



**ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

**УДК 530.145**

**P2-88-398**

**ЧАВЛЕЙШВИЛИ**  
**Михаил Петрович**

**ФОРМАЛИЗМ СПИНОВЫХ АМПЛИТУД  
ДЛЯ БИНАРНЫХ ПРОЦЕССОВ**

**Специальность: 01.04.02 - теоретическая  
и математическая физика**

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

**Дубна 1988**

Работа выполнена в Лаборатории теоретической физики  
Объединенного института ядерных исследований и Институте  
физики высоких энергий Тбилисского ордена Трудового  
Красного Знамени государственного университета.

Официальные оппоненты:

доктор физико-математических наук  
профессор

БАРБАШОВ  
Борис Михайлович

доктор физико-математических наук  
профессор

ТЮРИН  
Николай Евгеньевич

доктор физико-математических наук  
профессор

Файнберг  
Владимир Яковлевич


Ведущая организация - Математический институт  
им. В.А. Стеклова АН СССР, Москва.

Защита диссертации состоится " " \_\_\_\_\_ 1988 г.  
на заседании специализированного совета Д 047.01.01  
Лаборатории теоретической физики Объединенного института  
ядерных исследований, Дубна Московской области.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке  
Объединенного института ядерных исследований.

Автореферат разослан " " \_\_\_\_\_ 1988 г.

Ученый секретарь  
специализированного совета  
кандидат физико-математических наук

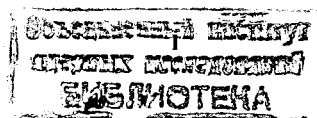
  
В.И. Куравлев

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы определяется важной ролью изучения спиновых эффектов в современной физике элементарных частиц. Неисчезающие с ростом энергии спиновые эффекты служат тестом для теоретических представлений. Как показывает накопленный опыт, изучение спиновых явлений представляет эффективный способ обнаружения новых, часто неожиданных свойств калибровочных теорий фундаментальных взаимодействий и стимулирует развитие основ теории.

Дирак, предложив свое знаменитое уравнение для свободной частицы со спином  $1/2$ , продемонстрировал фундаментальную роль спина в релятивистской физике. Для развития теории элементарных частиц очень важно то обстоятельство, что аппарат, развитый для описания спина, оказался общим, пригодным не только для описания спина как такового, но и для обобщения этого понятия при изучении внутренних свойств симметрии элементарных частиц. Описание спина на основе математического аппарата теории групп явилось прообразом различных теорий внутренних симметрий. Для простейшей из них - теории изотопического спина (Гейзенберг) группой внутренних симметрий является  $SU(2)$ . Следующим шагом стало рассмотрение более общей группы унитарных симметрий - группы  $SU(3)$ , предложенной Гелл-Манном и Неemanом, что привело к гипотезе о кварках. Введение нового квантового числа - цвета и появление соответствующей группы  $SU_c(3)$  для цветных кварков (Боголюбов, Струминский, Тавхелидзе и Хан, Намбу) увенчалось созданием квантовой хромодинамики. С использованием пертурбативных методов в КХД достигнуты большие успехи при объяснении закономерностей инклюзивных процессов глубоконеупругого рассеяния и др. Однако эта теория сталкивается с определенными трудностями при описании бинарных процессов и спиновых эффектов.

Единым образом описывают частицы с разными спинами суперсимметричные теории. В них фермионы и бозоны входят в едином мультиплете - компонентами суперполя являются частицы с различными значениями спинов. Предсказывается ряд частиц, среди которых ключевую роль играет гравитино, имеющее спин  $3/2$ .



Спиновые эффекты важны для получения детальной информации о взаимодействии элементарных частиц. Особенно возрос интерес к спиновым явлениям в связи с появлением поляризованных пучков и мишеней. При высоких энергиях были открыты неожиданные результаты, связанные с поляризационными явлениями.

Полученные результаты стимулировали развитие теоретических работ и частично уже нашли объяснение. Однако ряд вопросов остается нерешенным. Поиск ответов на эти вопросы требует постановки новых поляризационных опытов повышенной точности с применением поляризованных пучков и изучения возможных новых физических процессов.

В настоящее время обсуждаются физические программы на новом поколении ускорителей, в которых значительная роль отводится изучению спиновых эффектов. Существует программа поляризационных исследований на строящемся ускорителе УНК в Серпухове.

Описание рассеяния частиц с большими спинами является достаточно сложной задачей, в частности из-за большого количества амплитуд. Помимо роста числа амплитуд (степеней свободы) ситуация усложняется тем, что параметризация не единственна — существует много альтернативных наборов амплитуд. При этом появляются ограничения, связанные с наличием у частиц ненулевого спина, вытекающие, в частности, из закона сохранения момента количества движения.

Законы сохранения накладывают ограничения как на число степеней свободы процесса (число независимых амплитуд), так и, что более существенно, на структуру и поведение самих амплитуд. Желательно иметь формализм, автоматически учитывающий все требования, вытекающие из законов сохранения. При наличии спина аналитическая структура спиральных амплитуд (которые часто используются для описания бинарных процессов) становится сложной. Помимо особенностей, которые имела амплитуда рассеяния бесспиновых частиц (их называют динамическими особенностями), появляются дополнительные особенности, связанные со спином (т.н. кинематические особенности).

Общий формализм описания бинарных процессов с произвольными спинами нужен для обобщения на реальные случаи тех результатов, которые проще сначала получить для равных масс и нулевых спинов, т.е. для процесса, который можно представить реакцией<sup>X</sup>

$$\alpha(m, 0, 0) + \beta(m, 0, 0) \rightarrow \gamma(m, 0, 0) + \delta(m, 0, 0) \quad (I)$$

<sup>X</sup> В скобках указаны значения масс, спина и спиральности соответствующих частиц.

для реальных процессов

$$\alpha(m_1, s_1, \lambda_1) + \beta(m_2, s_2, \lambda_2) \rightarrow \gamma(m_3, s_3, \lambda_3) + \delta(m_4, s_4, \lambda_4), \quad (2)$$

когда хотя бы одна частица имеет ненулевой спин. Принципиальной является задача описания взаимодействия частиц со спином с учетом строгих законов сохранения. При этом необходимо найти адекватный формализм, который был бы пригоден для единого рассмотрения процессов при произвольных значениях массы и спина частиц и выявления общих спиновых закономерностей.

В этой ситуации несомненно актуальной является разработка такого подхода к описанию взаимодействий элементарных частиц, который, опираясь на общие принципы теории, позволил бы проводить описание наблюдаемых величин в процессах с участием частиц с любыми значениями масс и спинов.

Целью работы является формулировка единого подхода к исследованию бинарных процессов с произвольными массами и спинами. Нахождение удобного языка для экспериментального и теоретического изучения рассеяния частиц. Нахождение общих спиновых закономерностей в различных реакциях; обобщение результатов, полученных для малых значений спинов, на процессы с участием частиц с большими спинами. Получение новых результатов, которых нет для простейшего случая рассеяния бесспиновых частиц. Изучение общих свойств спиральных амплитуд — их кинематической структуры; получение дисперсионных соотношений и правил сумм. Изучение ранее не рассматривавшихся процессов (с участием фотино и гравитино). Получение модельно-независимых результатов (низкоэнергетических теорем, дисперсионных неравенств типа правил сумм). Рассмотрение на базе предложенного формализма модельных представлений.

Научная новизна. В диссертации открыто новое направление в теории взаимодействий элементарных частиц — развит единый подход к анализу любых бинарных процессов. Создан новый формализм единого описания бинарных процессов частиц с произвольными значениями масс и спинов. Такие процессы предлагается описывать на языке введенных в диссертации новых наборов амплитуд — дисперсионных и динамических. Эти амплитуды вводятся с использованием законов сохранения и свойств симметрии.

На базе предложенной параметризации впервые получены простые дисперсионные соотношения и дуальные правила сумм для каждой спиральной амплитуды бинарных процессов. Впервые доказаны низкоэнергетические теоремы для процессов с участием предсказываемых суперсимметрией частиц — фотино и гравитино. Выявлена кинематическая природа этих теорем. На основе общего формализма впервые показано, что низкоэнергетические теоремы справедливы для класса процессов рассеяния безмассовых частиц на массивных. Показано, как изменяется вид теорем с ростом спина безмассовой частицы.

Предложен новый способ доказательства модельно-независимых дисперсионных неравенств типа правил сумм для рассеяния фотона на мшиени с произвольным спином. С помощью дисперсионных амплитуд аннигиляционного канала впервые доказаны дисперсионные неравенства для комптоновского рассеяния поляризованного фотона на пионе и нуклоне.

С использованием динамических амплитуд в диссертации исследуются адрон-адронные процессы при высоких энергиях и больших фиксированных углах рассеяния. На основе гипотезы об ослаблении спиновых корреляций в указанной области получен новый кинематический механизм подавления или усиления вкладов спиральных амплитуд в наблюдаемые величины — кинематическая иерархия. Получена кинематическая иерархия для пион-нуклонного и нуклон-нуклонного рассеяния.

Практическая ценность. Результаты исследований, на которых основана диссертация, уже нашли применение при получении модельно-независимых результатов для бинарных процессов частиц со спином. Развитые в диссертации методы могут быть использованы для анализа экспериментальных данных. Доказанные в диссертации низкоэнергетические теоремы для фотино и гравитино получены для частиц, связанных с теорией суперсимметрии. Эта теория не является завершенной, что придает особый интерес полученным в диссертации общим модельно-независимым результатам. Важной задачей на будущее является проверка предложенной в диссертации гипотезы об ослаблении спиновых корреляций для динамических амплитуд на будущих ускорителях, например на строящемся ускорителе УНК в Серпухове.

#### НА ЗАЩИТУ ВЫДВИГАЮТСЯ СЛЕДУЮЩИЕ РЕЗУЛЬТАТЫ:

1. Предложен универсальный подход единого описания бинарных процессов для частиц с любыми массами и спинами, который основан на введении дисперсионных и динамических амплитуд.

2. Для произвольного бинарного процесса получены дисперсионные соотношения непосредственно для каждой спиральной амплитуды, а также дуальные правила сумм.

3. Впервые доказаны низкоэнергетические теоремы в суперсимметрии для амплитуд рассеяния гравитино и фотино на массовой частице с произвольным спином.

4. Предложен новый метод доказательства дисперсионных неравенств типа правил сумм. Впервые получены модельно-независимые ограничения на сечения рассеяния поляризованного фотона на пионе и нуклоне.

5. На базе предложенного общего формализма развиты модельные представления. Показано, что в предположении об ослаблении спиновых корреляций динамических амплитуд в области высоких энергий и больших фиксированных углов имеет место кинематическая иерархия вкладов спиральных амплитуд в наблюдаемые величины пион-нуклонного и нуклон-нуклонного рассеяния.

Апробация диссертации. Основные результаты диссертации докладывались на семинарах Лаборатории теоретической физики Объединенного института ядерных исследований (Дубна), Института физики высоких энергий Тбилисского государственного университета (Тбилиси), Института ядерных исследований АН СССР (Москва), Института физики высоких энергий (Протвино), Математического института им. В.А. Стеклова АН СССР (Москва), Физического института им. П.И. Лебедева АН СССР (Москва), Института математики им. А.М. Размадзе АН ГССР (Тбилиси), Института теоретической физики АН УССР (Киев) и др.; на сессиях Отделения ядерной физики АН СССР (1981–1987 гг.), а также на сессии Отделения математики и физики АН ГССР; на международных семинарах "Кварки-84" и "Кварки-86" (Тбилиси), на конференциях по проблемам квантовой теории поля и физики высоких энергий (Протвино, 1985, 1986), на Международных семинарах по проблемам физики высоких энергий: "Релятивистская ядерная физика и квантовая хромодинамика" (Дубна, 1986, 1988), на совещании "Гравитино и космология" (Киев, 1985), на симпозиуме "Феноменология сильных взаимодействий" (Киев, 1985), Международной конференции по физике высоких энергий (Лейпциг, 1984), Международном симпозиуме по спиновым явлениям в физике высоких энергий (Протвино, 1986), на Международном совещании по проблемам квантовой теории поля (Алушта, 1987 г.) и др. По материалам диссертации автор подготовил и прочитал лекции на Международной школе по физике элементарных частиц (Варна, 1988 г.).

Публикации. По результатам диссертации опубликовано 34 работы. Все работы выполнены без соавторов.

Объем работ. Диссертация состоит из введения, шести глав основного текста и заключения. Она содержит 195 страниц машинописного

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении приводится краткий очерк развития физики спиновых явлений, роли в современной физике элементарных частиц понятия спина, обоснована актуальность и важность проведенного в диссертации исследования, а также дано краткое изложение содержания работы.

В первой главе излагаются вопросы кинематики спина для любых бинарных процессов на основе принципов симметрии и законов сохранения. В § 1 рассматривается задача разделения кинематики и динамики, обеспечения выполнения законов сохранения и выделения кинематических сингулярностей. В § 2 устанавливается число амплитуд, которые нужно рассматривать для полного описания процессов рассеяния частиц со спином. Перечисляются основные наборы амплитуд, которые используются наиболее часто.

В § 3 обсуждается спиральный формализм. На языке спиральных амплитуд удобно рассматривать рассеяние частиц со спином. Спиральные амплитуды имеют ясный физический смысл, одинаковые размерности; они простым образом связаны с наблюдаемыми величинами. Однако спиральные амплитуды обладают и существенными недостатками: в них не полностью учтены требования законов сохранения и они помимо особенностей, которые определяются условием унитарности (динамических особенностей), имеют дополнительные кинематические особенности — нули, полюса, точки ветвления и т.д., которые связаны со спином и в матрице рассеяния не содержатся. По этой причине сами спиральные амплитуды параметризуются посредством других амплитуд: инвариантных, приведенных, регуляризованных, динамических и т.д.

В § 4 рассмотрена параметризация спиральных амплитуд посредством инвариантных амплитуд. В качестве примера подробно анализируются инвариантные амплитуды для комптон-эффекта на пионе и нуклоне. Основная трудность в данном подходе заключается в резком увеличении сложности формализма с ростом спина, что делает нахождение и использование инвариантных амплитуд практически невозможным для процессов с участием частиц со спином больше 1.

В § 5 исследуется связь между симметрией физической задачи и разложением в ряд спиральных амплитуд. Вводятся так называемые дисперсионные амплитуды. Формализм дисперсионных амплитуд обеспечивает автоматическое выполнение законов сохранения проекции момента количества движения для рассеяния вперед и назад. Связь между спиральными и дисперсионными амплитудами задается универсальной формулой, справедливой для всех амплитуд, описывающих бинарные процессы с любыми зна-

чениями масс и спинов частиц. Для упругих процессов можно ввести дисперсионные амплитуды с помощью отношений ( $m$  и  $M$  — массы частиц,  $\lambda = \lambda_1, \lambda_2, \mu = \lambda_3, \lambda_4$ ):

$$f_{\lambda_3 \lambda_4, \lambda_1 \lambda_2}(s, t) = \left( \frac{\sqrt{-t}}{M+m} \right)^{|\lambda_3 - \mu|} \left( \frac{\sqrt{s+t} [s - (M+m)^2] [s - (M-m)^2]}{(M+m)^2} \right)^{|\lambda_1 + \mu|} f_{\lambda_3 \lambda_4, \lambda_1 \lambda_2}(s, t). \quad (3)$$

Аналогичная формула имеет место для неупругих процессов. Каждой спиральной амплитуде для всех бинарных процессов соответствует по одной дисперсионной амплитуде. Это придает ясный физический смысл дисперсионным амплитудам. Дисперсионные амплитуды свободны от кинематических особенностей, но лишь по одной из двух независимых инвариантных переменных — по переменной  $t$  для  $s$ -канальных амплитуд. Все эти особенности в (3) выделены явным образом. Дисперсионные амплитуды имеют одинаковые размерности, они не содержат ложных особенностей по переменной  $s$ . Для многих задач  $S$ -матричного подхода дисперсионные амплитуды очень удобны.

В диссертации рассмотрены конкретные примеры использования этих амплитуд при рассмотрении дисперсионных соотношений при фиксированном  $S$  (глава III) и доказательстве модельно-независимых дисперсионных неравенств типа правил сумм (глава V).

Во второй главе продолжается изучение кинематики спина. Использование кроссинг-соотношений для дисперсионных амплитуд позволяет найти и выделить кинематические особенности спиральных амплитуд прямого канала по переменной  $s$ . Это приводит к определению динамических амплитуд. Динамические амплитуды свободны от кинематических особенностей по всем инвариантным переменным, имеют ясный физический смысл, одинаковые размерности. В формализме динамических амплитуд полностью разделены кинематические и динамические свойства спиральных амплитуд.

В § 1 рассматриваются кроссинг-соотношения между дисперсионными амплитудами прямого и аннигиляционного канала. Кинематические особенности по переменной  $s$  определенной дисперсионной амплитуды  $s$ -канала содержатся в коэффициентных функциях перед амплитудами  $t$ -канала в указанных кроссинг-соотношениях.

В § 2 второй главы вводятся динамические амплитуды для интересно и в данном формализме кинематически простого процесса рассеяния безмассового гравитино (частицы со спином  $3/2$ ) на массивной частице с нулевым спином.

В § 3 вводятся динамические амплитуды для упругих процессов. Сначала в качестве иллюстрации рассматривается пин-нуклонное рассеяние, а затем — общий класс упругих процессов. Связь между дисперсионными и динамическими амплитудами для процессов с участием массивных частиц имеет вид

$$\int_{\lambda_3, \lambda_1, \lambda_2}^{\pm} (s, t) = \left( \frac{\mathcal{L}}{M+m} \right)^{-2(s+s_1)} \mathcal{D}_{\lambda_3, \lambda_1, \lambda_2}^{\pm}(s, t), \quad (4)$$

где

$$\mathcal{L} = [s - (M+m)^2] [s - (M-m)^2]. \quad (5)$$

Здесь, как и для связи между спиральными и дисперсионными амплитудами (3), имеем соотношения "один к одному". Отсюда следует, что для упругих процессов каждой спиральной амплитуде соответствует одна динамическая амплитуда.

Для комптон-эффекта на мишени с произвольным спином  $S$  и массой  $m$  динамические амплитуды можно ввести с помощью соотношения

$$f_{\lambda_3, \lambda_1, \lambda_2}^{\pm}(s, t) = \left( \frac{s-m^2}{m^2} \right)^{-2s} \left( \frac{\sqrt{s-t}}{m} \right)^{|\lambda-\mu|} \left( \frac{\sqrt{s-t+(s-m^2)^2}}{m^2} \right)^{|\lambda+\mu|} \mathcal{D}_{\lambda_3, \lambda_1, \lambda_2}^{\pm}(s, t). \quad (6)$$

Динамические амплитуды для произвольного неупругого процесса вводятся в § 4. Связь между динамическими и спиральными амплитудами имеет вид

$$\mathcal{D}_{\lambda_3, \lambda_1, \lambda_2}^{\pm}(s, t) = K_{\lambda_3, \lambda_1, \lambda_2}^{(1)} f_{\lambda_3, \lambda_1, \lambda_2}^{\pm}(s, t) \pm K_{\lambda_3, \lambda_1, \lambda_2}^{(2)} f_{\lambda_3, \lambda_1, -\lambda_2}^{\pm}(s, t). \quad (7)$$

Кинематические особенности содержатся в функциях  $K^{(1)}(s, t)$  и  $K^{(2)}(s, t)$ , явный вид которых приведен в диссертации.

В третьей главе обсуждается метод получения дисперсионных соотношений для спиральных амплитуд любого бинарного процесса в рамках  $S$ -матричного формализма. Как дисперсионные, так и динамические амплитуды простым образом связаны со спиральными амплитудами, что и дает возможность получить дисперсионные соотношения для каждой спиральной амплитуды ("индивидуальные" дисперсионные соотношения) или их парных комбинаций (для неупругих процессов при фиксированном  $t$ ).

В § I рассматривается место дисперсионных соотношений в современной теории. Далее, в § 2, излагается традиционный метод дисперсионных соотношений для инвариантных амплитуд. Эти амплитуды свободны от кинематических особенностей, они содержат только динамические особенности и удовлетворяют дисперсионным соотношениям. Однако эти соотношения (особенно для процессов с большими значениями спинов) трудно практически использовать, так как инвариантные амплитуды сложным образом связаны со спиральными амплитудами и физически наблюдаемыми величинами.

В § 3 получены дисперсионные соотношения для спиральных амплитуд при фиксированном  $s$ , для произвольного двухчастичного процесса на основе использования дисперсионных амплитуд. Дисперсионными соотношениями как при фиксированном  $s$ , так и при фиксированном  $t$  удовлетворяют динамические амплитуды.

В § 4 рассмотрены дисперсионные соотношения при фиксированном  $t$ . В § 5 в качестве примера получены дисперсионные соотношения для рассеяния гравитино на пионе, которые используются в следующей главе. В § 6 получены дуальные правила сумм для произвольного упругого процесса.

В четвертой главе рассмотрены низкоэнергетические теоремы в суперсимметрии. На базе предложенного общего формализма рассмотрен вопрос: для каких бинарных процессов можно доказать низкоэнергетические теоремы, определяющие поведение спиральных амплитуд. Оказалось, что, основываясь на знании кинематической структуры спиральных амплитуд, можно доказать низкоэнергетические теоремы для рассеяния безмассовой частицы на массивной. В § I этой главы обсуждаются сами низкоэнергетические теоремы, их типы, роль в теории. Здесь же рассмотрены методы доказательства низкоэнергетических теорем для рассеяния фотона на мишени с различными спинами.

Низкоэнергетические теоремы для рассеяния гравитино на массивной частице со спином 0 (пионе),  $1/2$  (нуклоне) рассматриваются в § 2 в предположении о безмассовости гравитино. В § 3 обсуждаются обычные низкоэнергетические теоремы - рассеяние фотона на гравитино в предположении массивности гравитино.

В заключительном, четвертом параграфе четвертой главы излагается единый подход получения низкоэнергетических теорем для рассеяния безмассовой частицы со спином  $J$  (фотино, фотона, гравитино или гравитона) на массивной частице с произвольным спином. Низкоэнергетические теоремы для указанных упругих процессов имеют вид

$$f_{\lambda_3, \lambda_1, \lambda_2}^{\pm}(s, t) = f_{\lambda_3, \lambda_1, \lambda_2}^B(s, t) + O(E^{2J}), \quad (8)$$

низкоэнергетическое поведение спиральных амплитуд определяется борновскими членами тем точнее, чем больше спин безмассовой частицы.

В пятой главе получены модельно-независимые ограничения - дисперсионные неравенства типа правил сумм для дифференциального сечения упругих процессов с участием фотона. В § I изложены разные методы доказательств таких неравенств. Разработанный в диссертации новый метод с использованием дисперсионных амплитуд аннигиляционного канала изложен в § 2. Предложенный метод является одновременно и более простым, и более общим, чем существующие способы. Он позволяет получать дисперсионные неравенства не только для усредненных по спиновым состояниям

дифференциальных сечений, но и для процессов с поляризованными частицами.

Дисперсионные ограничения для рассеяния поляризованного фотона получены в § 3. Неравенство для дифференциального сечения комптон-эффекта на пионе с изменением спиральности фотона  $\frac{d\sigma}{d\Omega}(\uparrow\downarrow)$  имеет вид

$$\left(\frac{m^2 t}{16(\nu_a^2 - \nu_b^2)}\right)^2 \leq \exp \frac{\sqrt{\nu_a^2 - \nu_b^2}}{2\pi} \int_{\nu_b^2}^{\infty} \frac{\ln \left| \frac{4\nu' + 2m^2 - t}{\nu'^2} \frac{d\sigma}{d\Omega}(\uparrow\downarrow)(\nu', t) \right|}{(\nu'^2 - \nu_b^2) \sqrt{\nu'^2 - \nu_a^2}} d\nu'^2 \quad (9)$$

Здесь  $m$  — масса пиона  $\nu_a^2 = \left(\frac{3}{2}m^2 + \frac{t}{4}\right)^2$ ,  $\nu_b^2 = \frac{t^2}{16}$ . Аналогичное неравенство имеется для сечения без изменения спиральности фотона.

Роль кинематических связей при  $t=0$  для оптимальности дисперсионных ограничений изучается в следующем параграфе. Далее, в § 5 и § 6, получены дисперсионные неравенства для рассеяния фотона на нуклоне при  $t=0$  и ограничение для рассеяния на ненулевые углы с изменением спиральности фотона.

В последней, шестой, главе на базе предложенного общего формализма развиты модельные представления. Здесь изучаются спиновые эффекты при высоких энергиях и больших фиксированных углах. Именно в этой области особо ярко проявляется составная структура адронов.

В § I главы VI рассмотрены поляризационные эффекты в бинарных процессах при высоких энергиях. В § 2 получена кинематическая иерархия для пион-нуклонного рассеяния. Базой служит параметризация спиральных амплитуд посредством динамических амплитуд. В предположении слабой зависимости динамических амплитуд от спиральностей получено, что в области  $s \rightarrow \infty$ ,  $t \rightarrow \infty$  ( $s/t$  — фиксировано) в физически наблюдаемые величины доминирующий вклад вносит спиральная амплитуда без переворота спина:

$$f_{0\frac{1}{2}, 0-\frac{1}{2}} \ll f_{0\frac{1}{2}, 0\frac{1}{2}} \quad (10)$$

В § 3 рассмотрены правила кваркового счета для динамических амплитуд  $\pi N$ -рассеяния, связанные с топологией кварковых диаграмм и их динамической интерпретацией. В § 4 на основе предположения об ослаблении спиновых корреляций при высоких энергиях и больших фиксированных углах для нуклон-нуклонного рассеяния получена кинематическая иерархия:

$$f_{\frac{1}{2}\frac{1}{2}, \frac{1}{2}\frac{1}{2}}', f_{\frac{1}{2}\frac{1}{2}, -\frac{1}{2}-\frac{1}{2}} \ll f_{\frac{1}{2}-\frac{1}{2}, \frac{1}{2}-\frac{1}{2}}, f_{\frac{1}{2}-\frac{1}{2}, -\frac{1}{2}\frac{1}{2}} \ll f_{\frac{1}{2}\frac{1}{2}, \frac{1}{2}-\frac{1}{2}} \quad (11)$$

Соотношения (10) и (11) определяют иерархию вкладов спиральных амплитуд в физически наблюдаемые величины — вклады некоторых из них кинематически подавлены.

В заключении приведены основные результаты диссертации, намечены задачи для будущих исследований.

#### РЕЗУЛЬТАТЫ ДИССЕРТАЦИИ ОПУБЛИКОВАНЫ В РАБОТАХ:

1. Чавлейшвили М.П.  $t$ -канальные спиральные амплитуды и дисперсионные неравенства. — ЯФ, 1983, т. 37, №3, с. 680-686; препринт ОИЯИ P2-82-II4, Дубна, 1982.
2. Чавлейшвили М.П. Дисперсионные неравенства для комптон-эффекта на пионе и нуклоне при  $t=0$ . — ЯФ, 1984, т. 40, № 9, с. 813-822.
3. Чавлейшвили М.П. Модельно-независимые ограничения для дифференциального сечения рассеяния фотона на нуклоне с изменением спиральности. — ЯФ, 1986, т. 43, № 2, с. 385-391.
4. Чавлейшвили М.П. Формализм спиновых амплитуд для бинарных процессов. Дисперсионные амплитуды. — Сообщение ОИЯИ P2-88-179, Дубна, 1988.
5. Чавлейшвили М.П. Дисперсионные и динамические амплитуды для упругих процессов частиц с произвольными спинами. — Труды IX Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. ОИЯИ, P2-88-272, т. I, с. 15, Дубна, 1988.
6. Чавлейшвили М.П. Динамические амплитуды и кинематическая иерархия для  $\pi N$ -рассеяния. — ЯФ, 1984, т. 40, № 7, с. 243-249.
7. Чавлейшвили М.П. Кинематическая структура спиральных амплитуд и высокоэнергетическое нуклон-нуклонное рассеяние. — ЯФ, 1985, т. 41, № 4, с. 1055-1062.
8. Чавлейшвили М.П. Кинематическая структура спиральных амплитуд комптоновского рассеяния гравитино на пионе. — Сообщения АН СССР, 1986, т. 123, № 3, с. 509-512.
9. Чавлейшвили М.П. Формализм спиновых амплитуд для упругих процессов. Динамические амплитуды. — Сообщение ОИЯИ P2-88-378, Дубна, 1988.
10. Чавлейшвили М.П. Структура спиральных амплитуд и дисперсионные соотношения для рассеяния безмассового гравитино на пионе. — Сообщение ОИЯИ P2-86-598, Дубна, 1986.
11. Chavleishvili M.P. — Low-Energy theorems for Gravitino-scalar Particle Scattering. JINR, E2-87-69, Dubna, 1987.
12. Чавлейшвили М.П. Динамические амплитуды и правила кваркового счета для пион-нуклонного рассеяния. — Материалы семинара "Кварки-84", т. II, с. 239-246. Москва, ИЯИ АН СССР, 1985.
13. Чавлейшвили М.П. Оптимальность дисперсионного неравенства для

- комpton-эффекта на нуклоне. - ЯФ, 1983, т. 37, № 2, с. 365-367.
14. Чавлейшвили М.П. Структура амплитуд  $\eta N$ -и  $NN$ -рассеяния, кинематическая иерархия, правила кваркового счета.- Мультикварковые взаимодействия и квантовая хромодинамика. Труды УШ Международного семинара по проблемам физики высоких энергий, ОИЯИ, Д1,2 -86-279, с. 66, Дубна, 1986.
  15. Чавлейшвили М.П. Динамические амплитуды, дисперсионные соотношения и низкоэнергетические теоремы для рассеяния гравитино на частице со спином половина.- Сообщения АН ГССР, 1988, т. 129, № 3, с. 542-545.
  16. Чавлейшвили М.П. Кинематическая связь между спиральными амплитудами и дисперсионные неравенства для комптон-эффекта на нуклоне. - Труды ТГУ, 1982, т. 235, с. 30-43.
  17. Чавлейшвили М.П. Кинематическая структура и дисперсионные соотношения при фиксированном  $t$  для рассеяния безмассового гравитино на пионе.- Труды ТГУ, 1986, т. 265, с. 150-167.
  18. Чавлейшвили М.П. Дисперсионные соотношения для спиральных амплитуд рассеяния безмассового гравитино на пионе. - Сообщения АН ГССР, 1987, т. 125, № 3, с. 521-524.
  19. Чавлейшвили М.П. Дуальные правила сумм для  $\eta N$ -рассеяния.- Труды ХУШ Конференции молодых ученых ТГУ, Тбилиси, 1974, с. 45.
  20. Чавлейшвили М.П. Дисперсионные соотношения и дуальные правила сумм для упругих процессов.- Труды IX Международного семинара по проблемам физики высоких энергий.- ОИЯИ, P2-88-272, т. 1, с. 14, Дубна, 1988.
  21. Чавлейшвили М.П. Кинематическая структура спиральных амплитуд рассеяния гравитино на скалярной частице и низкоэнергетические теоремы. - Материалы семинара "Кварки-86", с. 198-204, Москва, ИЯИ АН СССР, 1985.
  22. Чавлейшвили М.П. Низкоэнергетическое поведение спиральных амплитуд рассеяния безмассового фермиона со спином  $3/2$  на массивной скалярной частице.- Сообщения АН ГССР, 1988, т. 129, № 1, 81-84.
  23. Чавлейшвили М.П. Низкоэнергетические теоремы для рассеяния безмассового фермиона со спином  $3/2$  на нуклоне.- Проблемы физики высоких энергий и теории поля, с. 327-334, Москва, Наука, 1987.
  24. Чавлейшвили М.П. Низкоэнергетические теоремы в суперсимметрии.- Проблемы квантовой теории поля (Труды УП Международного совещания, Алушта), с. 292-300, ОИЯИ, Дубна, Д2-87-798, 1988.
  25. Чавлейшвили М.П. Низкоэнергетические теоремы и спиральные амплитуды  $t$ -канала для комптон-эффекта на мишени со спином один.- Труды ТГУ, 1979, т. 209, с. 133.

26. Чавлейшвили М.П. Об использовании спиральных амплитуд для получения модельно-независимых неравенств для комптон-эффекта на пионе.- Труды ТГУ, 1980, т. 213, с. 51-56.
27. Чавлейшвили М.П. Метод спиральных амплитуд и дисперсионное неравенство для рассеяния фотона на нуклоне с изменением спиральности.- Труды ТГУ, 1978, т. 247, с. 78-99.
28. Чавлейшвили М.П. Дисперсионное неравенство для комптон-эффекта на нуклоне при  $t=0$ .- Труды ТГУ, 1982, т. 230, с. 113-121.
29. Чавлейшвили М.П. Об оптимальности дисперсионного неравенства для комптон-эффекта на нуклоне. - Сообщения АН ГССР, 1983, т. 112, № 3, с. 505-508.
30. Чавлейшвили М.П. Дисперсионные неравенства для рассеяния поляризационного фотона на пионе.- Сообщения АН ГССР, 1984, т. 116, № 1, с. 65-68.
31. Чавлейшвили М.П. Кинематическая иерархия для пион-нуклонного рассеяния.- Сообщения АН ГССР, 1985, т. 118, № 1, с. 89-92.
32. **Chavleishvili M.P. Helicity Amplitudes for Pion-Nucleon and Nucleon-Nucleon Scattering at High Energies and Large Fixed Angles.- Proceedings of XXII International Conference on High Energy Physics, v.2, p. 356, Leipzig, 1984.**
33. Чавлейшвили М.П. Спиновые эффекты для рассеяния при высоких энергиях и больших фиксированных углах.- Труды IX Международного семинара по проблемам физики высоких энергий.- ОИЯИ, P2-88-272, т. 1, с. 15, Дубна, 1988.
34. **Chavleishvili M.P. Spin effects in  $\eta N$ - and  $NN$ -scattering processes at high energies and fixed angles.- VII International symposium on high energy spin physics. P-26-27, INEP, Serpukhov, 1987.**

Рукопись поступила в издательский отдел  
3 июня 1988 года.