

С - 896

**ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

1-86-71

**СУЛТАНОВ**

**Георги Георгиев**

**ЯДЕРНЫЕ ЭФФЕКТЫ  
В СТРУКТУРНЫХ ФУНКЦИЯХ НУКЛОНОВ,  
ИЗМЕРЕННЫХ В ГЛУБОКОНЕУПРУГОМ  
РАССЕЯНИИ МЮОНОВ**

Специальность: 01.04.01 - экспериментальная физика

Автореферат диссертации на соискание ученой степени  
кандидата физико-математических наук

Дубна 1986

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий Объединенного института ядерных исследований.

Научный руководитель:  
доктор физико-математических наук  
профессор

Игорь Алексеевич  
САВИН

Официальные оппоненты:

доктор физико-математических наук  
старший научный сотрудник

Анатолий Васильевич  
ВЕРЕМОВ

доктор физико-математических наук  
профессор

Валентин Григорьевич  
ГРИШИН

Ведущее научно-исследовательское учреждение:  
Институт физики высоких энергий /ИФВЭ/, Серпухов.

Защита диссертации состоится "\_\_\_" \_\_\_\_\_ 1986 года  
в \_\_\_\_\_ часов на заседании Специализированного совета Д-047.01.02  
при Лаборатории высоких энергий Объединенного института ядерных ис-  
следований, Дубна Московской области.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ЛВЭ ОИЯИ.

Автореферат разослан "\_\_\_" \_\_\_\_\_ 1986 года.

Ученый секретарь  
Специализированного совета

*М.Ф. Лихачев*

М.Ф. ЛИХАЧЕВ

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

### Актуальность проблемы

1. Глубоконеупругое рассеяние лептонов дает наиболее прямую информацию о структуре нуклонов и обеспечивает самую надежную экспериментальную основу для количественной проверки теории сильных взаимодействий, квантовой хромодинамики (КХД).

В течение ряда лет анализ данных по глубоконеупругому рассеянию лептонов на тяжелых ядрах проводился в предположении, что ядро является слабосвязанной системой нуклонов, имеющих внутренние свойства, идентичные свойствам свободных нуклонов. Ограниченность этих представлений, на которую указывал ряд результатов релятивистской ядерной физики, была доказана прямым способом в 1982 г. обнаружением ядерных эффектов в структурных функциях  $F_2(x, Q^2)$ , связанных в ядре нуклонов (так называемый EMC-эффект). Тем самым был поставлен ряд актуальных вопросов, касающихся партонных распределений связанных в ядре нуклонов, структуры ядра и применения КХД в ядерной физике. В настоящее время ядерные эффекты в структурных функциях нуклонов являются объектом интенсивного теоретического изучения, а их экспериментальное исследование - важной задачей физики высоких энергий.

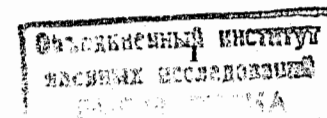
2. Изучение слабых нейтральных токов в глубоконеупругом рассеянии мюонов - новая экспериментальная задача. Оно дает существенную информацию для проверки единых теорий слабого и электромагнитного взаимодействия и для выяснения особенностей электрослабого взаимодействия конstituентов нуклонов.

### Цель работы

1. Измерение отношения структурных функций, определенных в глубоконеупругом рассеянии мюонов на железной, азотной и дейтериевой мишенях.

2. Измерение возникающей за счет электрослабой интерференции структурной функции  $xG_3(x)$ .

Научная новизна и практическая значимость работы. Впервые осуществлено измерение отношения структурных функций на азотной и дейтериевой мишенях. Проведено измерение отношения структурных функций на железной и дейтериевой мишенях с улучшенной в несколько раз системати-



ческой точностью по сравнению с предыдущими измерениями. Отношения структурных функций определены при самых больших достижимых в настоящее время переданных четырехимпульсах, что облегчает интерпретацию полученных результатов и их сопоставление с теоретическими расчетами.

Впервые проведено измерение интерференционной структурной функции  $\chi G_3(x)$ , которая чувствительна к деталям электрослабого взаимодействия нуклонных конститuentов.

**Апробация и публикации.** Результаты, вошедшие в диссертацию, обсуждались на научных семинарах ОИЯИ и ЦЕРНа, сессиях ОАФ АН СССР, докладывались на VII Международном семинаре по проблемам физики высоких энергий, Дубна, 1984, на XIX и XX Международных совещаниях "Встречи в Морионде", 1984 и 1985 гг., на XI Международной конференции по нейтринной физике и астрофизике, Дортмунд, 1984, на XXII Международной конференции по физике высоких энергий, Лейпциг, 1984, были представлены автором на Международной еврофизической конференции по физике высоких энергий, Бари, 1985 г.

Основные результаты диссертации опубликованы в работах /1-4/.

**Объем диссертации.** Диссертация состоит из введения, семи глав, заключения и списка цитируемой литературы. Работа изложена на 155 страницах, включая 36 рисунков и семь таблиц. Список литературы включает 114 наименований.

## СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во **введении** формулируются физические задачи и дается обоснование актуальности проводимых исследований.

В **первой главе** рассмотрена феноменология глубоконеупругого рассеяния заряженных лептонов. Приводится вывод выражения дифференциального сечения процесса инклюзивного неупругого рассеяния мюонов на нуклонах в приближении доминирующего однофотонного обмена. В кинематической области данного эксперимента дифференциальное сечение с хорошей точностью выражается только с помощью одной структурной функции  $F_2(x, Q^2)$  ( $x$  - масштабная переменная Бьеркена,  $Q^2$  - квадрат переданного четырехимпульса).

Рассмотрен также вклад слабых нейтральных токов в глубоконеупругое рассеяние мюонов, возникающий в результате обмена  $Z^0$ -бозоном. Интерференция однофотонного и  $Z^0$ -обмена дает вклад на уровне процента, который можно выделить, используя зависимость интерференционного сечения от знака заряда и поляризации пучковых мюонов, отсутствующую в сечении однофотонного обмена. Разность сечений глубоконеупругого рассеяния мюонов противоположных зарядов и поляризаций зависит

только от одной интерференционной структурной функции  $\chi G_3(x, Q^2)$ .

Во **второй главе** рассмотрена кварк-партоновая модель, в рамках которой нуклонная структурная функция  $F_2$  выражается как сумма импульсных распределений кварков составляющих нуклона, взятых с весами, равными квадратам их зарядов. Интерференционная структурная функция  $\chi G_3$  выражается тоже как линейная комбинация импульсных распределений кварков, взятых с весами, равными произведениям соответствующих зарядов кварков и их аксиально-векторных констант связи с  $Z^0$ -бозоном.

Коротко рассмотрены также некоторые аспекты КХД. Структурные функции нуклонов, измеренные в глубоконеупругом рассеянии лептонов, в настоящее время дают самую надежную экспериментальную основу для количественной проверки КХД.

В **третьей главе** диссертации описана экспериментальная установка. Рассматриваемые в диссертации эксперименты были осуществлены с помощью мюонного спектрометра коллаборации *BCDMS* (Болонья-ЦЕРН-Дубна-Мюнхен-Сакле), установленного на мюонном пучке *SPS* в ЦЕРНе. Модернизированная конфигурация установки, с помощью которой изучались ядерные эффекты при определении нуклонной структурной функции на тяжелых мишенях, изображена на рис. I.

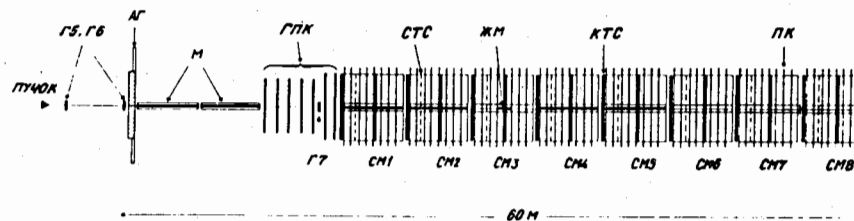


Рис. I

Схема расположения аппаратуры спектрометра *BCDMS*: СМ1+СМ8 - супермодули; ПК - прямоугольные пропорциональные камеры; ГПК - гексагональные пропорциональные камеры; КТС - кольцевые триггерные счетчики; СТС - триггерные счетчики мозаической структуры; М - контейнер для жидкой мишени; ЖМ - железная мишень; АГ - антигалосистема; Г5+Г6 - пучковые годоскопы.

Установка состоит из 8-ми идентичных магнитов с тороидальным полем (так называемых "супермодулей"), оснащенных сцинтилляционными

счетчиками запуска и многопроводными пропорциональными камерами. Центральные отверстия первых пяти супермодулей содержат сосуды длиной 5 м для жидкой мишени ("внутренние" мишени), которые могли заполняться жидким азотом или дейтерием. Сосуд в третьем супермодуле был заменен 75-см мишенью из железа. Две внешние мишени перед магнитом и система трехкоординатных многопроводных пропорциональных камер гексагональной формы расширяют акцептанс спектрометра в область малых углов рассеянного мюона и, соответственно, в область малых  $X$  и  $Q^2$ .

Измерение траектории падающих на мишень мюонов и мониторинг пучка осуществляются с помощью системы годоскопов, имеющих мозаичную структуру. Установка защищается от мюонов гало специальной антигалосистемой, состоящей из сцинтилляционных счетчиков общей площадью 22 м<sup>2</sup>.

В спектрометре *BCDMS* реализован так называемый "распределенный" триггер, обеспечивающий запуск установки для регистрации глубоконеупругих взаимодействий на любом участке мишеней. Кольцевые триггерные счетчики позволяют осуществлять запуск для событий с  $Q^2$  выше заданного минимального значения.

Импульсное разрешение спектрометра на уровне 8%, разрешение по  $Q^2$  от 6% до 8%. Установка работает при интенсивности мюонного пучка до  $5 \times 10^7$  мюонов за цикл средней длины 1,5 с. Индивидуальная энергия пучковых мюонов измеряется специальной импульсной станцией с точностью  $\pm 0,5\%$ .

В четвертой главе прослеживается многоступенчатая обработка экспериментальных данных, начиная с геометрической реконструкции до окончательного выделения выборок событий для вычисления структурных функций.

Данные по изучению ядерных эффектов в структурных функциях нуклонов были набраны в пучке положительных мюонов с энергией 280 ГэВ при совместном облучении железной мишени и 6 модулей дейтериевой мишени (конфигурация  $D_2 - Fe - D_2$ ) и, соответственно, при азотном заполнении сосудов мишеней (конфигурация  $N_2 - Fe - N_2$ ). Были также выполнены измерения только на азотных мишенях, только на железной мишени и на пустых сосудах мишеней при удаленной железной мишени - конфигурация "все пустые". Суммарный поток мюонов, пропущенный через установку, составил величину  $1,08 \times 10^{12}$ .

Для выделения событий глубоконеупругих взаимодействий мюонов с веществом мишени применялся ряд критериев отбора, который включает: а) проверку топологии и качества трека рассеянного мюона; б) проверку выполнения условия триггера; в) кинематические обрезания.

Привязке рассеянного мюона к пучковому мюону, который инициировал данное глубоконеупругое взаимодействие, осуществляется с помощью предложенного автором метода корреляций временной информации триггерных счетчиков и пучковых годоскопов. Неоднозначность идентификации провзаимодействовавшей пучковой частицы не превышает 2%.

Статистический анализ данных и вычисление структурных функций проводились с помощью созданной автором программы, структура и действие которой описаны в этой главе.

Экспериментальные данные разделялись на выборки для вычисления отношения структурных функций  $F_2^{Fe}/F_2^{D_2}$  и  $F_2^{N_2}/F_2^{D_2}$ , соответственно велись два параллельных анализа, каждый со своей спецификой, отражающей условия набора данных. Для вычисления отношения  $F_2^{Fe}/F_2^{D_2}$  использовались данные конфигурации  $D_2 - Fe - D_2$ , принимались события только из области внутренних мишеней, которые перекрывают кинематическую область:

$$46 < Q^2 < 200 \text{ (ГэВ/с)}^2, \\ 0,2 < X < 0,7.$$

Для сравнения структурных функций на азотных и дейтериевых мишенях использовались данные из конфигураций  $D_2 - Fe - D_2$  и  $N_2 - Fe - N_2$ . Геометрические условия регистрации глубоконеупругих взаимодействий на жидких мишенях в этих сенсах полностью идентичны, что позволяет при определении отношения  $F_2^{N_2}/F_2^{D_2}$  использовать данные из внутренних и из внешних мишеней, перекрывая более широкую кинематическую область:

$$26 < Q^2 < 200 \text{ (ГэВ/с)}^2, \\ 0,08 < X < 0,7.$$

Границы обрезания по вершине взаимодействия для выделения данных на железной мишени и смежных с ней жидких мишенях были оптимизированы относительно потери статистики и взаимной примеси, возникающей из-за конечного разрешения по  $Z$ -координате (вдоль пучка). Примесь глубоконеупругих взаимодействий из железной мишени в выборках из внутренних жидких мишеней составляет 1,4% (0,3%) для дейтериевого (азотного) заполнения, доля дейтериевых событий в выборке на железе ниже 0,5%. Эти небольшие примеси учитывались в дальнейшем при моделировании эксперимента по методу Монте-Карло.

Коррекция на взаимодействия пучка со стенками сосудов жидких мишеней осуществляется с помощью данных конфигурации "все пустые". Величина коррекции на пустые мишени для дейтериевой выборки из внешних мишеней имеет величину порядка 1,2% для  $X = 0,15$  и ниже 0,5% для

$X > 0,3$ . Для дейтериевой выборки из внутренних мишеней эта коррекция составляет около одного процента для  $X < 0,4$  и меньше 0,5% для  $X > 0,4$ . Коррекция на пустые мишени для выборки на азоте на фактор  $\rho_{N_2}/\rho_{D_2} \approx 5$  меньше коррекции для дейтериевой выборки, и ею можно пренебречь.

В конце главы рассмотрена стабильность работы установки во время набора данных, которая контролируется на основе анализа данных пучковых пересчетных схем. Основная характеристика стабильности – временная зависимость выхода событий – не обнаруживает статистически значимого дрейфа и заметных флуктуаций.

Пятая глава посвящена вычислению структурных функций. Рассмотрены вопросы радиационных поправок, вычисления акцептанса, нормировки.

Зависимость радиационных поправок от атомного веса мишени очень слабая (при переходе от железа к дейтерию разница соответствующих значений коррекции не превышает 1,3%), поэтому отношение структурных функций нечувствительно к неопределенностям расчетов радиационных поправок.

Вычисляемые отношения структурных функций имеют минимальную зависимость от неточностей счета потока мюонного пучка. Данные для отношения  $F_2^{Fe}/F_2^{D_2}$  набирались при совместном облучении железной и дейтериевой мишени, мюонный поток одинаковый. Для относительной нормировки  $F_2^{N_2}/F_2^{D_2}$  существенно только временная стабильность счета мюонного пучка на протяжении двух последовательных сеансов  $D_2 - Fe - D_2$  и  $N_2 - Fe - N_2$ .

Значения структурной функции  $F_2(x, Q^2)$  извлекаются в процессе итеративной процедуры взаимосвязанного вычисления акцептанса и структурной функции. Подробно описана процедура вычисления акцептанса, которая основана на детальном моделировании экспериментальной установки и ее работы. При вычислении акцептанса для очередной итерации закладывалась параметризация значений структурной функции, полученная в предыдущей итерации. Вычисление структурных функций проводилось в той кинематической области, где достигалось хорошее согласие между экспериментальными и генерированными данными. Для параметра  $R$  – отношения поглощения продольно- и поперечно-поляризованных виртуальных фотонов принималось значение, равное нулю. Коррекции на эффекты ферми-движения нуклонов в ядрах не вводились.

Структурная функция на железе  $F_2^{Fe}$ , которая сравнивается со структурной функцией на дейтерии, вычислялась только с помощью данных сеанса  $D_2 - Fe - D_2$ . На основе данных из области железной мишени в сеансе  $N_2 - Fe - N_2$  был вычислен второй набор значений структурной функции  $F_2^{Fe}$ . Эти два независимых набора структурных функций на

железе позволяют контролировать относительную нормировку данных из области жидких мишеней, которые использовались при определении отношения  $F_2^{N_2}/F_2^{D_2}$ .

Структурные функции на жидких мишенях определялись в двух параллельных итерационных циклах: по данным из области внутренних мишеней и, соответственно, из области внешних мишеней. Эти два итерационных цикла были связаны совместным фитом двух получаемых наборов структурных функций. Определялась единая параметризация структурной функции по всей кинематической области, перекрываемой данными из внешних и внутренних мишеней, которая потом использовалась при вычислении акцептанса. Структурные функции, полученные по данным из разных областей, хорошо согласуются между собой в кинематической области взаимного перекрытия.

В шестой главе приведены результаты по отношениям структурных функций, которые обсуждаются, сравниваются с данными предыдущих экспериментов и с расчетами по некоторым моделям ядерных эффектов в структурных функциях.

В начале главы обсуждаются источники систематических погрешностей в отношениях структурных функций. Чтобы ограничить систематику, вытекающую из возможных неточностей при моделировании эксперимента, исключались кинематические области, в которых значения акцептанса быстро меняются, а также те области, где коррекции на эффекты кинематического размытия (из-за разрешения) превышают 10% от значения геометрического акцептанса.

Для данных на азоте и дейтерии было проведено исследование временной стабильности счета потока мюонного пучка, которая оказалась лучше 0,3%. Сравнение структурных функций на железной мишени в сеансах  $D_2 - Fe - D_2$  и  $N_2 - Fe - N_2$  показывает, что их отношение не проявляет статистически значимой зависимости от переменных  $x, Q^2$  и его усредненное значение равно

$$\left\langle \frac{F_2^{Fe}(N_2)}{F_2^{Fe}(D_2)} \right\rangle = 1,0025 \pm 0,013.$$

По нашей оценке, систематические неопределенности в относительной нормировке для обоих отношений  $F_2^{Fe}/F_2^{D_2}$  и  $F_2^{N_2}/F_2^{D_2}$  не превышают 1,5%.

Отношение структурных функций на железе и дейтерии было скорректировано на неизоскалярность ядра  $^{56}Fe$ . Величина этой коррекции равна +2,3% для  $X = 0,65$  и меньше 1% для  $X < 0,3$ . Отношение  $F_2^{Fe}(x, Q^2)/F_2^{D_2}(x, Q^2)$  приведено на рис. 2 как функция  $Q^2$  при фиксированном значении  $x$ .

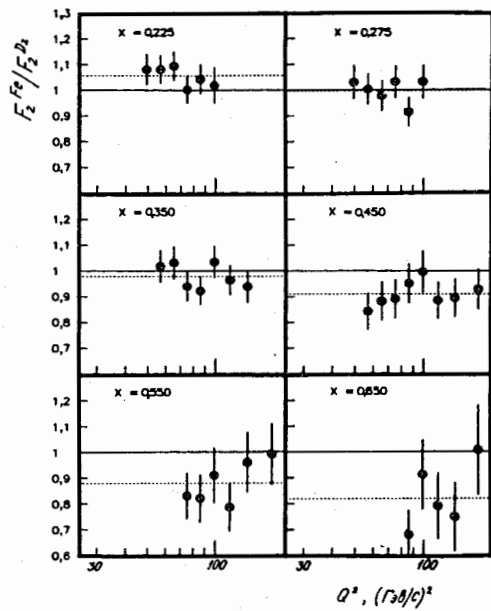


Рис. 2  
Отношение структурных функций  $F_2^{Fe}(x, Q^2)/F_2^{D_2}(x, Q^2)$ . Пунктиром обозначено усредненное по  $Q^2$  значение отношения при различных  $x$ .

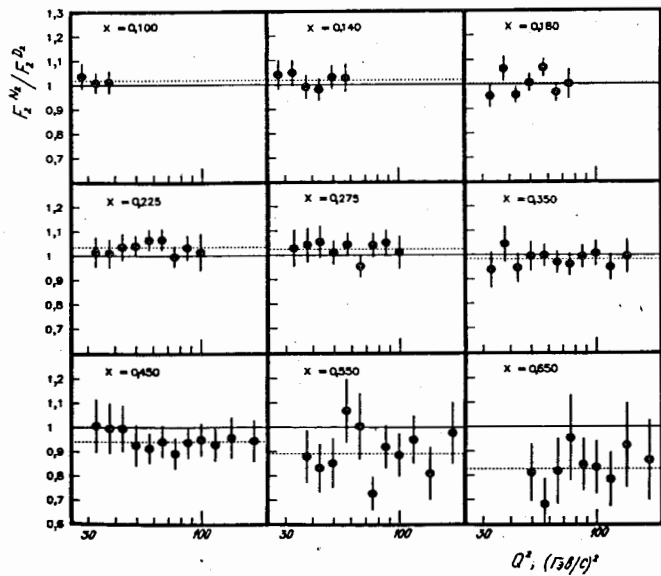


Рис. 3. Отношение структурных функций  $F_2^{N_2}(x, Q^2)/F_2^{D_2}(x, Q^2)$ . Пунктиром обозначено усредненное по  $Q^2$  значение отношения при различных  $x$ .

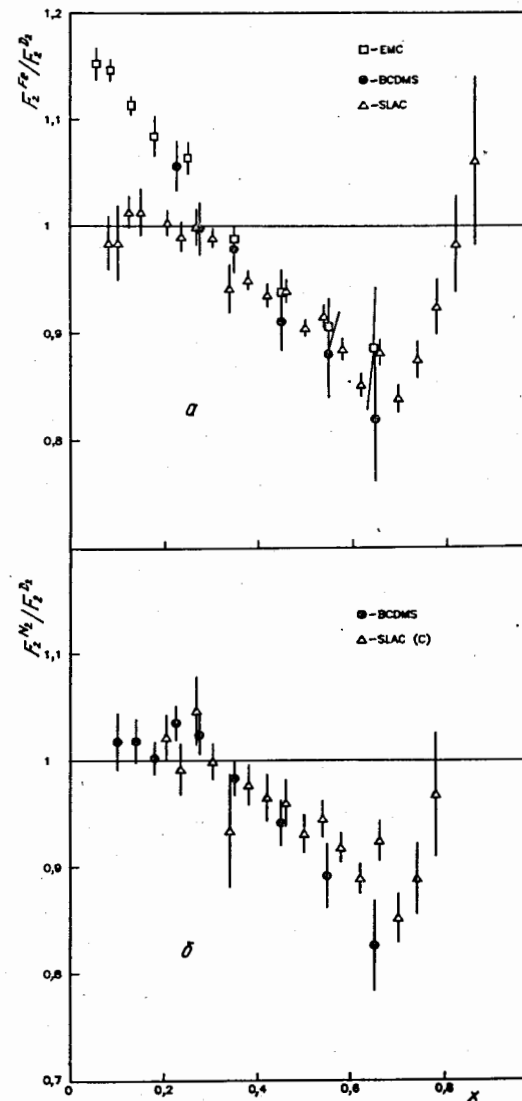


Рис. 4  
Усредненные по  $Q^2$  данные по отношениям структурных функций:  
а) отношение  $F_2^{Fe}/F_2^{D_2}$ :  
□ - данные из<sup>✱</sup>, ● - данные настоящего эксперимента, △ - данные по отношению дифференциальных сечений  $\sigma_{Fe}/\sigma_{D_2}$  из<sup>✱✱</sup>;  
б) ● - данные по отношению  $F_2^{N_2}/F_2^{D_2}$  из настоящего эксперимента и △ - данные по отношению дифференциальных сечений  $\sigma_C/\sigma_{D_2}$  из<sup>✱✱</sup>.

✱ J.J.Aubert et al. Phys. Lett., 1983, v. 123B, p. 275.

✱✱ R.G.Arnold et al. Phys. Rev. Lett., 1984, v. 52, p. 727.

Отношения структурных функций, измеренных на азоте и дейтерии, вычислялись отдельно для данных из области внутренних мишеней и для данных из области внешних мишеней, что обеспечивает минимальные систематические ошибки, связанные с вычислением аксептанса. В кинематической области взаимного перекрытия оба отношения  $F_2^{N_2}(x, Q^2)/F_2^{D_2}(x, Q^2)$  хорошо согласуются между собой. Усреднив точки с одинаковыми  $(x, Q^2)$ , мы получили единый набор отношения  $F_2^{N_2}(x, Q^2)/F_2^{D_2}(x, Q^2)$ , представленный на рис. 3.

Отношения структурных функций  $F_2^{Fe}/F_2^{D_2}$  и  $F_2^{N_2}/F_2^{D_2}$  не проявляют статистически значимой  $Q^2$ -зависимости.

Усредненные по  $Q^2$  отношения структурных функций в зависимости от  $x$  показаны на рис. 4, где приведены также результаты предыдущих экспериментов. В интервале  $0,2 < x < 0,7$  все данные хорошо согласуются между собой в рамках ошибок. Аппроксимация наших данных в указанном интервале линейной параметризацией в виде

$$F_2^A/F_2^{D_2} = a_A + b_A x$$

дает для отношения  $F_2^{Fe}/F_2^{D_2}$  следующие значения параметров:

$$a_{Fe} = 1,17 \pm 0,04 (\text{стат.}) \pm 0,01 (\text{сист.}),$$

$$b_{Fe} = -0,55 \pm 0,10 (\text{стат.}) \pm 0,04 (\text{сист.}),$$

а для отношения  $F_2^{N_2}/F_2^{D_2}$ :

$$a_{N_2} = 1,15 \pm 0,03 (\text{стат.}) \pm 0,01 (\text{сист.}),$$

$$b_{N_2} = -0,47 \pm 0,07 (\text{стат.}) \pm 0,04 (\text{сист.}).$$

В области  $x < 0,2$  отношение  $F_2^{N_2}/F_2^{D_2}$  отклоняется от линейного роста с уменьшением  $x$  и в пределах ошибок становится совместимым с единицей.

В седьмой главе рассмотрено измерение интерференционной структурной функции  $xG_3(x)$ . Коротко описаны условия набора данных, их обработка, рассмотрены вопросы радиационных поправок и нормировки. Проведено обсуждение полученных результатов и их сравнение с предсказаниями кварк-партоновой модели.

Измерение структурной функции  $xG_3$  было осуществлено с помощью спектрометра *BCDMS* в его первоначальной конфигурации, содержащей 10 супермодулей и 40-м углеродную мишень.

Данные набирались на мюонном пучке при энергии 200 ГэВ, знак заряда пучка периодически менялся, и поддерживалась постоянная интенсивность. Поляризация пучка была определена равной  $\lambda = 0,81 \pm 0,04$ .

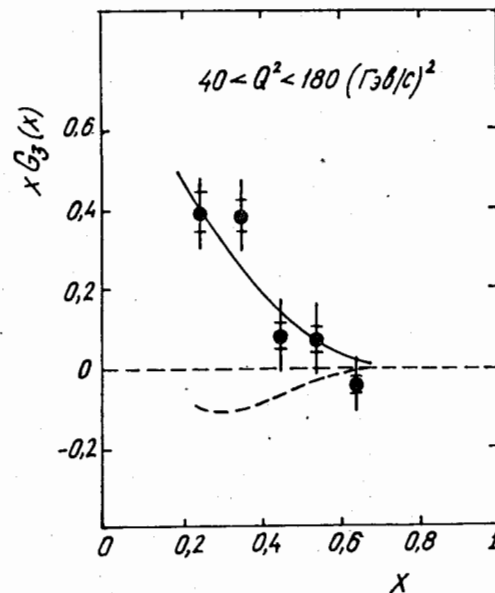


Рис. 5

Интерференционная структурная функция  $xG_3(x)$ . Полная величина ошибки представляет собой статистическую и систематическую ошибку, сложенные в квадратурах, метки обозначают только систематическую ошибку. Шпильчатая кривая представляет теоретическое предсказание  $xG_3(x) = 9/5 F_2(x)$ , вычисленное на основе измерения  $F_2(x)$  в\*. Пунктирная кривая представляет собой вклад зарядово-зависимых радиационных процессов, которые были вычтены из данных.

В результате селекции событий в кинематической области

$$0,2 < x < 0,7,$$

$$40 < Q^2 < 180 \text{ (ГэВ/с)}^2$$

были выделены 632 438 (860 995) глубоконеупругих взаимодействий положительно (отрицательно) заряженных мюонов. Эти данные в процессе вычисления структурной функции  $xG_3$  корректировались на аксептанс установки и зарядово-зависимые радиационные поправки, которые частично компенсируют эффект электрослабой интерференции.

Структурная функция  $xG_3$  извлекается из разности дифференци-

\* D. Bollini et al. Phys. Lett., 1984, v. 104B, p. 403.

альных сечений мюонов противоположных зарядов и поляризации, которая составляет около одного процента от сечений однофотонного обмена. Поэтому первые результаты для структурной функции  $xG_3$  были усреднены по всему измеряемому интервалу  $Q^2$  и ее значения, показанные на рис. 5, приводятся только в зависимости от переменной  $X$ .

На основе измеренных значений  $xG_3(x)$  и усредненных по  $Q^2$  значений структурной функции  $F_2(x, Q^2)$ , измеренной на той же установке и мишени\*, мы определили величину отношения

$$\frac{2(a_u Q_u + a_d Q_d)}{Q_u^2 + Q_d^2} = 1,87 \pm 0,25 (\text{стат.}) \pm 0,24 (\text{сист.}),$$

где  $Q_u, Q_d$  - заряды  $u$ - и  $d$ -кварков,  $a_u, a_d$  слабые аксиально-векторные константы связи  $u$ - и  $d$ -кварков с  $Z^0$ -бозоном.

Величина этого отношения хорошо согласуется с предсказанным в стандартной модели электрослабого взаимодействия значением 9/5.

В заклучении перечислены основные методические и физические результаты диссертационной работы:

1. Предложен метод привязки рассеянного мюона с пучковым мюоном, основанный на корреляции временной информации триггерных счетчиков и пучковых годоскопов, и создано соответствующее программное обеспечение для его реализации. С помощью этого метода осуществляется идентификация провзаимодействовавшей пучковой частицы, что существенно для отбора глубоконеупругих взаимодействий мюонов.

2. Создана программа статистического анализа экспериментальных данных по глубоконеупругому рассеянию мюонов и вычисления структурных функций нуклонов. Физические результаты по исследованию ядерных эффектов в структурных функциях получены с помощью этой программы.

3. Впервые осуществлено измерение отношения структурных функций  $F_2^{N_2}(x, Q^2)/F_2^{D_2}(x, Q^2)$  на азотной и дейтериевой мишенях. Полученные данные перекрывают кинематическую область

$$0,08 < X < 0,7, \\ 26 < Q^2 < 200 (\text{ГэВ/с})^2$$

и не проявляют статистически значимой  $Q^2$  - зависимости.

\* D.Bollini et al. Phys. Lett., 1984, v. 104B, p. 403.

4. Проведено измерение отношения структурных функций  $F_2^{Fe}(x, Q^2)/F_2^{D_2}(x, Q^2)$  на железной и дейтериевой мишенях с улучшенной в несколько раз систематической точностью по сравнению с предыдущими измерениями. В перекрываемой кинематической области

$$0,2 < X < 0,7, \\ 46 < Q^2 < 200 (\text{ГэВ/с})^2$$

полученные данные не проявляют статистически значимой  $Q^2$  - зависимости.

5. В интервале  $0,2 < X < 0,7$  оба усредненных по  $Q^2$  отношения  $F_2^{Fe}/F_2^{D_2}$  и  $F_2^{N_2}/F_2^{D_2}$  убывают линейно с возрастанием  $X$ .

6. В области  $X < 0,2$  отношение  $F_2^{N_2}/F_2^{D_2}$  отклоняется от линейного роста с уменьшением  $X$  и в пределах ошибок становится совместимым с единицей.

7. Впервые проведено измерение возникающей за счет электрослабой интерференции структурной функции  $xG_3(x)$ . Ее значения, усредненные по  $Q^2$  в интервале от 40 (ГэВ/с)<sup>2</sup> до 180 (ГэВ/с)<sup>2</sup>, определены в области  $0,2 < X < 0,7$  и хорошо согласуются с предсказаниями кварк-пертоновой модели.

Основные результаты диссертации опубликованы в следующих работах:

1. A.C.Benvenuti, ..., G.Sultanov et al. An upgraded configuration of a high-luminosity spectrometer for deep-inelastic muon scattering experiments. Nucl. Instr. Meth., 1984, v. 226, p. 330; CERN-EP/84-31, 1984.
2. A.C.Benvenuti, ..., G.Sultanov et al. Study of nuclear effects in the determination of nucleon structure functions with heavy targets. JINR, E1-84-626, Dubna, 1984.
3. G.Bari, ..., G.Sultanov et al. A measurement of nuclear effects in deep inelastic muon scattering on deuterium, nitrogen and iron targets. Phys. Lett., 1985, v. 136B, p. 282; CERN-EP/85-132, 1985; JINR, E1-85-747, Dubna, 1985.
4. A.Argento, ..., G.Sultanov et al. Measurement of the interference structure function  $xG_3(x)$  in muon-nucleon scattering. Phys. Lett., 1984, v. 140B, p. 142; CERN-EP/83-204, 1983; JINR, E1-84-30, Dubna, 1984.

Рукопись поступила в издательский отдел  
7 февраля 1986 года.