрация частиц вакуума имеет максимум в максимуме константы сильного взаимодействия. т.е. формула для константы сильного взаимодействия имеет вид

$$\alpha_s(r) = \frac{12\pi}{(33-2f)\ln q^2/\Lambda^2} = \frac{6\pi}{(33-2f)\ln r_0/r}.$$

см. [9], где f число типов (ароматов кварков). Функция имеет максимум при условии $r = r_0 < r_p = 1.4 \cdot 10^{-13} cm$, при потенциале, образующем положительный барьер, и переходит в значение -14 при уменьшении переданного импульса, т.е. при увеличении радиуса r кварка. Радиус r_0 это характерный радиус сильного взаимодействия. При этом кварки существуют только внутри нуклонов, как определенное расположение частиц вакуума в нуклонах.

Характерный радиус взаимодействия определим из условия непрерывности константы взаимодействия

$$\alpha_s(r) = \frac{6\pi}{(33-2f)\ln r_0/r_p} = -14.$$

Откуда имеем $\frac{r_0}{r_p} = \exp[-\frac{6\pi}{14(33-2f)}] = 0.95$. При этом характерный импульс равен $\Lambda = \frac{\hbar}{r_0} = \frac{10^{-27}}{1.4 \cdot 10^{-13}} \exp[\frac{6\pi}{14(33-2f)}] = 142.8 Mev/c$ при условии $f = 3$. Но реальные переданные импульсы кварков порядка величины характерного импульса $\Lambda = 100 - 300\, Mev / c$ и тогда константа взаимодействия стремится к бесконечности.

Бесконечное значение реализуется при значении радиуса $r = r_0$, которое определяется из формулы $\frac{r_0}{r_p} = \exp[-\frac{6\pi}{14(33-2f)}] = 0.95$ при $f = 3$. С ростом орбитального квантового числа радиус равен $r(l) = r_0 + r_{kp}(l); r(l) = r_0 - r_{kp}(l)$, где относительное расстояние между двумя кварками, зависящее от орбитального квантового числа, определяется по формуле (2.1). При этом радиус кварка не должен попадать в запрещенную зону $r(l) > r_p / 3$.

Четырехмерная скорость кругового вращения U относительно оси z определится из равенства $\hbar m_z = m_u c r(l) U$. Трехмерная скорость вращения V определится из равенства $V = \frac{cU}{\sqrt{1+U^2}}, U = \frac{\hbar m_z}{m_u c r(l)}, | m_z | \le l$

В барионах вращаются две пары, одна взаимодействующая пара с одинаковым зарядом, и другая взаимодействующая пара с разными зарядами, имеющие разную энергию и разный радиус. В мезонах вращается одна взаимодействующая пара.

Литература

1. Якубовский Е.Г. Квантовая теория ОТО без сингулярности зависимости от радиуса. «Энциклопедический фонд России», 2016, 20 стр., http://russika.ru/sa.php?s=1016
2. Якубовский Е.Г. Общая теория гравитационного и электромагнитного поля. «Энциклопедический фонд России», 2015, 17 стр., http://russika.ru/sa.php?s=434

3. *Якубовский Е.Г.* Описание электромагнитного поля с помощью уравнений общей теории относительности. Инженерная физика. 2015.№4, стр. 33-39
4. *Якубовский Е.Г.* ЧАСТИЦЫ ВАКУУМА, ОПИСЫВАЮЩИЕ СВОЙСТВА ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ И ПОЛЯ Реферативный журнал «Научное обозрение» 2016, т.2, стр.58-80, http://science-review.ru/abstract/pdf/2016/2/662.pdf
5. Якубовский Е.Г. Физический смысл уравнений квантовой механики, электродинамики и уравнения ОТО с учетом кристаллической структуры элементарных частиц. «Энциклопедический фонд России», 2016, 70 стр., http://russika.ru/sa.php?s=1030
6. *Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М.* Квантовая механика Нерелятивистская теория т.III, Наука, М.,1969,768с.
7. G. Risaliti, F. A. Harrison, K. K. Madsen, D. J. Walton, S. E. Boggs, F.E.Christensen, W. W. Craig, B. W. Grefenstette, C. J. Hailey, E. Nardini, Daniel Stern & W. W. Zhang A rapidly spinning supermassive black hole at the centre of NGC 1365. *Nature* **494**, 449–451 (28 February 2013) doi:10.1038/nature11938
8. Общие свойства фундаментальных взаимодействий. Электронный ресурс. http://nuclphys.sinp.msu.ru/elp/elp02.htm
9. В.Г. Кривожихин, А.В. Котиков Структурные функции нуклонов и определение константы связи сильного взаимодействия. Физика элементарных частиц и атомного ядра, 2009, т. 40, вып. 7, стр.225-298 http://www1.jinr.ru/Pepan/2009-v40/v-40-7/04_kr.pdf