

ЕРЕВАНСКИЙ ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

На правах рукописи

УДК-53:001.1

ГРИГОРЯН
СТЕПАН ГЕУРКОВИЧ

ПОЛЯРИЗАЦИОННЫЕ ЯВЛЕНИЯ В КАЛИБРОВОЧНЫХ МОДЕЛЯХ

Специальность 01.04.02 – Теоретическая и
математическая физика

А в т о р е ф е р а т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук

Тех.редактор А.С.Абрамян

Заказ 88

ВФ - 05860

Тираж 170

Подписано к печати 25.03.83 г.

Издано Отделом научно-технической информации
Ереванского физического института. Ереван 36, Маргаряна 2

Ереван - 1983

Работа выполнена в Ереванском физическом институте
Научный руководитель: член-корр. АН Арм. ССР, доктор
физико-математических наук,
профессор С.Г.МАТИНЯН

Официальные оппоненты: доктор физико-математических наук,
профессор М.П.РЕКАЛО
(ХФТИ, Харьков);

кандидат физико-математических наук,
старший научный сотрудник
А.А.ГРИГОРЯН (ЕрФИ, Ереван).

Ведущая организация: Институт физики высоких энергий
(Серпухов).

Защита диссертации состоится " 4 " мая 1983 г.
на заседании Специализированного совета Д.034.03.01 по
присуждению ученой степени доктора физико-математических
наук при Ереванском физическом институте (375036, г.Ереван,
ул. Маркаряна, 2), в 14 часов.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ЕрФИ.

Автореферат разослан " 4 " апреля 1983 г.

Ученый секретарь
Специализированного совета,
кандидат физ.-мат. наук

 (В.А.ШАХБАЗЯН)

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Диссертация посвящена теоретическому исследованию поляризационных эффектов (спиновых корреляций, асимметрий, поляризаций, угловых корреляций и т.д.) в ряде процессов на основе квантовой хромодинамики (КХД) и единой теории электро-слабого взаимодействия Глэшоу-Вайнберга-Салама (ГВС).

Актуальность темы. В последние годы резко возрос интерес к изучению поляризационных явлений в физике элементарных частиц. Это, первым делом, связано с наблюдением в ряде лабораторий мира больших спиновых эффектов.

Экспериментальное изучение поляризаций, асимметрий и спиновых корреляций позволяет получить более детальную информацию о сильных, слабых и электромагнитных взаимодействиях адронов и лептонов, поскольку спиновые эффекты очень чувствительны к теоретическим моделям и являются хорошим критерием проверки теоретических предсказаний. Поляризационные эксперименты часто дают информацию, которую невозможно извлечь из экспериментов с неполяризованными частицами. Так, например, асимметрии, спиновые и угловые корреляции, измеренные в экспериментах *SLAC* и Аргонской лаборатории, указывают на их исключительную чувствительность к структуре

адронов, к модельным представлениям сильных взаимодействий. Измерение P -нечетных эффектов в Новосибирске и SLAC явилось существенным аргументом в обосновании и принятии модели ГВС.

Однако даже в рамках поставленных экспериментов остаются большие неопределенности, которые можно разрешить только дальнейшей детализацией теоретических и экспериментальных исследований в области поляризационных явлений. Поэтому дальнейшее исследование поляризационных явлений в разных процессах (упругом нуклон-нуклонном и лептон-нуклонном рассеяниях, глубоконеупругом лептон-нуклонном рассеянии, полунклюзивном лептон-нуклонном рассеянии с рождением адронов, содержащих тяжелые кварки, e^+e^- -аннигиляции в выделенный протон), которому посвящена настоящая диссертация, представляет несомненный интерес.

Цель и задачи работы формулируются следующим образом:

1. Получить поведение структурных функций адронов при $X \rightarrow I$ в общем случае n -кваркового связанного состояния и выяснить их зависимость от поляризации адронов.
2. Выяснить роль эффектов, связанных с релятивистским движением кварков в адронах, в описании спиновых явлений в упругом NN -рассеянии.
3. Получить угловые корреляции в процессе полунклюзивного μ^- -рождения J/ψ -мезона на основе КХД и наивной партонной модели.
4. Исследовать P -нечетные эффекты в упругом лептон-нуклонном рассеянии, e^+e^- -аннигиляции в выделенный

протон и $\gamma(\bar{\nu})e$ -рассеянии с рождением фотона на основе модели ГВС.

5. Провести сравнение предсказаний на P -нечетные эффекты, следующих из модели ГВС и модели электрослабого взаимодействия с нарушенной Me -универсальностью.

Научная новизна работы. В диссертации впервые в рамках модели релятивистских кварков изучены спиновые эффекты в процессах упругого NN -рассеяния и глубоконеупругого e^-N -рассеяния. Показано, что эффекты релятивистского движения кварков в адроне не меняют результатов для структурных функций адронов (при $X \rightarrow I$), полученных в нерелятивистской кварковой модели, однако эти эффекты существенны для объяснения поляризационных явлений в упругом NN -рассеянии на большие углы.

Впервые исследовались угловые корреляции в процессах полунклюзивного μ^- -рождения J/ψ -мезона. Показано, что знаки угловой корреляции, получаемые в КХД и наивной партонной модели, противоположны.

В рамках модели ГВС исследованы P -нечетные эффекты в процессах упругого лептон-нуклонного рассеяния, e^+e^- -аннигиляции в выделенный протон и в процессе $\gamma(\bar{\nu})e$ -рассеяния с рождением фотона. Проведено сравнение предсказаний на спиновые эффекты в этих процессах, полученных на основе модели ГВС и модели электрослабого взаимодействия с нарушенной Me -универсальностью, и показана сильная чувствительность спиновых эффектов к выбору модели.

Практическая ценность. Полученные в диссертации

результаты для угловых корреляций в процессах полунклюзивного лепторождения частиц, содержащих тяжелые c -кварки, могут быть непосредственно проверены в экспериментах по наблюдению этих частиц в $FNAL$ и $CERN$. Сравнение численных значений и знаков угловых корреляций с опытом позволит проверить как применимость КХД (а именно, PBF (фотон-глюонное слияние)-модели), так и даст важную информацию о роли поперечного движения кварков в адронах.

Изученные в диссертации асимметрии и поляризации в упругом и глубоконеупругом лептон-адронном рассеянии и e^+e^- -аннигиляции в выделенный протон могут быть проверены в экспериментах $SLAC$, $DESY$ и $FNAL$. Сравнение теоретических предсказаний с опытом даст возможность сделать более детальные заключения о структуре слабого нейтрального тока, а также о применимости тех или иных моделей, описывающих структуру адронов.

Апробация работы. Результаты, полученные в диссертации, докладывались на семинарах ЕРФИ в течение 1976-1982 г.г., на сессиях ОяФ АН СССР в 1978 и 1982 г.г., представлялись на XIX (Токио, 1978) и XXI (Париж, 1982) Международные конференции по физике высоких энергий, а также докладывались на Всесоюзном семинаре по спиновым явлениям в физике высоких энергий (Протвино, 1982).

Публикации. По результатам диссертации опубликовано шесть работ. Список приведен в конце автореферата.

Объем работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав и заключения, содержит 125 страниц машинописного текста,

2 таблицы, 21 рисунок и список литературы из 134 наименований

П. КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обсуждается актуальность проблем, затронутых в работе, сформулирована цель исследования и кратко излагается содержание диссертации.

В первой главе, которая носит вводный характер, дан краткий обзор теоретических моделей и подходов, которые использованы в диссертации.

В § 1.1 рассмотрены модели построения адронов из кварков-партонов и составляющих кварков.

В § 1.2 дано описание релятивистской кварковой модели и метода построения вершинных функций перехода адронов в кварки.

В § 1.3 введены определения спиновых корреляций и асимметрий в упругом NN -рассеянии и дано их описание в рамках КХД.

В § 1.4 дан обзор результатов по угловым корреляциям в процессах полунклюзивного лепторождения легких адронов в рамках КХД и показана важность изучения полунклюзивного лепторождения адронов, содержащих тяжелые кварки.

В § 1.5 дано краткое описание модели ГВС и модели электрослабого взаимодействия с нарушенной ne -универсальностью и показана важность изучения спиновых явлений, обусловленных P -нечетными эффектами, для окончательного установления вида слабого нейтрального тока.

Во второй главе диссертации изучаются спиновые эффекты

в упругом NN -рассеянии и в глубоконеупругом лептон-нуклонном рассеянии при больших Q^2 в рамках КХД.

В § 2.1 изучается поведение структурных функций адронов в общем случае n -кваркового связанного состояния и исследуется их зависимость от поляризации начальной частицы в модели нерелятивистских кварков. Получено, что для нечетных n $F(x) \underset{x \rightarrow 1}{\approx} (1-x)^{2n-3}$. Если спиральность адрона $|2| \neq 1/2$, то структурная функция дополнительно подавлена множителем $(1-x)^{2|2|-1}$. При n -четном $F(x) \underset{x \rightarrow 1}{\approx} (1-x)^{2n-2} + \frac{m^2}{Q^2} (1-x)^{2n-4}$, для случая $|2| \geq 2$ структурная функция дополнительно подавлена множителем $(1-x)^{2|2|-2}$.

Эти результаты применимы также в случае существования в мезонах и барионах многокварковых состояний, при этом полученные структурные функции соответствуют вероятности нахождения в адроне "невалентного" кварка при $x \sim 1$.

Далее проводится исследование тех же структурных функций уже с учетом релятивистского движения кварков в адроне. Показано, что учет релятивистского движения кварков в адроне в рамках модели составляющих кварков не приводит к изменению при расчете рассмотренных нами ведущих асимптотик.

В § 2.2 изучаются спиновые эффекты в упругом NN -рассеянии на основе релятивистской модели кварков. Исследуются разные механизмы (ландсховский механизм, кварк-обменные механизмы), могущие обеспечить заметные спиновые корреляции. Указано, что в релятивистской кварковой модели существуют вклады, нарушающие сохранение суммарной спиральности в вершинах перехода адронов в кварки ($\sum_i S_i^z \neq S_h$). Эти

члены существенны при рассмотрении поляризационных явлений в упругом NN -рассеянии в предасимптотической области и могут быть ответственны за существующее расхождение между экспериментом и теоретическими предсказаниями. Таким образом, учет релятивистских эффектов в вершинах перехода адронов в кварки изменяет мнение о том, что в рамках КХД невозможно объяснить поляризационные явления в упругом NN -рассеянии.

В третьей главе исследуются процессы полумиклозивного лепторождения частиц, состоящих из тяжелых кварков (J/ψ , $D\bar{D}$).

В § 3.1 вычисляется азимутальная асимметрия для процесса полумиклозивного μ^- -рождения J/ψ -мезона на основе PBF (фотон-глюонное слияние)-модели. Получены выражения для азимутальной асимметрии $\langle \cos \varphi \rangle$ в зависимости от переданной энергии y при разных значениях x_H и переданного импульса Q^2 . Величина асимметрии достигает $\sim 1\%$ при асимптотически больших энергиях.

В § 3.2 в тех же процессах исследуется возникновение азимутальной асимметрии в низшем порядке теории возмущений (наивная партонная модель) за счет поперечного движения партонов в начальном адроне. Дана зависимость $\langle \cos \varphi \rangle$ от y при разных значениях x_H и Q^2 . Величина асимметрии достигает $(-2) \div (-3)\%$, и ее знак отличен от знака асимметрии в PBF -модели. Поэтому измерение знака асимметрии даст важную информацию как о структуре нуклона, так и о применимости PBF -модели.

В § 3.3 рассмотрены дважды-дифференциальные сечения процессов полунклюзивного лептон-адронного рождения J/ψ -мезона. Показано, что они чувствительны к глюонной функции распределения, и их измерение может дать дополнительную информацию для проверки вида этой функции.

В четвертой главе анализируются поляризационные эффекты (в рамках единой модели электрослабого взаимодействия $SU(2) \otimes U(1)$), обусловленные слабым нейтральным током.

В § 4.1 изучается поляризация нуклона отдачи в упругом eN -рассеянии, численные оценки делаются на основе ряда предположений о поведении нуклонных формфакторов.

Показано, что эффект несохранения четности, приводящий к продольной поляризации нуклона отдачи, в случае нейтрона для малых Q^2 в M^2/Q^2 раз больше, чем в случае протона. Для больших Q^2 поляризация нуклона отдачи для нейтрона примерно в 2 раза больше, чем для протона и достигает $\approx -8\%$. Эти результаты получены в предположении, что все формфакторы нуклона (слабые и электромагнитные) ведут себя одинаково. В случае, когда поведение формфакторов в области больших переданных импульсов определяется КХД, эти поляризации сравниваются и достигают $\approx -10\%$.

Проведено сравнение предсказаний на поляризацию нуклона отдачи в модели ГВС и модели электрослабого взаимодействия с нарушенной Me -универсальностью. Показана сильная чувствительность поляризации к выбору модели. Так, поляризация нуклона отдачи в модели с нарушенной Me -уни-

версальностью существенно больше: на порядок для малых Q^2 и в два-три раза для больших Q^2 .

В § 4.2 изучаются асимметрии и поляризации в инклюзивной $e^+e^- \rightarrow p+X$ аннигиляции в кварк-партонной модели. Получены оценки на асимметрию A , среднюю спиральность P и асимметрию "вперед-назад" N при $x \rightarrow 1$. Так, например, в модели ГВС $A \approx -6\%$, $P \approx 6\%$ при $\theta = 0^\circ$ и $A \approx -4\%$, $P \approx -4\%$ при $\theta = 180^\circ$; $N = -10\%$.

Проведено сравнение предсказаний на спиновые эффекты в модели ГВС и модели электрослабого взаимодействия с нарушенной Me -универсальностью. Оказалось, что эти предсказания заметно отличаются. Например, средняя спиральность P и асимметрия A примерно в два раза больше по величине в модели с нарушенной Me -универсальностью. Особенно интересно, что средняя спиральность P в этой модели перестает зависеть от угла вылета протона, а асимметрия A имеет противоположный знак.

Показано также, что асимметрия в глубоконеупругом рассеянии поляризованных электронов на поляризованной мишени существенно отличается в моделях Фаррар-Джексона и Кути-Вайскопфа.

В § 4.3 рассматривается процесс рассеяния нейтрино (антинейтрино) на электроны с излучением поляризованного фотона. Исследуются эффекты взаимодействия слабых токов электрона и нейтрино, проявляющиеся в циркулярной поляризации тормозных J -квантов, в связи с ее возможным применением как для регистрации самого процесса, так и для получения

подробной информации о структуре взаимодействия нейтрино с электронами.

В заключении сформулированы основные результаты диссертации, которые выдвигаются для защиты.

III. ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

I. Получены предсказания для поведения структурных функций адронов при $X \rightarrow I$ в общем случае n -кваркового связанного состояния в нерелятивистской кварковой модели.

2. Исследована зависимость структурных функций адронов при $X \rightarrow I$ от поляризации начальной частицы.

3. Показано, что учет релятивистского движения кварков в адроне не приводит к изменению результатов нерелятивистской кварковой модели при расчете ведущих асимптотик для структурных функций адронов при $X \rightarrow I$.

4. Показана существенная роль эффектов, связанных с релятивистским движением кварков в адронах, в описании спиновых явлений в упругом NN -рассеянии на большие углы в предасимптотической области.

5. Исследованы угловые корреляции в процессах полуживого лептон-адронного рождения J/ψ -мезона на основе PGF -модели и в наивной партонной модели (за счет учета поперечного движения партонов в начальном адроне).

Знаки азимутальной асимметрии для этих моделей оказались противоположными, что при сравнении с экспериментом позволит получить информацию как о структуре нуклона, так и

о применимости PGF -модели.

6. Показана высокая чувствительность дважды дифференциального сечения процессов полуживого лептон-адронного рождения J/ψ -мезона к глюонной функции распределения.

7. В упругом лептон-нуклонном рассеянии в рамках модели ГВС исследована поляризация нуклона отдачи в разных областях по Q^2 и при разных предположениях о поведении формфакторов нуклона. Показана сильная чувствительность поляризации к роду нуклонной мишени.

8. Получены предсказания на асимметрию A , среднюю спиральность P и асимметрию "вперед-назад" N в рамках модели ГВС для e^+e^- -аннигиляции в выделенный протон. Оценки на спиновые эффекты проведены в кварк-партонной модели при $X \rightarrow I$.

9. Показано, что асимметрия в глубоконеупругом рассеянии поляризованных электронов на поляризованной мишени существенно отличается в моделях Фаррар-Джексона и Кути-Вайскопфа.

10. Проведено сравнение предсказаний на спиновые эффекты в модели ГВС и в модели электрослабого взаимодействия с нарушенной μe -универсальностью. Показана сильная чувствительность спиновых эффектов к выбору модели.

II. Получено выражение для циркулярной поляризации фотона в процессах $\nu(\bar{\nu})e$ -рассеяния с излучением фотона. Наличие у фотона циркулярной поляризации может быть использовано для регистрации этих процессов.

IV. ПУБЛИКАЦИИ

1. Григорян С.Г., Есайбекян С.В., Тер-Исаакян Н.Л.
О поведении структурных функций адронов при $X \rightarrow I$. -
Ядерная физика, 1978, т. 27, вып. 5, с. 1312-1322.
2. Grigoryan S.G., Esaybegyan S.V., Ter-Isaakyan N.L.
Hadrons from Relativistic Quarks and Spin Effects in the High-
Energy Processes at High Q^2 . - Yerevan, 1982. - 14 p. (Prep-
rint/ВРІ: ВРІ-593(80)-82).
3. Багдасарян И.А., Григорян С.Г., Есайбекян С.В.
Возможная проверка КХД партонной модели в полунклюзивном
 μ^- -рождении J/ψ -мезона. - Ядерная физика, 1982,
т. 36, вып. 1(17), с. 235-241.
4. Григорян С.Г., Есайбекян С.В. Нейтральный ток в
упругом электрон-нуклонном рассеянии и знак константы сла-
бого взаимодействия. - Изв. АН Арм. ССР, Физика, 1976,
т. XI, вып. 1, с. 11-16.
5. Григорян С.Г., Есайбекян С.В. Слабый нейтральный
ток в инклюзивной $e^+e^- \rightarrow p + X$ аннигиляции. - Ядерная
физика, 1977, т. 26, вып. 4, с. 840-844.
6. Григорян С.Г. Процессы рассеяния нейтрино (антиней-
трино) на электроне с излучением поляризованного фотона. -
Препринт ВФИ-432(30)-80, 1980.