

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
имени М.В. ЛОМОНОСОВА  
ФИЗИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

---

НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ  
ФИЗИКИ имени Д.В. СКОБЕЛЬЦЫНА

*На правах рукописи*

Яковлев Станислав Борисович

МАССЫ, МАГНИТНЫЕ МОМЕНТЫ И  
КОНСТАНТЫ СИЛЬНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ  
ОКТЕТА БАРИОНОВ В КВАНТОВОЙ  
ХРОМОДИНАМИКЕ

Специальность 01.04.16 – физика атомного ядра и элементарных частиц

Автореферат диссертации на соискание ученой степени  
кандидата физико-математических наук

Москва 2007

Работа выполнена на кафедре общей ядерной физики физического факультета МГУ им. М. В. Ломоносова и в отделе электромагнитных процессов и взаимодействия атомных ядер научно-исследовательского института ядерной физики им. Д. В. Скобельцына МГУ им. М. В. Ломоносова.

Научный руководитель: кандидат физико-математических наук,  
в.н.с. Замиралов Валерий Семенович

Официальные оппоненты: доктор физико-математических наук,  
профессор Дубовик Владимир Михайлович,  
(ЛТФ им. Н.Н. Боголюбова, ОИЯИ, Дубна)  
доктор физико-математических наук,  
с.н.с. Баранов Сергей Павлович,  
(ФИАН им. П.Н. Лебедева, Москва)

Ведущая организация: Институт физики высоких энергий,  
Протвино

Защита состоится 10 мая 2007 года в 15 часов на заседании диссертационного совета К 501.001.06 в МГУ им. М. В. Ломоносова по адресу:  
119992, г. Москва, Ленинские горы, НИИЯФ МГУ, 19 корп. ауд. 2-15.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке НИИЯФ МГУ.

Автореферат разослан 9 апреля 2007 года.

Ученый секретарь  
диссертационного совета К 501.001.06  
кандидат физико-математических наук

Чуманова О. В.

## Общая характеристика работы

**Актуальность** задачи связана во многом со следующим: с одной стороны, в нашем распоряжении имеется квантовая хромодинамика (КХД) – калибровочная теория сильного взаимодействия, но с другой стороны, задача, состоящая в получении предсказаний этой теории в области малых переданных импульсов, наталкивается на серьезные трудности, поскольку здесь неприменима теория возмущений. В области изучаемых задач, а именно, основных характеристик барионов, приходится развивать приближенные методы. В качестве основного метода в последние два десятилетия выдвинулся метод правил сумм КХД. Ему посвящены уже сотни работ, в которых в рамках так называемых борелевских правил сумм вычисляются массы, магнитные моменты, сильные константы взаимодействий и другие характеристики барионов, в том числе для тяжелых барионов с квантовыми числами шарм и бьюти. Однако эти расчеты по правилам сумм встречаются с трудностями как теоретического, так и технического характера. В частности, не удавалось связать с собой в рамках КХД основные характеристики  $\Sigma^0$  и  $\Lambda$  гиперонов, и им подобных барионов. В результате вычисления характеристик этих двух групп частиц с самого начала и до сего дня ведутся отдельно. В тоже время в модели кварков и унитарной симметрии теоретико-групповые методы позволяют связать между собой эти характеристики.

**Цели данной работы:** настоящая диссертация посвящена изучению основных характеристик барионов октета, как-то: массы, магнитные моменты, сильные константы связи в рамках борелевских правил сумм КХД.

Основные пункты исследований:

1. Построение соотношений между поляризационными операторами, содержащими гиперонные токи  $\Sigma^0$  и  $\Lambda$ , в рамках КХД.
2. Построение борелевских правил сумм и соотношений между ними для масс и магнитных моментов гиперонов  $\Sigma^0$  и  $\Lambda$  в рамках КХД.
3. Построение борелевских правил сумм и соотношений между ними для

сильных констант связи  $K$  и  $\pi$  мезонов с октетом барионов и вычисление значений последних в рамках КХД.

**Научная новизна работы** заключается в том, что в работе впервые получены соотношения между поляризационными операторами в КХД для  $\Sigma^0$  и  $\Lambda$  гиперонов. Результаты имеют общий характер и позволяют связать между собой правила сумм для масс  $\Sigma^0$  и  $\Lambda$  подобных частиц, а также правила сумм для магнитных моментов  $\Sigma^0$  и  $\Lambda$  гиперонов. Впервые построены соотношения между правилами сумм для сильных констант связи  $\pi^0$  и  $\eta$  мезонов с  $\Sigma^0$  и  $\Lambda$  гиперонами. Построено обобщение этих соотношений на случай сильных констант связи  $K$  мезонов с барионами, позволившее получить в рамках единого подхода константы связи  $g_{KY N}$ ,  $g_{KY \Xi^0}$ .  $Y = \Sigma^0, \Lambda$ . Результаты обобщаются на случай произвольных  $\Sigma^0$  подобных и  $\Lambda$  подобных барионов.

**Практическая значимость работы.** Предложены алгебраические соотношения, связывающие между собой различные характеристики  $\Sigma^0$  и  $\Lambda$  гиперонов в кварковой модели и в модели унитарной симметрии  $SU(3)$ , такие как масса, магнитные моменты и сильные константы связи. Показано, что эти соотношения можно обобщить на случай квантовой хромодинамики, получив соотношения между поляризационными операторами для  $\Sigma^0$  и  $\Lambda$  гиперонных токов. Это дало возможность построить соотношения между борелевскими правилами сумм для  $\Sigma^0$  и  $\Lambda$  гиперонов, а также правила сумм на световом конусе. Соотношения между борелевскими правилами сумм для сильных констант связи обобщены на случай  $K$  мезонов, что позволило описать единым образом константы сильной связи и сделать для них численные предсказания. Разработаны программы для борелевских правил сумм, описывающих различные характеристики для  $\Sigma^0$  и  $\Lambda$  гиперонов, и для их взаимных преобразований, позволяющие получить численные результаты для искомых величин. Правила сумм написаны для различных лоренц структур при учете большого числа диаграмм, входящих в вильсоновское операторное разложение. В результате множество уже решенных и решаемых сейчас за-

дач физики частиц в рамках КХД оказывается связанными с друг другом и позволяют не только выразить характеристики  $\Sigma^0$  подобных барионов через соответствующие характеристики  $\Lambda$  подобных барионов (*et vice versa*), но и контролировать взаимную правильность вычислений, что представляется крайне необходимым ввиду все возрастающей сложности анализируемых правил сумм. Разработанный формализм и созданные программы позволяют решать другие задачи физики элементарных частиц, как-то: вычисление в рамках правил сумм КХД свойств гиперядер, векторных констант связи барионов и слабых аксиально-векторных констант барионов.

**Апробация работы.** Основные результаты были представлены на следующих конференциях:

1. Международная конференция Spin2004 (Триест, Италия, 10-16 Октября 2004) [1]
2. Международная конференция HSQCD2004 (Репино, Санкт-Петербург, 18-22 Мая 2004) [2]
3. Международная конференция HSQCD2005 (Репино, Санкт-Петербург, 20-24 Сентябрь 2005) [3]
4. Международная конференция QCD@WORK2005 (Конверсано, Бари, Италия, 16-20 Июнь 2005) [4]

**Публикации.** По теме диссертации опубликовано 9 печатных работ (труды конференций ([1] – [4]) и статьи в журналах ([5] – [9])). Ссылки на работы приведены в списке литературы.

**Структура и объем диссертации.** Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения, двух приложений и списка литературы. Диссертация содержит 130 страниц, 60 рисунков и 5 таблиц. Список литературы содержит 74 наименования.

## Содержание диссертации.

Во введении кратко изложена история возникновения решаемых в диссертации задач, обоснована актуальность обсуждаемой проблематики, сформулированы цели и аннотировано содержание диссертации.

Первая глава посвящена описанию основных идей и методов на примере нерелятивистской кварковой модели (НРКМ) и  $SU(3)$ . В начале дано определение операций  $us$  и  $ds$  для функций, зависящих от характеристик кварков:

$$\begin{aligned}(F(u, d, s))_{us} &= F_{us}(u, d, s) = F(s, d, u), \\ (F(u, d, s))_{ds} &= F_{ds}(u, d, s) = F(u, s, d).\end{aligned}\quad (1)$$

В качестве примера рассмотрены магнитные моменты НРКМ. Далее приведены соотношения между волновыми функциями НРКМ

$$\begin{aligned}-2|\tilde{\Sigma}_{ds}^0\rangle &= |\Sigma^0\rangle + \sqrt{3}|\Lambda\rangle, & 2|\tilde{\Lambda}_{ds}\rangle &= \sqrt{3}|\Sigma^0\rangle - |\Lambda\rangle, \\ -2|\tilde{\Sigma}_{us}^0\rangle &= |\Sigma^0\rangle - \sqrt{3}|\Lambda\rangle, & 2|\tilde{\Lambda}_{us}\rangle &= \sqrt{3}|\Sigma^0\rangle + |\Lambda\rangle,\end{aligned}\quad (2)$$

из которых в НРКМ следуют соотношения между магнитными моментами

$$\begin{aligned}2[\mu(\tilde{\Sigma}_{ds}^0) + \mu(\tilde{\Sigma}_{us}^0)] - \mu(\Sigma^0) &= 3\mu(\Lambda), \\ 2[\mu(\tilde{\Lambda}_{ds}) + \mu(\tilde{\Lambda}_{us})] - \mu(\Lambda) &= 3\mu(\Sigma^0)\end{aligned}\quad (3)$$

и

$$\begin{aligned}\mu(\tilde{\Sigma}_{ds}^0) - \mu(\tilde{\Sigma}_{us}^0) &= \sqrt{3}\mu(\Sigma^0\Lambda), \\ \mu(\tilde{\Lambda}_{ds}) - \mu(\tilde{\Lambda}_{us}) &= -\sqrt{3}\mu(\Sigma^0\Lambda).\end{aligned}\quad (4)$$

Показано, что константы связи  $SU(3)$  псевдоскалярных мезонов с  $\Sigma$  подобными барионами  $B(qq', h)$  можно записать следующим образом:

$$g_{MB(qq', h)B(qq', h)} = g_{Mqq}F + g_{Mq'q'}F + g_{Mhh}(F - D),\quad (5)$$

где  $B(qq', h) = p, n, \Sigma^+, \Sigma^-, \Xi^-, \Xi^0, \Sigma^0$  и  $M = \pi^0, \eta$ . Оказывается, что на уровне модели  $SU(3)$  верны следующие соотношения:

$$2g_{\eta\tilde{\Sigma}_{ds}^0\tilde{\Sigma}_{ds}^0} + 2g_{\eta\tilde{\Sigma}_{us}^0\tilde{\Sigma}_{us}^0} - g_{\eta\Sigma^0\Sigma^0} = 3g_{\eta\Lambda\Lambda},\quad (6)$$

$$g_{\pi\tilde{\Sigma}_{ds}^0\tilde{\Sigma}_{ds}^0} - g_{\pi\tilde{\Sigma}_{us}^0\tilde{\Sigma}_{us}^0} = \sqrt{3}g_{\pi\Sigma^0\Lambda}. \quad (7)$$

Показано также, каким образом из соотношений между волновыми функциями (2) и значениями констант  $g_{\pi\Sigma\bar{\Sigma}}$  и  $g_{\pi\Sigma\bar{\Lambda}}$  через  $F$  и  $D$  можно получить значения констант  $g_{KN\bar{\Sigma}}$ ,  $g_{KN\bar{\Lambda}}$ ,  $g_{K\Xi\bar{\Sigma}}$  и  $g_{K\Xi\bar{\Lambda}}$  в случае  $SU(3)$ . К примеру из выражения:

$$-2g_{\pi-\Sigma+\bar{\Sigma}_{ds}^0} = g_{\pi-\Sigma+\bar{\Sigma}^0} + \sqrt{3}g_{\pi-\Sigma+\bar{\Lambda}}$$

можно получить константу связи  $g(K^-p\bar{\Sigma}^0)$ :

$$g_{K^-p\bar{\Sigma}^0} = [g_{\pi-\Sigma+\bar{\Sigma}_{ds}^0}]_{ds} = -\frac{1}{\sqrt{2}}(-F + D)$$

Таким образом, мы получили константу для  $K$  мезона, которая в точности совпадает с результатом  $SU(3)$ . Аналогичным образом можно получить и другие константы для  $K$  мезона.

Результаты первой главы на уровне кварковой модели и модели  $SU(3)$  позволили по-новому взглянуть на ряд проблем с борелевскими правилами сумм в КХД.

Во второй главе сформулированы основные результаты диссертации. Обычным образом определены токи

$$\eta^{\Sigma^0} = \frac{1}{\sqrt{2}}\epsilon_{abc}[(u^{aT}Cs^b)\gamma_5d^c - (d^{aT}Cs^b)\gamma_5u^c - (u^{aT}C\gamma_5s^b)d^c + (d^{aT}C\gamma_5s^b)u^c],$$

$$\eta^\Lambda = \frac{1}{\sqrt{6}}\epsilon_{abc}[-2(u^{aT}Cd^b)\gamma_5s^c + (u^{aT}Cs^b)\gamma_5d^c + (d^{aT}Cs^b)\gamma_5u^c + 2(u^{aT}C\gamma_5d^b)s^c - (u^{aT}C\gamma_5s^b)d^c - (d^{aT}C\gamma_5s^b)u^c] \quad (8)$$

и поляризационные операторы

$$\begin{aligned} \Pi^{\Sigma^0} &= i \int d^4x e^{ipx} \langle 0 | T \{ \eta^{\Sigma^0}(x), \eta^{\Sigma^0}(0) \} | 0 \rangle, \\ \Pi^\Lambda &= i \int d^4x e^{ipx} \langle 0 | T \{ \eta^\Lambda(x), \eta^\Lambda(0) \} | 0 \rangle \end{aligned} \quad (9)$$

для которых установлены следующие соотношения:

$$\begin{aligned} -2\tilde{\eta}^{\Lambda_{ds}} &= \sqrt{3}\eta^{\Sigma^0} - \eta^\Lambda, & -2\tilde{\eta}^{\Sigma^0_{ds}} &= \eta^{\Sigma^0} + \sqrt{3}\eta^\Lambda, \\ 2\tilde{\eta}^{\Lambda_{us}} &= \sqrt{3}\eta^{\Sigma^0} + \eta^\Lambda, & 2\tilde{\eta}^{\Sigma^0_{us}} &= \eta^{\Sigma^0} - \sqrt{3}\eta^\Lambda \end{aligned} \quad (10)$$

и

$$\begin{aligned} 2[\tilde{\Pi}^{\Sigma^0_{ds}} + \tilde{\Pi}^{\Sigma^0_{us}}] - \Pi^{\Sigma^0} &= 3\Pi^\Lambda, \\ 2[\tilde{\Pi}^{\Lambda_{ds}} + \tilde{\Pi}^{\Lambda_{us}}] - \Pi^\Lambda &= 3\Pi^{\Sigma^0}, \\ 2[\tilde{\Pi}^{\Sigma^0_{ds}} - \tilde{\Pi}^{\Sigma^0_{us}}] &= \sqrt{3}[\Pi^{\Sigma^0\Lambda} + \Pi^{\Lambda\Sigma^0}], \\ 2[\tilde{\Pi}^{\Lambda_{ds}} - \tilde{\Pi}^{\Lambda_{us}}] &= -\sqrt{3}[\Pi^{\Sigma^0\Lambda} + \Pi^{\Lambda\Sigma^0}]. \end{aligned} \quad (11)$$

Эти соотношения являются базисом для дальнейших вычислений в КХД.

Впервые показано, что соотношения типа (11) между борелевскими правилами сумм в КХД справедливы для масс  $\Sigma^0$  и  $\Lambda$  гиперонов. К примеру, борелевские правила сумм<sup>1</sup> для масс гиперонов  $\Sigma^0$  и  $\Lambda$  оказываются связанными между собой. Результат опубликован в [5].

Впервые показано, что соотношения типа (11) между борелевскими правилами сумм в КХД справедливы для магнитных моментов  $\Sigma^0$  и  $\Lambda$  гиперонов и для магнитного момента перехода  $\Sigma^0 \rightarrow \Lambda\gamma$ . К примеру, борелевские правила сумм<sup>2</sup> для магнитных моментов  $\Sigma^0$  и  $\Lambda$  гиперонов оказываются связанными между собой. Более того, используя соотношения типа (11), можно получить борелевские правила сумм<sup>3</sup> для магнитного момента перехода  $\Sigma^0 \rightarrow \Lambda\gamma$  из борелевских правил сумм для магнитного момента  $\Sigma^0$  или  $\Lambda$ . Результаты опубликованы в [6].

Построены борелевские правила сумм для сильных констант связи  $g_{MBV}$ . Показано, что общие соотношения (11) между поляризационными оператора-

---

<sup>1</sup>W.-Y.P.Hwang and K.-C.Yung. QCD sum rules:  $\Delta - N$  and  $\Sigma^0 - \Lambda$  mass splittings// Phys. Rev. D **49**, 460 (1994).

<sup>2</sup>Ch.B.Chiu, J.Pasupathy, S.L.Wilson. Determination of baryon magnetic moments from QCD // Phys. Rev. **D33**, 1961 (1986).

<sup>3</sup>Shi-lin Zhu, W.-Y.P.Hwang and Ze-sen Yung.  $\Omega$  and  $\Sigma^0\Lambda$  transition magnetic moment in QCD sum rules // Phys. Rev. D **57**, 1527 (1998).



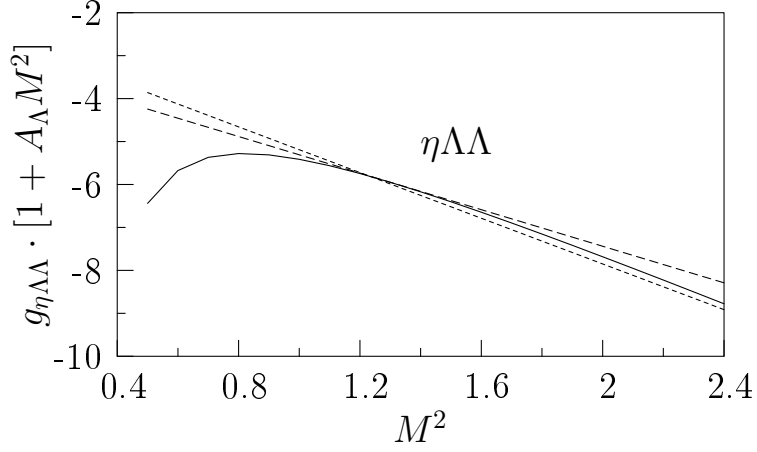


Рис. 1: Правая часть правила сумм (12) для константы  $g_{\eta\Lambda\Lambda}$  (сплошная линия). Штрихованная прямая – касательная к этой кривой в доверительном интервале  $1.2 \leq M^2 \leq 1.4$  ГэВ<sup>2</sup>.

ми позволяют получить новые борелевские правила сумм для сильных констант взаимодействия  $g_{\eta\Lambda\Lambda}$  и  $g_{\pi\Sigma\Lambda}$ . Для примера рассмотрены борелевские правила сумм работы<sup>4</sup> и получены новые правила сумм для  $g_{\eta\Lambda\Lambda}$ :

$$\begin{aligned}
& \sqrt{3}m_{\eta}^2\lambda_{\Lambda}^2g_{\eta\Lambda\Lambda}e^{-(M^2/m_{\Lambda}^2)}[1 + A_{\Lambda}M^2] = \\
& \frac{1}{3}m_{\eta}^2M^4E_0(x)\left[\frac{\langle\bar{u}u\rangle + \langle\bar{d}d\rangle + \langle\bar{s}s\rangle}{6\pi^2f_{\eta}} + \frac{9\sqrt{3}f_{3\eta}}{4\pi^2}\right] \\
& - \frac{4M^2}{3f_{\eta}}[(m_d\langle\bar{u}u\rangle + m_u\langle\bar{d}d\rangle)\langle\bar{s}s\rangle + m_s\langle\bar{u}u\rangle\langle\bar{d}d\rangle] \\
& - \frac{m_{\eta}^2}{108f_{\eta}}[\langle\bar{u}u\rangle + \langle\bar{d}d\rangle + \langle\bar{s}s\rangle] < \frac{\alpha_s}{\pi}\mathcal{G}^2 > \\
& + \frac{m_0^2}{18f_{\eta}}[-7(m_d\langle\bar{u}u\rangle + m_u\langle\bar{d}d\rangle)\langle\bar{s}s\rangle + 2m_s\langle\bar{u}u\rangle\langle\bar{d}d\rangle], \tag{12}
\end{aligned}$$

<sup>4</sup>Н. Kim, Т. Doi, М. Oka, S. H. Lee. Meson-baryon couplings and the F/D ratio from QCD sum rules // Nucl. Phys. **A662**, 371 (2000).

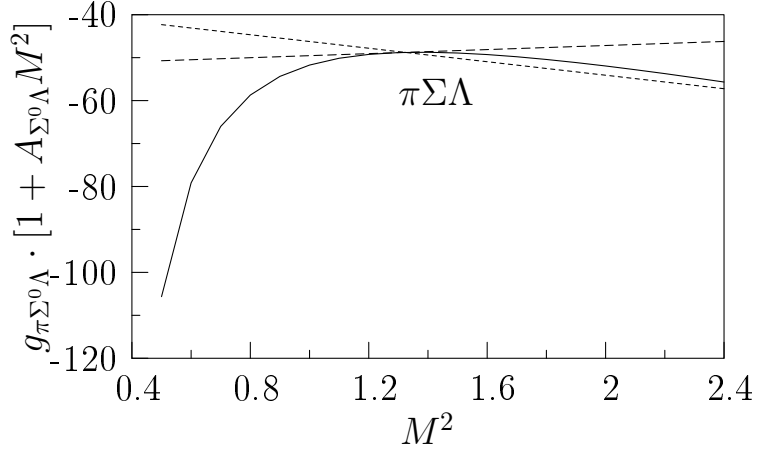


Рис. 2: Правая часть правила сумм (13) для константы  $g_{\pi\Sigma^0\Lambda}$  (сплошная линия). Штрихованная прямая – касательная к этой кривой в доверительном интервале  $1.2 \leq M^2 \leq 1.4$  ГэВ<sup>2</sup>.

и  $g_{\pi\Sigma\Lambda}$ :

$$\begin{aligned}
& \sqrt{3}m_\pi^2\lambda_\Lambda\lambda_{\Sigma^0}g_{\pi\Sigma\Lambda}e^{-(m_{\Sigma\Lambda}^2/M^2)}[1 + A_{\Sigma\Lambda}M^2] = \\
& \quad -m_\pi^2M^4E_0(x)\left[\frac{\langle\bar{d}d\rangle + \langle\bar{u}u\rangle}{12\pi^2f_\pi}\right] \\
& + \frac{M^2}{f_\pi}[2m_s\langle\bar{d}d\rangle\langle\bar{u}u\rangle + m_u\langle\bar{d}d\rangle\langle\bar{s}s\rangle + m_d\langle\bar{u}u\rangle\langle\bar{s}s\rangle] \\
& \quad + \frac{m_\pi^2}{72f_\pi}[\langle\bar{d}d\rangle + \langle\bar{u}u\rangle]\langle\frac{\alpha_s}{\pi}\mathcal{G}^2\rangle \\
& + \frac{1}{6f_\pi}m_0^2[m_s\langle\bar{d}d\rangle\langle\bar{u}u\rangle + m_u\langle\bar{d}d\rangle\langle\bar{s}s\rangle + m_d\langle\bar{u}u\rangle\langle\bar{s}s\rangle]. \tag{13}
\end{aligned}$$

Результаты опубликованы в [7, 8].

Построены также новые борелевские правила сумм КХД для сильных констант связи  $g_{K^-p\bar{\Lambda}}$ ,  $g_{\bar{K}^0\Sigma^0\bar{\Lambda}}$ ,  $g_{K^-p\bar{\Sigma}^0}$  и  $g_{\bar{K}^0\Sigma^0\bar{\Sigma}^0}$ . В качестве примера приведем

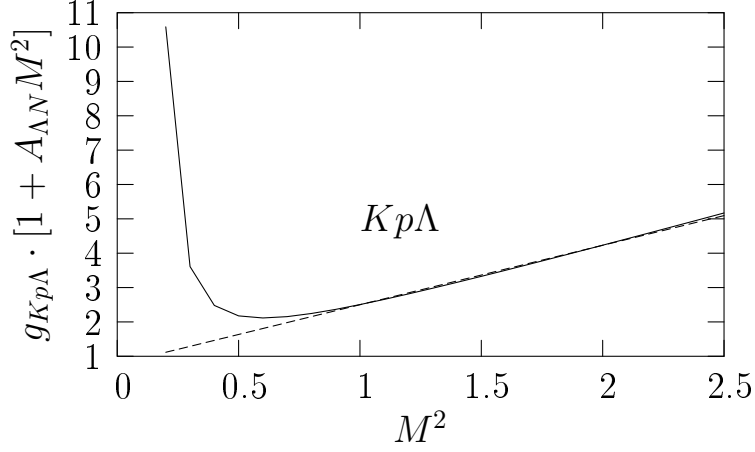


Рис. 3: Правая часть правила сумм (14) для константы  $g_{Kp\Lambda}$  (сплошная линия). Штрихованная прямая – касательная к этой кривой в доверительном интервале  $1.2 \leq M^2 \leq 1.4$  ГэВ<sup>2</sup>. Борелевская кривая задана Выр. (14)

выражение для  $g_{K-p\bar{\Lambda}}$ :

$$\begin{aligned}
& m_K^2 g_{K-p\bar{\Lambda}} \frac{\lambda_\Lambda \lambda_N M^2}{(M_\Lambda^2 - M_N^2)} (e^{-M_N^2/M^2} - e^{-M_\Lambda^2/M^2}) (1 + A_{\Lambda N} M^2) \\
&= -\frac{1}{2\sqrt{3}} [-m_K^2 M^4 E_0(x) \left[ \frac{(\langle \bar{u}u \rangle + \langle \bar{s}s \rangle)}{12\pi^2 f_K} + \frac{3f_{3K}}{4\sqrt{2}\pi^2} \right] + \\
&\quad \frac{(2m_0^2 + 3M^2)}{3f_K} [(m_u \langle \bar{d}d \rangle + m_d \langle \bar{u}u \rangle) (\langle \bar{u}u \rangle + \langle \bar{s}s \rangle)] \\
&\quad + \frac{M^2}{f_K} (m_u \langle \bar{d}d \rangle + m_d \langle \bar{u}u \rangle) (\langle \bar{u}u \rangle + \langle \bar{s}s \rangle) \\
&\quad + \frac{m_K^2}{72f_K} (\langle \bar{u}u \rangle + \langle \bar{s}s \rangle) \langle \frac{\alpha_s}{\pi} \mathcal{G}^2 \rangle]. \tag{14}
\end{aligned}$$

В третьей главе рассмотрены борелевские правила сумм на световом конусе для сильных констант связи  $K$  и  $\pi$  мезонов с октетом барионов в КХД. Токи обобщены введением свободного параметра  $t$ :

$$\begin{aligned}
\eta^{\Sigma^0} &= \frac{1}{\sqrt{2}} \epsilon_{abc} [(u^{aT} C s^b) \gamma_5 d^c - (d^{aT} C s^b) \gamma_5 u^c \\
&\quad + t \cdot (u^{aT} C \gamma_5 s^b) d^c - t \cdot (d^{aT} C \gamma_5 s^b) u^c]. \tag{15}
\end{aligned}$$

При  $t = -1$  мы возвращаемся в к току Иоффе (8). Используются поляриза-

ционные операторы вида:

$$\Pi^{B_2 \rightarrow B_1 M} = i \int d^4 x e^{ipx} \langle M(q) | T \{ \eta^{B_1}(x), \bar{\eta}^{B_2}(0) \} | 0 \rangle . \quad (16)$$

Показано, что справедливы соотношения аналогичные (10,11). Построены борелевские правила сумм на световом конусе для сильных констант связи  $K$  и  $\pi$  мезонов с октетом барионов. Вычислены значения сильных констант связи  $K$  и  $\pi$  мезонов с октетом барионов (см. таблицу 1). Результат опубликован в [9].

В заключении сформулированы основные результаты диссертации.

В приложении А приведены сильные константы связи в модели  $SU(3)$ . В приложении Б приведено преобразование Бореля.

**В заключение** кратко сформулируем основные результаты, полученные в диссертации и выносимые на защиту.

В рамках КХД построены соотношения:

- между поляризационными операторами для изоскалярной частицы  $\Lambda$  и изовекторной частицы  $\Sigma^0$ .
- между борелевскими правилами сумм для масс  $\Sigma^0$  и  $\Lambda$  гиперонов.
- между борелевскими правилами сумм для магнитных моментов  $\Sigma^0$ ,  $\Lambda$  и магнитного момента перехода  $\Sigma^0 \rightarrow \Lambda \gamma$ .

В рамках КХД построены борелевские правила сумм и вычислены значения:

- для сильных констант связи  $\pi^0$  и  $\eta$  мезонов с  $\Sigma$ ,  $\Lambda$  гиперонами:  $g_{\pi\Sigma\Sigma}$ ,  $g_{\pi\Lambda\Sigma}$  и  $g_{\eta\Sigma\Sigma}$ ,  $g_{\eta\Lambda\Lambda}$ .
- для сильных констант связи  $K$  мезонов с барионами:  $g_{K\Sigma N}$ ,  $g_{K\Lambda N}$ ,  $g_{K\Sigma\Sigma}$  и  $g_{K\Lambda\Sigma}$ .

В рамках КХД построены борелевские правила сумм на световом конусе и вычислены значения:

- для сильных констант связи  $K$  и  $\pi$  мезонов с октетом барионов

Канал	Обобщенный ток	Ток Иоффе	$SU(3)$
$\Lambda \rightarrow nK$	$-13 \pm 3$	$-9.5 \pm 1$	-14.3
$\Lambda \rightarrow \Sigma^+\pi^-$	$10 \pm 3$	$12 \pm 1$	10.0
$\Lambda \rightarrow \Xi^0 K^0$	$4.5 \pm 2$	$-2.5 \pm 0.5$	4.25
$n \rightarrow p\pi^-$	$21 \pm 4$	$20 \pm 2$	19.8
$n \rightarrow \Sigma^0 K^0$	$-3.2 \pm 2.2$	$-9.5 \pm 0.5$	-3.3
$p \rightarrow \Lambda K^+$	$-13 \pm 3$	$-10 \pm 1$	-14.25
$p \rightarrow p\pi^0$	$14 \pm 4$	$15 \pm 1$	Input
$p \rightarrow \Sigma^+ K^0$	$4 \pm 3$	$14 \pm 1$	5.75
$\Sigma^0 \rightarrow nK^0$	$-4 \pm 3$	$-9.5 \pm 1$	-3.32
$\Sigma^0 \rightarrow \Lambda\pi^0$	$11 \pm 3$	$12 \pm 1.5$	10.0
$\Sigma^0 \rightarrow \Xi^0 K^0$	$-13 \pm 3$	$-13.5 \pm 1$	-14
$\Sigma^- \rightarrow nK^-$	$5 \pm 3$	$15 \pm 2$	4.7
$\Sigma^+ \rightarrow \Lambda\pi^+$	$10 \pm 3.5$	$12.5 \pm 1$	Input
$\Sigma^+ \rightarrow \Sigma^0\pi^+$	$-9 \pm 2$	$-7.5 \pm 0.7$	-10.7
$\Xi^0 \rightarrow \Lambda K^0$	$4.5 \pm 1$	$-2.6 \pm 0.3$	4.25
$\Xi^0 \rightarrow \Sigma^0 K^0$	$-12.5 \pm 3$	$-13.5 \pm 1$	-14
$\Xi^0 \rightarrow \Sigma^+ K^-$	$18 \pm 4$	$19 \pm 2$	19.8
$\Xi^0 \rightarrow \Xi^0\pi^0$	$10 \pm 2$	$0.3 \pm 0.6$	-3.32

Таблица 1: Сильные константы связи для различных каналов в случае обобщенного тока, тока Иоффе ( $t = -1$ ) и в случае  $SU(3)$ .

**Основные результаты диссертации опубликованы в следующих работах:**

- [1] A. Özpineci, V. S. Zamiralov and S. B. Yakovlev. New QCD relations between magnetic moments of  $\Sigma^0$  and  $\Lambda$  hyperons. // 16th international spin physics symposium (spin2004) Trieste, Italy, 10-16 October 2004, (proceedings p. 29).
- [2] T. M. Aliev, A. Özpineci, V. S. Zamiralov and S. B. Yakovlev. Intercrossed relations between the QCD sum rules for  $\Sigma^0$  and  $\Lambda$  hyperons. // 1st Int. Workshop "Hadron Structure and QCD (HSQCD2004): from Low to High Energies", Repino, S-Petersburg, Russia, 18-22 May 2004, (proceedings pp. 252-257).
- [3] T. M. Aliev, A. Özpineci, S. B. Yakovlev and V. S. Zamiralov. New relations between the QCD sum rules  $KYN$  and  $KY\Xi$  couplings. // 2st Int. Workshop "Hadron Structure and QCD(HSQCD2005): from Low to High Energies Repino, S-Petersburg, Russia, 20-24 Sept. 2005.
- [4] T. M. Aliev, A. Özpineci, S. B. Yakovlev and V. S. Zamiralov. Unitary structure of the QCD sum rules  $KYN$  and  $KY\Xi$  couplings. // AIP Conf. Proc. 806, QCD@work 2005 International Workshop on Quantum Chromodynamics Theory and Experiment, Conversano, Bari, Italy, 16-20 June, 2005, (proceedings pp. 40-47).
- [5] A. Özpineci, S. B. Yakovlev and V. S. Zamiralov. QCD sum rules: intercrossed relations for the  $\Sigma^0$ - $\Lambda$  mass splitting. // Mod. Phys. Lett. A Vol. **20**, No. 4, 243-249 (2005).
- [6] В. С. Замиралов А. Озпинечи С. Б. Яковлев. Новые соотношения между борелевскими правилами сумм для магнитных моментов гиперонов  $\Sigma^0$  и  $\Lambda$ . // Ядерная физика, **68**, №2, 304-310 (2005)

- [7] В. С. Замиралов А. Озпинечи С. Б. Яковлев. Новые соотношения между борелевскими правилами сумм для сильных констант связи  $g_{\eta\Sigma^0\Sigma^0}$  и  $g_{\eta\Lambda\Lambda}$ . // Вестник московского университета. Серия 3. Физика. Астрономия, №4, с. 29-32 (2005).
- [8] В. С. Замиралов А. Озпинечи С. Б. Яковлев. Правила сумм в КХД для  $g_{\eta\Lambda\Lambda}$  и  $g_{\pi\Lambda\Sigma^0}$ . // Ядерная физика, **69**, №3, 532-541 (2006)
- [9] T. M. Aliev, A. Özpineci, S. B. Yakovlev and V. S. Zamiralov. Meson-octet-baryon couplings using light cone QCD sum rules. // Phys. Rev. D **74**, 116001 (2006).

Подписано к печати 06.04.07

Тираж 80 Заказ 52

Отпечатано в отделе оперативной печати  
физического факультета МГУ