

Бельцов Р. И.

## О ФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ ПРИ ОБРАЗОВАНИИ НУКЛОНОВ

В теории сильного взаимодействия при образовании нуклонов вводят предельный импульс фотонов. Предлагается ввести структурный фактор электрон-позитронных частиц-античастиц физического вакуума и импульс кривизны. Рассмотрен процесс образования нуклонов, фазовый переход высокоэнергетичных частиц-античастиц в кварки — ротонны с изменением химического потенциала. Энергия образовавшихся кварков минимизирует возбуждение поля электрон-позитронов физического вакуума. Впервые обосновывается конфайнмент адронов: это связано с размерами адронов  $d_a \approx (1-2)$  фм, которые меньше линейной длины когерентности электрон-позитронных частиц-античастиц  $\xi_0 = 3,86 \cdot 10^{-11}$  см. Кривизна локальных метрических тензоров кварков-ротонов, определяет гравитационный потенциал адронов.

*Ключевые слова:* физический вакуум, кварк, ротон, конфайнмент.

### 1. Введение

Вероятность рождения электрон-позитронных ( $e^-e^+$ ) пар из вакуума становится отличной от нуля [8], при напряженности электрического поля:

$$E_s = \frac{\omega_0^2 c^3}{\hbar e} = 1,32 \cdot 10^{16} \text{ В/см},$$

где  $\omega_0$  — частота;  $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл — заряд;  $c = 2,997 \cdot 10^8$  м/с — скорость света.

При этом электрическое поле на комптоновской длине волны:  $l_c = \frac{\hbar}{m_0 c} = 3,86 \cdot 10^{-11}$  см,

где масса  $m_0 = 9,1 \cdot 10^{-31}$  кг, совершает над электрон-позитронной парой работу  $2 m_0 c^2$ .

Таким образом, длина когерентности электрон-позитронных ( $e^-e^+$ ) пар физического вакуума, на которой происходит изменение параметра порядка:  $\psi\psi^* \rightarrow 0$ , определяется по комптоновской длине волны:  $\xi_0 = l_c = 3,86 \cdot 10^{-11}$  см.

По экспериментальным данным [4], размеры виртуального электрона и позитрона  $d_e \approx 10^{-16}$  см. Таким образом,  $d_e \ll \xi_0$ , и волновые функции электрон-позитронных пар скоррелированы и перекрыты, и фазы становятся равными друг другу.

Бозе-Эйнштейновский когерентный конденсат электрон-позитронных пар описывается комплексной волновой функцией:  $(\psi\psi^*) = \rho_s$ ,  $\psi = \sqrt{\rho_s} \cdot e^{i\theta(r)}$ .

Рассматривая структуру адронов, отметим, согласно [6] получены результаты, то вакуум КХД подобен дуальному сверхпроводнику, а невылетание цвета при конфайнменте адронов принимается как следствие образования струны Абрикосова.

### 2. О функции распространения фотона

Согласно [1], электромагнитное поле может быть представлено бегущими волнами с потенциалом:  $\vec{A} = \sum_k (a_k e^{i\vec{k}\vec{r}} + a_k^* e^{-i\vec{k}\vec{r}})$ , где коэффициенты  $a_k$  зависят от времени  $a_k \sim e^{-i\omega t}$ ,  $\omega = |k|$ .

В гейзенберговском представлении

$$\vec{A}_{k\alpha} = \sqrt{4\pi} \frac{e^{(\alpha)}}{\sqrt{2\omega}} \cdot e^{-i(\omega t - \vec{k}\vec{r})}.$$

Лагранжиан электромагнитного поля [1]:  $L = \int (E^2 - H^2) dV$ , где потенциальная энергия

магнитного поля:  $V = -H^2$ . Действие по времени:  $S_f = \int_{t_1}^{t_2} dt \int \frac{1}{8\pi} (E^2 - H^2) dV$ .

Энергия фотонов является линейной функцией от импульса:  $\varepsilon_\phi = \hbar\omega$ ,  $\frac{\varepsilon_\phi}{p} = \frac{d\varepsilon_\phi}{dp} = c$ . Это относится к большим длинам когерентности электрон-позитронных ( $e^-e^+$ ) пар, см. выше.

Координатная зависимость матричных элементов операторов тока  $j(\vec{r})$  функции пространства фотона:

$$n|j^\mu(t, \vec{r})m\rangle = \langle n|j^\mu(0)|m\rangle e^{i(p_m - p_n) \cdot x}.$$

Зависимость от времени как для гейзенберговского оператора

$$n|j^\mu(t, \vec{r})m\rangle = \langle n|j^\mu(\vec{r})|m\rangle e^{-i(E_m - E_n)t}.$$

Таким образом, функция плотности поляризации фотона имеет вид [1]:

$$\rho(k^2) = -\frac{4\pi \cdot e^2}{3} (2\pi)^3 \sum_n \langle 0|j_\mu(0)|n\rangle \langle 0|j^\mu(0)|n\rangle * \delta^{(4)}(k - P_n).$$

Суммирование производится по всем системам электронных пар и фотонов, которые могут быть рождены виртуальным фотоном с 4-импульсом  $k = (\omega, \vec{k})$ , ( $\omega > 0$ ).

Функция  $\rho$  ввиду ее скалярности зависит от  $k^2 \rightarrow \rho(k^2)$ . И  $k^2$  совпадает с квадратом полной энергии электрон-позитронных ( $e^-e^+$ ) пар в системе центра инерции. Функция плотности  $\rho(k^2)$  определяется формулой:  $k^2 \rho(k^2) = \frac{1}{\pi} \text{Im} \Pi(k)$ .

Рассмотрим периодические движения частиц-античастиц ( $e^-e^+$ ) физического вакуума при функции распространения фотона. Интенсивность частоты  $\omega_s = n\omega$ , где  $\omega$  — частота движения диполей электрон-позитронных ( $e^-e^+$ ) пар физического вакуума;  $n$  — целое число.

Компоненты Фурье дипольного момента:

$$\vec{d}(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} \vec{d}_n \cdot e^{-in\omega t}.$$

Матричный оператор периодического испускания фотона:

$$V_{fi} = e\sqrt{4\pi} \frac{1}{\sqrt{2\omega}} e_\mu^* j_{fi}^\mu(\vec{k}),$$

где  $j_{fi}(\vec{k})$  — ток перехода в импульсном представлении, и компоненты Фурье  $j_{fi}(\vec{k}) = \int j_{fi}(\vec{r}) \cdot e^{-i\vec{k}\vec{r}} d^3x$ .

Для периодического поглощения фотона частицами-античастицами

$$V_{fi} = e\sqrt{4\pi} \frac{1}{\sqrt{2\omega}} e_\mu j_{fi}^\mu(-\vec{k}).$$

Уравнение сохранения токов в импульсном представлении в виде условия 4-поперечности токов перехода

$$k_\mu \cdot j_{fi}^\mu = \omega \cdot \rho_{fi}(\vec{k}) - \vec{k} \cdot \vec{j}_{fi}(\vec{k}) = 0.$$

Для нахождения асимптотики сечения перехода электрон-позитронов в адроны при высоких энергиях фотонов используются методы ренормализационной группы. При этом вводятся безразмерные параметры:  $q^2/M$ ,  $e$ ,  $g$ ,  $M$  — импульс обрезания.

### **3. Фазовый переход $2(e^-e^+)$ частиц-античастиц при больших импульсах фотона в кварки (ротонны)**

Связь энергетического спектра возбуждений фотоном электрон-позитронных  $2(e^-e^+)$  частиц с их структурным фактором.

Квадрат квазиимпульса  $\vec{k}^2$  определяет корреляцию частиц-античастиц физического ва-

куума. Функция энергии фотона

$$E(\vec{k}) = \frac{\hbar^2 k^2}{2(\vec{p}_+ \vec{p}_-) \cdot S(\vec{k})} c^2, \text{ где } S(\vec{k}) = \int p(\vec{r}) \cdot e^{i\vec{k}\vec{r}}.$$

Функция  $S(\vec{k})$  связана с корреляционной функцией импульса  $p(\vec{r})$ , и является структурным фактором электрон-позитронных частиц-античастиц физического вакуума. Пространство импульсов обладает кривизной и радиус кривизны  $r \rightarrow a$ , играет роль максимального импульса  $\vec{P}_{\max}$ . Функция  $S(\vec{k})$  имеет максимум при значениях  $\vec{k}$  порядка  $\frac{2\pi}{a}$ , где  $a \approx 10^{-16}$  см, минимальное расстояние между  $(e^- e^+)$  частицами-античастицами. Это соответствует максимальной функции  $p(\vec{r}) \cdot e^{i\vec{k}\vec{r}}$ , с фазовым переходом и образованием мюонов, т. е. сверхтекучих ротонов. При этом фазовый переход с образованием кварков, сверхтекучих ротонов, происходит с минимизацией энергии возбуждения частиц-античастиц физического вакуума.

Фазовый переход высокоэнергетичных электрон-позитронов в кварки связано и с разностью химического потенциала в функции импульса,  $\mu = f(\vec{p})$ . И  $\frac{dN_q}{dt} = -\Gamma_{\phi q}(\mu_q - \mu_\phi)$ , где  $N_q$  — плотность числа частиц-античастиц;  $\mu_q, \mu_\phi$  — химпотенциалы кварков и фотонов;  $\Gamma_{\phi q}$  — коэффициент.

Конфайнмент образовавшихся адронов частицами-античастицами антисимметричными определяется размерами адронов  $\sim 10^{-13}$  см, которые меньше линейной корреляционной длины  $(e^- e^+)$  пар,  $\sim 3,86 \cdot 10^{-11}$  см.

Вблизи минимума кривая энергии образовавшихся мюонов  $E(\vec{k})$  имеет вид:

$$E(\vec{k}) = \Delta + \frac{\hbar^2}{2m_\mu}(k - k_0)^2, \text{ т. е. } \varepsilon = \Delta + \frac{(p - p_0)^2}{2m_\mu},$$

где  $m_\mu$  — масса мюона. А тензор образовавшихся адронов:  $W_{\mu\nu} = \frac{1}{2} \rho_h(q^2) \left( \frac{q_\mu q_\nu}{q^2} - g_{\mu\nu} \right)$ , где  $\rho_h(q^2)$  — инвариантная функция адронного тока является спектральной плотностью адронного вклада в поляризационный оператор:

$$\text{Im } P_h(q^2) = -\pi \rho_h(q^2).$$

Дополняем матричный элемент процесса образования адрона с токами перехода

$$(S_2)_{i \rightarrow f} = \int d^4 x d^4 x' \cdot i D^{c\mu\nu}(x - x') \langle X | j_\mu(x) | 0 \rangle x$$

$x \langle 0 | j'_\nu(x') | 2(p_+ p_-) \rangle$ , где  $|X\rangle$  вектор состояния конечного адрона;  $|2(p_+ p_-)\rangle$  — вектор состояния начальных электрон-позитронных частиц-античастиц с 4-импульсами  $2(p_+ p_-)$ ,  $|0\rangle$  — вектор состояния вакуума.

Фурье-компоненты токов перехода:

$$j_\mu(x) = e^{iPx} j_\mu(0) e^{-iPx}, \quad j'_\mu(x) = e^{iPx} j'_\mu(0) e^{-iPx}, \text{ где } P \text{ — 4-импульс.}$$

Фурье-компоненты вакуумного среднего коммутатора токов через поляризационный оператор фотонов:  $\Pi_{\mu\nu}(q) = -i \int d^4 x \cdot e^{iqx} \langle 0 | T^* (j_\nu(x) j_\mu(0)) | 0 \rangle$ , где  $q = 2(p_+ p_-)$  — импульсы электронов и позитронов.

Изменение действия частиц-античастиц внутри кварка, ротона:  $\delta S = \delta \Omega_{ik} \sum p_i x_k$ , где  $\delta \Omega_{ik}$  — бесконечно малый антисимметричный 4-тензор.

Обобщенный импульс кривизны

$$\frac{\partial S}{\partial \Omega_{ik}} = \frac{1}{2} \sum (p_i x_k - p_k x_i).$$

Сохранение антисимметричного тензора

$$\frac{dM_{ik}}{dt} = \sum (x_i p_k - x_k p_i).$$

Примечание: полная энергия  $\sum \varepsilon$  сохраняется.

Для гравитационного поля ротонів квадрат интервала является квадратичной формой от дифференциалов координат:  $-ds^2 = g_{ik} dx_i dx_k$ , где  $g_{ik}$  — функция пространственных координат  $x_1, x_2, x_3$  и времени  $x_0$ . Функция  $g_{ik}$  — симметрична по индексам  $i$  и  $k$ :  $g_{ik} = g_{ki}$ .

Кварки-ротонів обладают квадрупольным моментом вращения. Отношение гравитационных сил к электромагнитным на несколько порядков меньше. Так для двух протонов  $\frac{km_p^2}{e^2} \approx 7 \cdot 10^{-37}$ , где  $k$  — гравитационная постоянная;  $m_p$  — масса протона;  $e$  — заряд.

#### 4. Взаимодействие образовавшихся нуклонов с электрон-позитронным полем физического вакуума

Лагранжиан кварков представим в виде:

$$Lq = \left\{ \sum_{\alpha} \left( \frac{i}{2} q^{-\alpha} \gamma^{\mu} \partial_{\mu} q_{\alpha} - \frac{i}{2} \partial_{\mu} q^{-\alpha} \gamma^{\mu} q_{\alpha} - m_{\alpha} q^{-\alpha} q_{\alpha} \right) - B \right\} \theta_{\Omega} - \frac{1}{2} \sum_{\alpha} q^{-\alpha} q_{\alpha} \delta_s(x),$$

где суммирование по сортам  $\alpha$  кварков, входящих в нуклон.

Для сферического нуклона  $\theta_{\Omega}(x)$  — объемная  $\theta$ -функция:  $\theta_{\Omega}(x) = \theta(R - r)$ , где  $R$  — радиус;  $B$  — плотность энергии внутри нуклона;  $\delta_s(x)$  — поверхностная  $\delta$ -функция;  $\delta_s(x) = -n^{\mu} \partial_{\mu} \theta_{\Omega}(x)$ ;  $\delta \theta_{\Omega}(x) = n^{\mu} \delta x_{\mu} \cdot \delta S(x)$ , где  $n_{\mu}$  — единичный пространственноподобный 4-вектор нормали к пространственно-временной области  $\Omega$ ;  $\delta x_{\mu}$  — бесконечно малый вектор смещения поверхности  $S$  этой области.

Уравнения движения кваркового поля внутри нуклона

$$(i\gamma^{\mu} \partial_{\mu} - m_{\alpha}) q_{\alpha} = 0, \quad (i\gamma^{\mu} \partial_{\mu} + m_{\alpha}) \bar{q}^{\mu} = 0, \quad x \in \Omega.$$

Силовые линии магнитного поля вытесняются из сверхтекучей сферы кварков, т. е. ротонів. Варьируя поверхность, получаем квадратичное граничное условие

$$B = \frac{1}{2} n^{\mu} \partial_{\mu} \sum_{\alpha} \bar{q}^{-\alpha} q_{\alpha}, \quad x \in S.$$

Взаимодействие кварков и глюонов, квадратичные граничные условия на поверхности

$$-\frac{1}{4} F_{\mu\nu}^{\alpha} F^{\alpha\mu\nu} - B + \frac{1}{2} n^{\mu} \partial_{\mu} \sum_{\alpha} \bar{q}^{-\alpha} q_{\alpha} = 0.$$

Из граничного условия для глюонов  $n^{\mu} F_{\mu\nu}^d(x)|_s = 0$ , следует,  $n_{\mu} j^{\alpha\mu}(x)|_s = 0$ .

Состояние нуклона является синглетом по цветовой группе.

Радиус нуклона, объем кварков, сверхтекучих ротонів, определяет квадратичное граничное условие:  $2B = n^{\mu} \partial_{\mu} \sum_{\alpha} \langle \bar{q}^{-\alpha} q_{\alpha} \rangle$ .

Полная энергия нуклона:  $E(R) = E_f + \frac{4}{3} \pi R^3 B$ , где  $E_f = \frac{1}{R} \sum_{\chi} n_{\chi} \omega_{\chi}$ ,  $n_{\chi}$  — число кварков

в состоянии  $\chi$ ;  $B$  — плотность энергии внутри нуклона.

Условие равновесия,  $\frac{\partial E}{\partial R} = 0$ , определяет минимум энергии системы, т. е. радиус шара нуклона:

$$R = \left( \frac{\sum_{\chi} n_{\chi} \cdot \omega_{\chi}}{4\pi B} \right)^{1/4}.$$

Конфайнмент нуклона — это кольцевые магнитные токи, стягивающие электрическое поле с образованием струны, так как и даже линейная длина когерентности электрон-позитронов,  $\xi_0 = 3,86 \cdot 10^{-11}$  см больше размеров кварков и нуклона,  $R_0 \sim 10^{-13}$  см.

**Выводы:**

1. Структурный фактор электрон-позитонов физического вакуума с минимальным расстоянием между частицами:  $a(e^-e^+) \approx 10^{-16}$  см, с максимальным импульсом кривизны  $\bar{P}_{\max}$  приводит к образованию нуклонов. Это фазовый переход высокоэнергетичных электрон-позитронов  $2(e^-e^+)$  в кварки-ротонны с квадрапульным моментом вращения и изменением химического потенциала.
2. Энергия образовавшихся кварков-ротоннов минимизирует возбуждение электрон-позитронов физического вакуума. Отношение гравитационных сил к электромагнитным у элементарных частиц массой  $m$  на несколько порядков меньше. так для двух протонов отношение  $\frac{km_p^2}{e^2} \approx 7 \cdot 10^{-37}$ , где  $k$  — гравитационная постоянная.
3. Конфайнмент адронов — следствие размеров стабильных адронов (1-2) фм, меньших, чем линейная длина когерентности волновых функций  $\nabla\varphi \rightarrow \xi_0 = \frac{\hbar}{m_0c}$ , антисимметричных электрон-позитронных частиц физического вакуума,  $\xi_0 = 3,86 \cdot 10^{-11}$  см.

**Л и т е р а т у р а :**

1. Ландау Л. Д. и Лифшиц Е. М. Теоретическая физика. Т. IV. Квантовая электродинамика / В. Б. Берестецкий, Е. М. Лифшиц, Л. П. Питаевский /, М., Наука, 1980.
2. Борняков В. Г., Поликарпов М. И. и др. Невылетание цвета и структура адронов в решеточной хромодинамике. УФН, М., т. 174, № 1, 2004.
3. Кейн Г. Современная физика элементарных частиц /Пер. с англ./ — М.: Мир, 1990.
4. Соколов А. А., Тернов И. М., Жуковский В. Ч. Квантовая механика. М., Наука, 1979.
5. Ахиезер А. И., Пелетминский С. В. Теория фундаментальных взаимодействий. К., Наукова думка, 1993.
6. Кузьменко Д. С., Симонов Ю. А., Шевченко В. И. Вакуум, конфайнмент и струны КХД в методе вакуумных корреляторов. УФН, М., т. 174, № 1, 2004.
7. Ландау Л. Д. и Лифшиц Е. М. Статистическая физика. М., Гостехиздат, 1951.
8. Буланов С. С., Нарожный Н. Б., Мур В. Д., Попов В. С. О рождении электрон-позитронных пар электромагнитными импульсами. ЖЭТФ, 2006, т. 129, № 1, с. 14-29.

*Статья поступила в редакцию 20.08.2012 г.*

*Beltzov R. I.*

**On the physical processes in the formation of nucleons**

In the theory of strong interaction at nucleons formation enter the maximum photons impulse. We enter a structural factor of physical vacuum electron-positron particles-antiparticles and curvature impulse. Nucleons formation is the phase transition of the excited particles-antiparticles to quarks, those are the rotons with the changed chemical potential. Energy of appearing quarks minimizes excitation of the physical vacuum electron-positrons field. First in theoretical physics adorns confinement was grounded, that is related with adorns size  $d_a \approx (1-2)$  fm, that less then electron-positron particles-antiparticles coherentness linear length  $\xi_0 = 3,86 \cdot 10^{-11}$  cm. Curvature of quarks-rotons local metrical tensors determines the adorns gravity potential.

*Key words:* physical vacuum, quark, roton, confinement.