

3-915

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

2-92-516

УДК 539.145

ЗУБОВ

Юрий Анатольевич

**МУЛЬТИКВАРКОВЫЕ КОНФИГУРАЦИИ
В КВАРКОВОЙ МОДЕЛИ,
УЧИТЫВАЮЩЕЙ СТРУКТУРУ ВАКУУМА КХД**

Специальность: 01.04.02 — теоретическая физика

**Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук**

Дубна 1992

Работа выполнена в Лаборатории теоретической физики Объединенного института ядерных исследований.

Научные руководители:

доктор физико - математических наук
кандидат физико - математических наук

И. Н. Боголюбов
А. Е. Дорохов

Официальные оппоненты:

доктор физико - математических наук
кандидат физико - математических наук

М. А. Иванов
И. Т. Обуховский

Ведущее научно-исследовательское учреждение:

Институт физики высоких энергий.

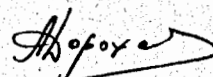
Защита диссертации состоится на заседании специализированного совета К047.01.01 в Лаборатории теоретической физики Объединенного института ядерных исследований "20" И 1993г. по адресу г. Дубна Московской области.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Объединенного института ядерных исследований.

Автореферат разослан "18" 12 1992 г.

Ученый секретарь совета

кандидат физико - математических наук А. Е. Дорохов



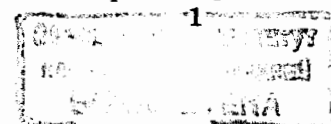
Актуальность темы.

В последнее время был развит подход к низкоэнергетической адронной физике, основанный на кварковой модели с взаимодействием кварков через вакуум КХД. В рамках этой модели показано, что потенциал конфайнмента связан с взаимодействием кварков с длинноволновыми вакуумными флуктуациями, конденсатами, в то же время спиновые расщепления между и внутри мультиплетов объясняются взаимодействием кварков через коротковолновые флуктуации, инстантоны. Параметры модели выражаются через фундаментальные величины КХД вакуума, а их значения получены в рамках феноменологических моделей вакуума КХД.

Оказывается, что спектроскопия мультикварковых состояний очень чувствительна к динамическому механизму расщепления между различными состояниями. Поэтому исследование мультикварковых состояний имеет фундаментальное значение для понимания природы сильных взаимодействий. В последние годы, в связи с развитием экспериментальной техники, в спектроскопии мезонов появилось большое число новых, более статистически значимых данных. Поэтому теоретические оценки масс, ширины, описание каналов рождения и распадов мультикварковых состояний является актуальным.

Имеются также серьезные основания считать, что сложная структура вакуума КХД имеет самое непосредственное отношение как к спектроскопии адронов и их статическим характеристикам, так и к динамическим процессам идущим при высоких энергиях. В связи с этим представляют большой интерес процессы взаимодействия поляризованных частиц при высоких энергиях. Этот интерес вызван в первую очередь результатом измерения ЕМС коллаборацией спиральности заряженных составляющих протона. Анализ данных привел к выводу, что сумма спиральностей кварков внутри протона практически равна нулю ($\Delta\Sigma \approx 0$). Этот результат находится в явном противоречии с ожиданиями конституентной кварковой модели ($\Delta\Sigma \approx 1$), где все спиральности протона переносятся валентными кварками. Объяснение больших поляризационных явлений при больших энергиях в рамках подхода, основанного на представлении о сложной структуре вакуума КХД, является также актуальным.

Цель работы состоит в рассмотрении свойств мультикварковых



конфигураций и описании особенностей спин - зависимых структурных функций протона в процессе глубоко - неупругого рассеяния в рамках подхода, учитывающего сложную структуру вакуума КХД.

Научная новизна и практическая ценность. Рассматривается кварковая модель, в которой самосогласованным образом учитывается взаимодействие кварков через непертурбативный вакуум КХД. Показано, что особенности спектра четырехкварковых состояний определяются взаимодействием кварков через обмен непертурбативными флуктуациями КХД - вакуума - инстантоны. Физический спектр четырехкварковых состояний представляет собой сильно смешанные состояния из различных мультиплетов $SU_f(3)$ группы. На основе вычисленного базиса $q^2\bar{q}^2$ мезонов рассмотрен процесс рождения четырехкварковых состояний в $\gamma\gamma$ рассеянии и дано его качественное описание. Вычислены сечения рождения $q^2\bar{q}^2$ мезонов в $N\bar{N}$ рассеянии, и сделаны предсказания по экспериментальному обнаружению четырехкварковых резонансов в этой реакции.

Предложен новый подход к решению проблемы "спинового кризиса", связанного с малой величиной матричного элемента по протону от синглетного по аромату аксиально - векторного тока. Показано, что взаимодействие через инстантоны приводит к значительной компенсации спиральности валентных кварков за счет возникновения примеси мультикварковых конфигураций в волновой функции протона, поляризованных против спина протона. Предложена новая параметризация спин-зависимых функций распределения кварков в протоне. Отмечается, что данные $g_1^p(x)$ полученные в ЕМС-эксперименте можно объяснить лишь в предположении аномального поведения спин-зависимых структурных функций в области малых значений скейлинговой переменной ($x \rightarrow 0$). Дается конкретное предсказание для структурной функции $g_1^p(x)$. Исходя из того, что аномальное поведение структурных функций при малых x связано с невымирающими с энергией вкладами в адронные сечения, предложен новый обмен "аномалоном" в упругое $pp, p\bar{p}$ - рассеяние при высоких энергиях.

Апробация работы. Основные результаты работы неоднократно докладывались на семинарах ИФВЭ АН РК, в Лаборатории теоретической физики Объединенного института ядерных исследований, в институте математики СО АН СССР, а также обсуждались на IX,

XI Международном семинаре по проблемам физики высоких энергий (релятивистская ядерная физика и квантовая хромодинамика, Дубна, 1988, 1992), на сессии ОЯФ АН СССР (Частицы и ядра при высоких энергиях, ноябрь, 1989), на IX Международной конференции по спиновой физике высоких энергий (Протвино, 91).

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 11 работ

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, трех глав и заключения. Она содержит 102 страниц текста, 19 рисунков, 11 таблиц. Библиографический список включает 120 ссылок.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении содержится обзор литературы, посвященный вычислениям свойств адронов в рамках решеточной версии КХД правилам сумм КХД и составным кварковым моделям. Сформулирована цель работы и изложено краткое содержание.

В первой главе мы даем формулировку модели. В качестве начального приближения используется модель кварковых мешков. Взаимодействие между кварками индуцируется обменом вакуумными флуктуациями и непертурбативно по своему характеру. Непертурбативные поля можно разбить на две части: длинноволновая, которая определяет конфайнмент, и коротковолновую, которая дает вклад во взаимодействие кварков на малых расстояниях. Показано, что взаимодействие кварков через коротковолновые непертурбативные поля - инстантоны, приводит к спин - спиновым силам, ответственным за формирование структуры спектра адронов. Массовая формула, имеет вид:

$$M_H^2 = E^2 - \langle P^2 \rangle, \quad (1)$$

где энергия кварков в мешке

$$E = E_{kin} + \Delta E_{OGE} + \Delta E_{inst} + E_{vac} \quad (2)$$

есть сумма кинетической энергии кварков и энергии их взаимодействия с вакуумным полем и за счет одноглюонного обмена, а $\langle P^2 \rangle$ - поправка на движение центра масс, N_i - число валентных кварков

определенного аромата, находящихся в данном адроне. Получен спектр масс основных состояний адронов. Показано, что модель объясняет природу спин-спиновых межкварковых сил и в частности описывает основные особенности спектра: $(\Delta - N)$ -, $(\Xi - \Sigma)$ - и $(\pi - \rho)$ - расщепления.

Во второй главе вычисляется спектр четырехкварковых $(q^2\bar{q}^2)$ состояний. Взаимодействие кварков через инстантоны дает сильное смешивание состояний из различных неприводимых представлений группы $SU_f(3)$. Вычислены углы их смешивания.

Полученный базис $q^2\bar{q}^2$ состояний стал предметом проверки в различных физических приложениях. Так, например, все особенности $a_0(980)$ мезона объяснены благодаря его связи с $C_\pi^s(9_f)$, и $C_\pi(36_f)$. Описаны сигналы резонансного типа в рассеянии γ - квантов в векторные мезоны. Достигнуто согласие экспериментальных результатов парциально - волнового анализа в $\rho\rho$ системе, с теоретическими расчетами, полученными в рамках рассматриваемой модели.

Сечения рассеяния $N\bar{N}$ системы в $(q^2\bar{q}^2)(q\bar{q})$ мезоны имеет вид:

$$d\sigma(N\bar{N} \rightarrow mm') \propto \left| \sum_i \frac{\langle N\bar{N}|C_i m\rangle \langle C_i m|mm'm\rangle}{m_i^2 - s - i(\sqrt{s}\Gamma(s) + a_i * m_i * \Gamma^0)} \right|^2 \quad (3)$$

$$\langle C_i m|mm'm\rangle \propto \langle m|m\rangle \langle C_i|mm'\rangle$$

Вычислены матричные элементы $\langle C_i|mm'\rangle$, $\langle N\bar{N}|C_i m\rangle$

Дано описание экспериментальных данных в $N\bar{N} \rightarrow a_0(980)\omega$ реакции. Предсказываются сечения рождения $a_0(980)$ мезона в различных каналах $N\bar{N} \rightarrow a_0(980)\pi, \eta, \omega, \rho$. В этой главе мы приводим также многочисленные предсказания для $N\bar{N}$ реакции, в которой рождаются $q^2\bar{q}^2$ мезоны.

В третьей главе рассмотрены спин-зависимые структурные функции распределения кварков в протоне. В водной части рассмотрена кинематика поляризованного глубоко-неупругого рассеяния, и приведены данные ЕМС эксперимента. Рассматривается спин протона в составной кварковой модели и непертурбативной КХД.

Взаимодействие между кварками, индуцируемое инстантонами имеет вид:

$$\Delta\mathcal{L}^{inst} = \sum_{i>j}^{i=u,d,s} n_c(-k')^2. \quad (4)$$

$$\cdot \{ \bar{q}_i R q_i L \bar{q}_j R q_j L [1 + \frac{3}{32} \lambda_i^a \cdot \lambda_j^a (1 - \frac{3}{4} \sigma_{\mu\nu}^i \cdot \sigma_{\mu\nu}^j)] + (R \leftrightarrow L) \}$$

Непертурбативное взаимодействие (4) изменяет спиральность кварков на величину $-2N_f$. Это обстоятельство становится основополагающим в построении динамического механизма, который порождает существенную редукцию спина протона. Так показано, что существенный вклад в спин протона могут давать морские кварки, рожденные инстантонами. Вычислен вклад в функцию распределения морских кварков наиболее важной при $x \rightarrow 1$ пятикварковой конфигурации в протоне, возникающей за счет инстантонов. При $x \rightarrow 0$ в функцию распределения морских кварков дают все мультикварковые конфигурации в протоне, поэтому для описания ЕМС-эксперимента введена новая особенность-"аномалон". Предложена параметризация спин-зависимых структурных функций:

$$g_1^p(x) = -\frac{0.151}{x \ln^2 x} (1-x)^5 + 0.625(1-x)^{2.57}. \quad (5)$$

Рассмотрена динамика адронных взаимодействий при высоких энергиях с учетом обмена "аномалоном".

В заключении дано краткое обсуждение основных результатов работы.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

1. В рамках кварковой модели учитывающей взаимодействие кварков с вакуумными полями, рассчитан спектр четырехкварковых состояний.

2. Дано описание экспериментальных данных в $\gamma\gamma$ рассеянии с рождением $q^2\bar{q}^2$ мезонов.

3. Вычислено сечение $N\bar{N}$ рассеяния в $(q^2\bar{q}^2)(q\bar{q})$ мезоны.

4. Дано описание $a_0(980)$ мезона как четырехкваркового. Предсказаны отношения сечений в различных каналах рождения $a_0(980)$ мезона в $N\bar{N}$ рассеянии.

5. Предсказаны отношения сечений рождения тензорных $q^2\bar{q}^2$ мезонов в $N\bar{N}$ рассеянии.

6. Предложена параметризация спин - зависимых структурных функций морских кварков в нуклоне. Предсказывается аномальное поведение структурной функции $g_1^p(x)$ при малых x .

7. Предложен механизм адронных взаимодействий при высоких энергиях при помощи нового обмена-"аномалона".

8. В рамках предложенного механизма достигнуто удовлетворительное описание упругих $pp, p\bar{p}$ взаимодействий при высоких энергиях.

Основные результаты диссертации опубликованы
в следующих работах:

1. Ю.А.Зубов. Доминантность мягких партонов в столкновениях адронов высоких энергий. Труды конференции, "Наука", Алма-Ата, 1986
2. А.Е.Дорохов, Ю.А.Зубов, Н.И.Кочелев. Эффекты вакуума КХД и спектроскопия мультикварковых состояний. Труды IX Международного семинара по проблемам физики высоких энергий стр.12, Дубна, 1988г., ОИЯИ
3. А.Е.Дорохов, Н.И.Кочелев, Ю.А.Зубов. QCD Vacuum in Quark Models and $q^2\bar{q}^2$ Mesons. *preprint JINR E2-89-235 Dubna* (1989)
4. А.Е.Дорохов, Ю.А.Зубов, Н.И.Кочелев. Вакуум КХД в кварковых моделях и $q^2\bar{q}^2$ - мезоны 50 (1989) стр.1717
5. А.Е.Дорохов, Н.И.Кочелев, Ю.А.Зубов. The $q^2\bar{q}^2$ Mesons $a_0(980)$, $f_0(975)$ and QCD Vacuum. *preprint JINR E2-89-867 Dubna* (1989)
6. А.Е.Дорохов, Н.И.Кочелев, Ю.А.Зубов. Structure functions of Sea Quarks, Kogut - Susskind Pole and Dynamics of pp - and $p\bar{p}$ - Interactions at High Energies. *preprint JINR E2-91-375 Dubna* (1991)

7. А.Е.Дорохов, Н.И.Кочелев, Ю.А.Зубов. Spin - Dependent Structure Functions of Nucleon and Nuclei. *Proceedings of The International Workshop Dubna Deuteron-91, Dubna, 1992.*, p.306

8. А.Е.Дорохов, Н.И.Кочелев, Ю.А.Зубов. Proton Spin Within Nonperturbative QCD. *preprint ANL PHY-7056-TH-92 Argonne* (1992); Proton Spin In Nonperturbative QCD. XI International Seminar on High Energy Physics Problems, **Dubna**, 1992, p.76.

9. А.Е.Дорохов, Н.И.Кочелев, Ю.А.Зубов. Dynamics of pp - And $p\bar{p}$ - Interactions at High Energies and new Regge trajectory. *Proc NAN-91* vol.55, p.1584, **Moscow** (1991), ITEP, *Sov.J. of Nucl.Phys.*

10. А.Е.Дорохов, Н.И.Кочелев, Ю.А.Зубов. Quark Model In The Nonperturbative QCD Approach. *preprint IFUP-TH 47/92 PISA* (1992)

11. А.Е.Дорохов, Ю.А.Зубов, Н.И.Кочелев. Проявление структуры вакуума КХД в составных кварковых моделях 23 (1992) стр.1192

Э 400

Рукопись поступила в издательский отдел
9 декабря 1992 года.