

# Поляризационная модель образования магнитных моментов нуклонов

В.В. Чернуха

## Аннотация

Рассматривается поляризационная модель образования магнитных моментов протона и нейтрона, дающая хорошее согласие с экспериментом. В ней нуклон имеет ядро из 12 кварков и трехкварковую оболочку, которая, согласно принятым представлениям, и является нуклоном. Магнитные моменты нуклонов находятся из поляризационного условия рождения нуклона, не требующего затрат энергии на образование его оболочки.

Теории нуклонов, основанной на Стандартной модели элементарных частиц и достаточно точной определяющей не только моменты, но и массы нуклонов, нет. В поляризационной теории нуклон является вкраплением физического вакуума, где рождаются кварки, в действительное подпространство Вселенной. Поляризационная модель нуклонов, развитая в [1], позволила определить их массу и магнитный момент с точностью, лучшей соответственно  $10^{-4}$  и  $10^{-2}$ . В [1, 2] вместо принятой сегодня трехкварковой модели нуклона рассмотрена двухструктурная модель сферического нуклона. В ней помимо находящейся в сферически-симметричном подпространстве физического вакуума трёхкварковой оболочки существует состоящее 12-кварковое цвето- и электронейтральное ядро нуклона с нулевым спином. Оно предположительно образовано кварками первого поколения, находящимися в центрально-симметричном подпространстве физического вакуума, где кварки ядра располагаются в центре граней додекаэдра. На существование нуклонного ядра указывает потенциал взаимодействия нуклонов, позволяющий им сближаться лишь до расстояния  $\approx 0,4$  Фм (см., например, [3]), которое можно интерпретировать как удвоенный радиус нуклонного ядра  $R_C$ . Значение  $R_C$  определяется комптоновской длиной ядра:  $R_C = \frac{\hbar}{cM_C}$ , где  $M_C$  – масса ядра, а  $c$  – скорость света.

Согласно [2], значение массы ядра нуклона в физическом вакууме определяется формулой

$$M_N^2 = (2m_0)^2 l,$$

где  $l$  – момент вращения ядра, равный у нуклона 1, а  $m_0 = 468$  МэВ/ $c^2$ . Это масса нейтральной скалярной частицы, участвующей в удержании вращающихся кварков, названная в [1] *пленоном*.

Значение  $M_N = 2m_0$  близко к экспериментальному значению массы нуклонов, намного превышающему суммарную массу оболочечных кварков. Поэтому массы нуклона и его ядра близки. Разделение 15-плета кварков на ядро и оболочку связано с их локализацией соответственно в центрально-симметричном и сферически-симметричном подпространствах физического вакуума. При переходе нуклона в неполяризованное сферически-симметричное пространство Вселенной ядро нуклона предстает как единая частица, т.е. нуклон представляет собой связанную совокупность четырех частиц, образующуюся при поляризации четырех квантов действия  $\hbar$ . Поэтому радиус нуклона равен  $R_N = \frac{4\hbar}{cM_N} = 0,84$  Фм ( $c$  – скорость света). Он согласуется с измеренным среднеквадратичным радиусом протона  $R_0$ , характеризующим распределение протонного заряда и равным 0,84 Фм, и четверо превышает радиус кора  $R_C \cong \frac{\hbar}{cM_N} = 0,21$  Фм.

В центрально-симметричном пространстве физического вакуума 12-плет кварков имеет больший размер, чем при переходе в связанное состояние в нуклоне: при плотной упаковке его кварков, получивших при рождении квант действия  $\hbar$ , их радиус  $R_{12} \approx \sqrt[3]{12} \frac{M_N}{\langle m_q \rangle} R_C$ , где среднее значение массы его нуклонов 12-плета  $\langle m_q \rangle \approx 3$  МэВ много меньше массы нуклона.

В данной работе представлена поляризационная теория магнитных моментов нуклонов, несколько измененная и дающая лучшее, чем в [1], согласие с экспериментальными значениями.

Сферически-симметричное распределение кварков оболочки, в котором нет выделенного направления, не может создавать ни электрический, ни магнитный моменты. Магнитный момент формирует движение кварков скалярного нейтрального ядра, имеющих центрально-симметричное пространственное распределение, в котором есть выделенные направления. Движение кварков ядра имеет нулевой момент вращения, но из-за электрических зарядов кварков разных знаков возникают магнитное поле  $\vec{H}$  и магнитный момент  $\vec{\mu}_N$ , дающие вклад в функцию Лагранжа  $L_\mu = \vec{\mu}_N \vec{H}$ . Так как  $\vec{\mu}_N$  пропорционален скорости частиц в первой степени, то энергия замкнутой системы кварков с потенциальной энергией  $U$  равна:

$$E = T + L_\mu + U.$$

Интересующая нас здесь величина магнитного момента ядра нуклона  $\vec{\mu}_N$  находится из поляризационного условия: рождение кварков нуклона происходит со скоростью, определяемой их поляризационными углами, т.е.  $E = T$ , и потому сумма электрической ( $U$ ) и магнитной ( $L_\mu$ ) энергий оболочки в каждой ее точке должна равняться нулю<sup>1</sup>:

$$L_\mu + U = 0 \tag{1}$$

Оболочечные кварки нуклонов  $u$  и  $d$  с разными электрическими зарядами и массами вращаются с минимальной циркуляцией  $\hbar$ , т.е. их вращение происходит не синхронно и потому их взаимодействием в первом приближении можно пренебречь. Синхронно вращаются одинаковые кварки, и их из-за взаимного притяжения цветовых зарядов можно рассматривать как одну вращающуюся частицу с суммарным электрическим зарядом: в случае нейтрона ( $udd$ ) образуются электрические заряды  $q_u = 2/3e$  и  $q_d = -2/3e$ , у протона ( $uud$ )  $q_u = 4/3e$  и  $q_d = -1/3e$ . Каждый вид кварка дает свой вклад в электрическую энергию оболочки, которая в рассматриваемой модели на радиусе  $R_0$  равна

$$U = \frac{q_u^2 + q_d^2}{R_0}. \tag{2}$$

Здесь  $R_0$  – переменный радиус расположения кварков оболочки, лежащий в интервале  $R_C \leq R_0 \leq R_N$ .

Входящая в (1) магнитная энергия оболочки определяется магнитным моментом ядра:  $L_\mu = \vec{\mu} \vec{H}(r)$ , где  $\vec{H}(r)$  – магнитное поле, создаваемое электрическими зарядами движущихся ядерных кварков. Оно находится из известной формулы [5]:

$$\vec{H}(r) = \frac{3\vec{n}(\vec{\mu}\vec{n}) - \vec{\mu}}{r^3}.$$

---

<sup>1</sup> Энергия цветовых зарядов кварков не включена в потенциальную энергию  $U$ , так как равна нулю. В стационарном состоянии кварки с разными цветовыми зарядами не взаимодействуют друг с другом [4]. Каждый из цветовых зарядов дает отдельный кулоновский вклад в энергию нуклона. Согласно [1, 4], цветовые заряды являются комплексными величинами, фазы которых равны  $0$ ,  $\pi/3$  и  $2\pi/3$ . Не только их сумма, но и сумма их квадратов, определяющая кулоновскую энергию цветовых зарядов кварков нуклонной оболочки равна нулю.

Здесь  $\vec{n}$  – единичный радиус вектор, ортогональный оси вращения и направленному вдоль нее магнитному моменту ядра  $\vec{\mu}$ . Поэтому

$$L_{\mu} = -\frac{\mu^2}{R_0^3}, \quad (3)$$

Из (1) – (3) следует значение магнитного момента нуклонов:

$$\mu = \pm(q_u^2 + q_d^2)^{1/2} R_0. \quad (4)$$

Поскольку магнитный момент создается кварками ядра, то  $R_0 = R_C$ .

Как известно из опыта, протон обладает положительным магнитным моментом, нейтрон – отрицательным. Следующее из (4) отношение магнитных моментов нуклона и протона равно  $\mu_n / \mu_p = -\sqrt{8/17} = -0,686$ . Экспериментальные значения  $\mu_n = -1,913\mu_N$ , а

$\mu_p = 2,793\mu_N$ , где  $\mu_N = \frac{e\hbar}{2m_p c}$  – ядерный магнетон. Поскольку экспериментальное значение

$\frac{\mu_n}{\mu_p} = -0,685$ , то его отличие от расчетного значения составляет 0,15%.

Так как величина магнитного момента нуклона определяется радиусом ядра ( $R_0 = R_C$ ), то из (4) получаем  $\mu_n = -\frac{2}{3}\sqrt{8}\mu_N = -1,886\mu_N$  и  $\mu_p = \frac{2}{3}\sqrt{17}\mu_N = 2,748\mu_N$ , что всего на 1,2% меньше экспериментальных значений этих магнитных моментов.

Полученное удовлетворительное согласие расчетных и экспериментальных значений магнитных моментов протона и нейтрона можно рассматривать как подтверждение двухструктурной модели нуклона и поляризационного механизма образования нуклонных магнитных моментов.

### Список литературы

1. Чернуха В.В. Поляризационная теория Мироздания. – Москва, Атомэнергоиздат (2008), 658 с.
2. Чернуха В.В., О природе конфайнмента у адронов. [www.ptm2008.ru](http://www.ptm2008.ru)
3. Готфрид К., Вайскопф В. Концепции физики элементарных частиц. – Москва, Мир (1998), 238 с.
4. Чернуха В.В., О природе массы и зарядов фундаментальных частиц; [www.ptm2008.ru](http://www.ptm2008.ru)
5. Ландау Л.Д. и Лифшиц Е.М. Теория поля. – Москва, Физматгиз (1962), 422 с.

17.11.2013. Изменения внесены 09.03.17.

## Polarization model for formation of magnetic moments of nucleons

### Annotation

The polarization model of the formation of the magnetic moments of the proton and the neutron, which gives a good agreement with experiment, is considered. In it, the nucleon has a core of 12 quarks and a three-quark shell, which, according to the accepted concepts, is a nucleon. The magnetic moments of nucleons are found from the polarization nucleon production condition, which does not require energy for its shell formation.