

П-318

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

1-95-518

На правах рукописи
УДК 539.12.142
539.125

ПЕШЕХОНОВ
Дмитрий Владимирович

**ИЗУЧЕНИЕ СПИНОВОЙ СТРУКТУРЫ НУКЛОНА
В ГЛУБОКОНЕУПРУГОМ РАССЕЯНИИ
ПОЛЯРИЗОВАННЫХ МЮОНОВ
НА ПОЛЯРИЗОВАННЫХ ДЕЙТРОНАХ**

Специальность: 01.04.23 — физика высоких энергий

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук

Дубна 1995

Работа выполнена в Лаборатории сверхвысоких энергий
Объединенного института ядерных исследований.

Научный руководитель :
доктор физико-математических наук,
старший научный сотрудник

СМИРНОВ
Георгий Иванович

Официальные оппоненты:
Доктор физико-математических наук,
старший научный сотрудник

ЗУЛЬКАРНЕЕВ
Рафаэл Якубович

кандидат физико-математических наук,
старший научный сотрудник

ТЕРЯЕВ
Олег Владимирович


Ведущее научно-исследовательское учреждение :
Московский инженерно-физический институт, г. Москва

Защита диссертации состоится " _____ " _____ 1996 года в " _____ " часов
на заседании диссертационного совета Д 047.01.06 в Лаборатории сверхвысоких энергий
Объединенного института ядерных исследований по адресу:
141980, г. Дубна Московской области, ЛСВЭ ОИЯИ.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ЛСВЭ ОИЯИ.

Автореферат разослан " _____ " _____ 1995 г.

Ученый секретарь диссертационного совета
кандидат ф.-м. наук, с.н.с.


В.Г.Кривохижин

Общая характеристика работы

Первые эксперименты по глубоко-неупругому рассеянию (ГНР) лептонов на нуклонах, проведенные в 60-е годы, привели к бурному развитию экспериментальных и теоретических исследований структуры нуклона и, в частности, к созданию кварк партонной модели (КПМ) – общепринятой, в настоящее время, теории элементарных частиц.

Во второй половине 80-х годов экспериментальными группами E80, E130 (СЛАК) и EMC (ЦЕРН) были представлены результаты измерений ГНР продольно поляризованных лептонов¹ на протонной продольно поляризованной мишени. Анализ данных, полученных этими группами, приводил к заключению, что суммарный вклад спинов кварков в спин нуклона, много меньше величины, предсказываемой КПМ и спин-зависимые правила сумм Бьеркена и Эллиса-Джаффе не выполняются.

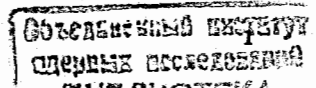
Интерпретации экспериментальных данных, полученных группами E80, E130 и EMC, посвящено более сотни теоретических работ; в крупнейших ускорительных центрах мира было предложено провести повторные, более точные, эксперименты по изучению процесса поляризованного ГНР на протонной и нейтронной поляризованных мишенях.

Настоящая работа основана на результатах экспериментальных исследований, выполненных при участии автора в 1989–1995 гг. в Лаборатории сверхвысоких энергий ОИЯИ. В работе приведены результаты исследования спиновой структуры нуклона в ГНР продольно поляризованных мюонов на продольно поляризованных дейтронах. Экспериментальные данные были получены на установке Спиновой Мюонной Коллаборации (СМК), работающей на мюонном канале ускорителя СПС ЦЕРН.

Актуальность проведенного исследования состоит в получении новой информации, позволяющей провести проверку спин-зависимых правил сумм Бьеркена и Эллиса-Джаффе и определить вклад кварков в величину спина нуклона.

Цель работы состояла в получении экспериментальных данных по ГНР поляризованных мюонов на ядрах поляризованного дейтрона, извлечения спин-зависимых структурных функций дейтрона и нейтрона, проверке спиновых правил сумм Бьеркена и Эллиса-Джаффе и опреде-

¹электронов с энергией $E = 10 \div 20$ ГэВ в СЛАК и мюонов с энергией $100 \div 200$ ГэВ в ЦЕРН



лении вклада кварков в величину спина нуклона.

Научная новизна. В диссертации представлены следующие новые результаты, выдвигаемые для защиты:

- впервые проведены измерения величины спин-зависимой лептон-нуклонной асимметрии A на дейтроне;
- проведен расчет спин-зависимой структурной функции дейтрона $g_1^d(x, Q^2)$ в кинематическом интервале $0.006 < x < 0.6$ и $1 \text{ ГэВ}^2 < Q^2 < 30 \text{ ГэВ}^2$;
- определена величина первого момента Γ_1^d от структурной функции дейтрона $g_1^d(x)$:

$$\Gamma_1^d = \int_0^1 g_1^d(x) dx = 0.023 \pm 0.020(\text{стат.}) \pm 0.015(\text{сист.});$$

- вычислена спин-зависимая структурная функция нейтрона $g_1^n(x, Q^2)$. Величина ее первого момента составила:

$$\Gamma_1^n = -0.08 \pm 0.04(\text{стат.}) \pm 0.04(\text{сист.});$$

- проведена проверка спин-зависимых правил сумм Бьеркена и Эллиса-Джаффе. Полученные экспериментальные данные подтверждают выполнение правила сумм Бьеркена в пределах ошибок измерения и указывают на нарушение правила сумм Эллиса-Джаффе более чем на три стандартных отклонения;
- определены величины вклада кварков в спин нуклона:

$$\begin{aligned} \Delta\Sigma &= \Delta u + \Delta d + \Delta s = 0.18 \pm 0.07, \\ \Delta s &= -0.13 \pm 0.03. \end{aligned}$$

Научно-практическая ценность результатов, представленных в диссертационной работе, заключается в получении новых экспериментальных данных, существенных для проверки КПМ и квантовой хромодинамики, что способствует более глубокому пониманию структуры нуклона. Развитые методы обработки и анализа данных могут быть использованы в других экспериментах.

Апробация диссертации. Результаты, вошедшие в диссертацию, представлялись автором на совещаниях сотрудничества СМК, на семинарах Лаборатории сверхвысоких энергий ОИЯИ, на 12 Международном семинаре по физике высоких энергий (Дубна 1994 г.), на Международной школе по физике высоких энергий и физике элементарных частиц (Италия, Соренто 1994 г.).

Материалы, вошедшие в диссертацию, представлены в пяти публикациях, список которых приведен в конце автореферата.

Структура диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав и заключения. Объем диссертации составляет 91 страницу, включая список цитируемой литературы.

Содержание работы

Во введении обосновывается актуальность и научная новизна проведенных исследований, сформулирована основная цель диссертации и положения, вынесенные на защиту.

В первой главе рассматривается кинематика изучаемого процесса ГНР, определяются понятия структурных функций нуклона и их связь с функциями кварковых распределений. Рассматриваются экспериментально измеряемая лептон-нуклонная асимметрия A и фотон-нуклонные асимметрии $A_{1,2}$. Дается определение правил сумм Бьеркена и Эллиса-Джаффе для спин-зависимой структурной функции нуклона $g_1(x)$. Приводятся экспериментальные результаты полученные ранее группами EMC, E80 и E130 и основные теоретические модели, предлагаемые для их интерпретации.

Вторая глава посвящена описанию экспериментальной установки сотрудничества СМК.

Пучок поляризованных мюонов формируется путем сброса протонного пучка ускорителя СПС с энергией $E_p = 450 \text{ ГэВ}$ на бериллиевую мишень. Образовавшиеся π^\pm и K^\pm -мезоны, вылетевшие в пределах телесного угла $10 \div 20$ мсрад, попадают в распадный канал где около 10% частиц распадается на лету по моде $\pi^{+(-)}, K^{+(-)} \rightarrow \mu^{+(-)} \nu_\mu^{(-)}$. В конце распадной зоны расположен адронный поглотитель отделяющий мюоны от адронов. Соотношение между количеством адронов и мюонов после поглотителя составляет $\pi/\mu \simeq 10^{-6}$.

Образованные мюоны обладают *естественной* поляризацией в силу несохранения четности в процессах *слабого взаимодействия*. В лабораторной системе координат, поляризация мюонов описывается урав-

нением :

$$P_{\mu} = \pm \frac{m_{\pi,K}^2 + (1 - 2E_{\pi,K}/E_{\mu})m_{\mu}^2}{m_{\pi,K}^2 - m_{\mu}^2}, \quad (1)$$

где $E_{\pi(K)}$ – энергия π (K) мезонов, $+(-)$ соответствует отрицательным (положительным) мюонам, соответственно.

Эксперимент проводился на пучке положительных мюонов со следующими характеристиками :

энергия – $E_{\mu} = 100$ ГэВ;

поляризация – $P_{\mu} = -0.82 \pm 0.06$;

интенсивность – $I = 4 \times 10^7$ мюонов на сброс;

время сброса пучка на мишень – $t = 2,4$ сек;

интервал между сбросами – $\Delta t = 14,4$ сек;

диаметр сформированного пучка – 2 см.

Поляризация пучка P_{μ} определяется по энергетическим спектрам позитронов, образующихся в распадах $\mu^+ \rightarrow e^+ \nu_e \bar{\nu}_{\mu}$, измеряемым при помощи мюонного поляриметра (Рис.1).

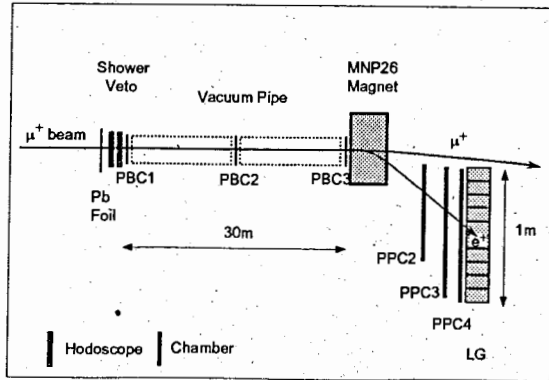


Рис.1 Мюонный поляриметр. На рисунке схематично показаны следующие компоненты детектора : "Shower Veto" – veto детекторы; "PBC1–PBC3" и "PPC2–PPC4" – пропорциональные камеры; MNP26 – дипольный магнит; "LG" – электромагнитный калориметр.

Поляризованная мишень установки состоит из двух цилиндрических секций длиной 40см и диаметром 5см, помещенных вдоль оси пучка на расстоянии 20см друг от друга внутри криостата со смесью $^3\text{He} - ^4\text{He}$ (Рис.2).

Данная конструкция размещена внутри сверхпроводящего соленоидального магнита, поддерживающего постоянное магнитное поле напряженностью $B = 2.5\text{T}$ вдоль оси мишени. В качестве рабочего вещества мишени используется дейтерированный бутанол, замороженный в шарики диаметром от одного до трех миллиметров. Температура, поддерживаемая в веществе поляризованной мишени составляет $T = 0.05\text{K}$.

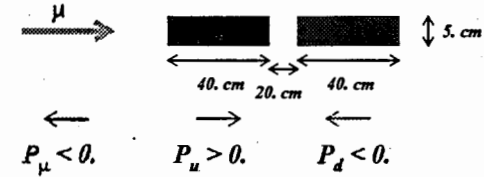


Рис.2 Схема дейтронной поляризованной мишени. P_{μ}, P_u, P_d означают поляризацию пучка, первой и второй секций мишени, соответственно.

Поляризация вещества мишени осуществляется методом Динамической Ядерной Поляризации (ДЯП) основанном на том факте, что поляризация электронов вещества может быть трансформирована в поляризацию нуклонов путем наложения высокочастотного магнитного поля. Средняя поляризация дейтронов, при наборе данных 1992 года, составила $P_T = 0.35$.

Использование мишени, состоящей из двух секций (половин), обусловлено необходимостью одновременного облучения мишеней содержащих нуклоны с положительной и отрицательной поляризациями. Вещество в секциях мишени поляризовано параллельно и антипараллельно оси мишени. Каждые восемь часов направление поляризации в половинах мишени меняется на противоположное. Применяемая методика дает возможность сгруппировать данные таким образом, чтобы акцептанс установки был одинаков для обеих направлений поляризации мишени.

Спектрометр установки (Рис.3) предназначен для регистрации налетающих и рассеянных мюонов, определения координат вершины взаимодействия и кинематических параметров событий поляризованного ГНР.

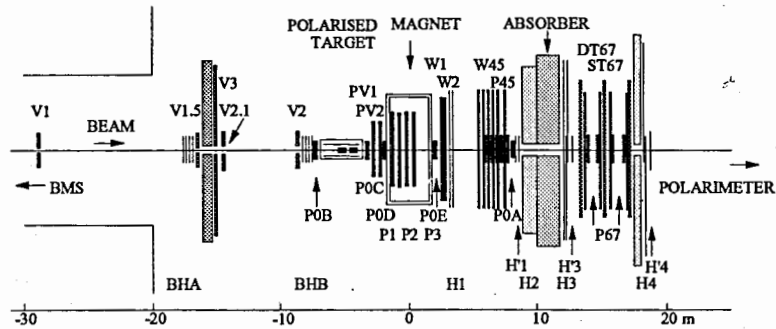


Рис.3 Спектрометр СМК.

Спектрометр состоит более чем из 150 плоскостей проволочных детекторов, 20 плоскостей годоскопов и пяти плоскостей вето-счетчиков. Это позволяет проводить измерения в диапазоне изменения переменной x $0.006 \leq x \leq 0.6^2$.

Таблица 1 Основные триггеры, используемые в эксперименте.

Триггер	функция триггера
T1	физический; регистрация мюонов рассеянных под углом $\theta \geq 13$ мрад
T2, T14	физические; регистрация мюонов рассеянных под углом $\theta \leq 25$ мрад
T5	используется для юстировки пучковых камер; т.н. триггер ближнего гало
T7, T8	используются для калибровки, юстировки и определения эффективностей камер регистрации рассеянных мюонов
T10	определение профиля пучка; используется для моделирования эксперимента
T11	определение эффективности годоскопов для T1
T12	определение эффективности годоскопов для T2/T14

В эксперименте СМК используется 15 различных триггеров. Три из них являются физическими, т.е. управляют записью экспериментальных данных, соответствующих изучаемому процессу поляризованного ГНР. Остальные триггеры используются для калибровки элементов

²со второй половины 1993 года в диапазоне $x \geq 0.003$

детектора и получения информации о пучке. Характеристики основных триггеров, используемых в эксперименте, приведены в Таблице 1.

В третьей главе описана процедура обработки экспериментальной информации.

Основной экспериментальный материал, представленный в диссертации, был получен в 1992 году. В течении восьми периодов набора данных было зарегистрировано 5.0×10^6 экспериментальных событий. В процессе обработки было отобрано 3.2×10^6 событий ГНР продольно поляризованных положительных мюонов с энергией $E_\mu = 100$ ГэВ на продольно поляризованной дейтериевой мишени.

Процесс обработки экспериментальных данных включает следующие основные шаги :

- декодирование информации, записанной детекторами установки;
- восстановление треков частиц в спектрометре;
- определение координат вершины взаимодействия в мишени;
- восстановление топологии событий ГНР поляризованных мюонов;
- расчет эффективностей детекторов установки;
- отбор событий поляризованного ГНР (создание т.н. *micro DST*);
- вычисление величины лептон-нуклонной асимметрии;
- расчет систематических ошибок.

Параллельно с обработкой экспериментальных данных проводится анализ событий, смоделированных при помощи программы Монте-Карло. Это позволяет контролировать корректность реконструкции экспериментальных данных и определить поправки, обусловленные процессом обработки.

Восстановленные события ГНР, записываемые в банк данных называемый *micro DST*, отбирались по следующим критериям :

- $Q^2 > 1$ ГэВ² – исключает из рассмотрения события, зарегистрированные в области быстроизменяющегося акцептанса установки;
- 80 ГэВ $< E_\mu < 120$ ГэВ – в этом интервале энергии координаты и импульсы мюонов пучка определяются с необходимой точностью;

- $E'_\mu > 15$ ГэВ – позволяет избежать ложной идентификации мюонов, рожденных в адронном ливне, с рассеянными мюонами;
- $\nu > 10$ ГэВ – ограничение связано с точностью определения величины разности энергий налетающего и рассеянного мюона;
- $y < 0.9$ – ограничение вызвано тем, что в области больших y радиационные коррекции дают большой вклад в сечение изучаемого процесса ГНР;
- $\theta > 0.009$ рад – ограничение по углу рассеяния вызвано низкой эффективностью триггера и нестабильностью аксептанса установки в области, близкой к оси спектрометра;
- координаты вершины взаимодействия события попадают внутрь объема одной из половин мишени.

Величина лептон-нуклонной асимметрии извлекается из данных о количестве актов ГНР произошедших на половинах дейтронной поляризованной мишени. *Micro DST* содержит четыре набора данных о количестве актов рассеяния $N_{1, \dots, 4}$ от конфигураций половин мишени до и после реверса поляризации (Рис.2). В предположении, что мы знаем отношение аксептансов половин мишени до и после реверса поляризации ($k = (\alpha_1 \alpha_4) / (\alpha_2 \alpha_3)$), величина лептон-нуклонной асимметрии A имеет вид :

$$A = \frac{1}{\langle m \rangle} \left[\frac{\Delta_1 + \Delta_2}{2} - \frac{k - 1}{4} \right],$$

где величины $\Delta_{1,2}$ обозначают отношения :

$$\Delta_1 = \frac{N_1 - N_2}{N_1 + N_2} \quad \text{и} \quad \Delta_2 = \frac{N_4 - N_3}{N_4 + N_3}$$

параметр $\langle m \rangle = 1/4(m_1 + m_2 + m_3 + m_4)$, где $m_i = f P_\mu P_i$, фактор f определяет долю процессов ГНР произошедших в веществе мишени на поляризованных дейтронах и P_i – поляризация половины мишени в i -ой конфигурации ($i=1,4$).

В четвертой главе представлены полученные физические результаты. Величина фотон-нуклонной асимметрии A_1^d , вычисленная по данным 1992 года, представлена в таблице 2 и на рисунке 4.

Спин-зависимая структурная функция дейтрона $g_1^d(x)$ вычислялась в

предположении Q^2 – независимости асимметрии A_1^d при величине среднего значения Q^2 в эксперименте $Q_0^2 = 4.6$ ГэВ². Полученный результат показан на рисунке 5.

Таблица 2. Фотон-нуклонная асимметрия A_1^d и спин-зависимая структурная функция g_1^d дейтрона. Первая ошибка статистическая, вторая систематическая.

x-бин	$\langle x \rangle$	$\langle Q^2 \rangle$ (ГэВ ²)	A_1^d	g_1^d
0.006 – 0.010	0.009	1.2	$-0.029 \pm 0.071 \pm 0.013$	$-0.554 \pm 1.347 \pm 0.251$
0.010 – 0.020	0.015	1.7	$-0.046 \pm 0.046 \pm 0.015$	$-0.490 \pm 0.493 \pm 0.155$
0.020 – 0.030	0.025	2.5	$-0.032 \pm 0.059 \pm 0.018$	$-0.198 \pm 0.360 \pm 0.100$
0.030 – 0.040	0.035	3.1	$-0.098 \pm 0.073 \pm 0.021$	$-0.417 \pm 0.312 \pm 0.078$
0.040 – 0.060	0.050	3.7	$+0.096 \pm 0.067 \pm 0.025$	$+0.283 \pm 0.197 \pm 0.060$
0.060 – 0.100	0.079	4.6	$+0.013 \pm 0.070 \pm 0.030$	$+0.023 \pm 0.127 \pm 0.043$
0.100 – 0.150	0.123	5.6	$+0.144 \pm 0.095 \pm 0.037$	$+0.162 \pm 0.107 \pm 0.031$
0.150 – 0.200	0.173	6.9	$+0.168 \pm 0.143 \pm 0.042$	$+0.128 \pm 0.109 \pm 0.024$
0.200 – 0.300	0.241	9.0	$+0.245 \pm 0.154 \pm 0.046$	$+0.122 \pm 0.077 \pm 0.017$
0.300 – 0.400	0.343	12.0	$+0.170 \pm 0.286 \pm 0.050$	$+0.047 \pm 0.080 \pm 0.010$
0.400 – 0.600	0.470	15.5	$+0.031 \pm 0.456 \pm 0.054$	$+0.004 \pm 0.059 \pm 0.005$

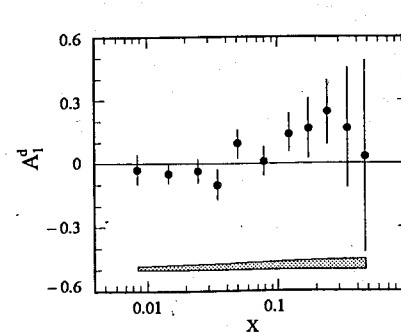


Рис.4 Фотон-нуклонная асимметрия дейтрона A_1^d как функция Бьеркеновской переменной x . Систематическая ошибка показана как темная область.

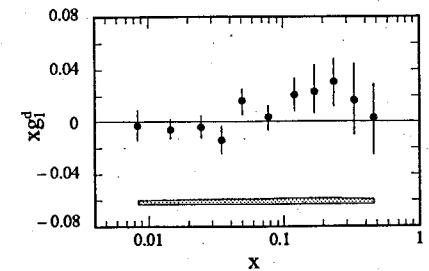


Рис.5 Спин-зависимая структурная функция дейтрона xg_1^d как функция Бьеркеновской переменной x . Экспериментальные точки приведены лишь со статистической неопределенностью, размер систематических ошибок показан в виде заштрихованной области.

Величина интеграла от спин-зависимой структурной функции $g_1^d(x)$ по области изменения Бьеркеновской переменной x , вычисленная при

значении $Q_0^2 = 4.6 \text{ ГэВ}^2$, составила

$$\int_{0.006}^{0.6} g_1^d(x, Q_0^2) dx = 0.024 \pm 0.020(\text{стат.}) \pm 0.014(\text{сист.}).$$

Для оценки величины интеграла в неизмеряемой области области $x > 0.6$ использовалась экстраполяция структурной функции $g_1^d(x)$, основанная на предположении, что $g_1^d(x) \rightarrow 0$ при $x \rightarrow 1$.

Вклад в величину первого момента от неизмеряемой области малых x ($0 < x < 0.006$) оценивался путем экстраполяции экспериментальных данных в $x \rightarrow 0$.

В результате, были получены следующие значения интеграла от $g_1^d(x)$ по неизмеряемым областям Бьеркеновской переменной x :

$$\int_0^{0.006} g_1^d(x) dx = -0.003 \pm 0.003, \quad \int_{0.6}^1 g_1^d(x) dx = +0.002 \pm 0.004.$$

Таким образом, величина первого момента спин-зависимой структурной функции дейтрона составила:

$$\Gamma_1^d(Q_0^2) = \int_0^1 g_1^d(x, Q_0^2) dx = 0.023 \pm 0.20(\text{стат.}) \pm 0.015(\text{сист.}),$$

где $Q_0^2 = 4.6 \text{ ГэВ}^2$. Результат расчета проиллюстрирован на рисунке 6.

Поскольку дейтрон является связанным состоянием квази-свободных протона и нейтрона, величины первого момента Γ_1^p и Γ_1^n могут быть выражены через Γ_1^d :

$$\Gamma_1^p + \Gamma_1^n = 2\Gamma_1^d / (1 - 1.5\omega_D), \quad (2)$$

где $\omega_D = 0.058$ – вероятность образования в дейтроне связанного (т.н. D-состояние) состояния протона и нейтрона. Предсказание правила сумм Эллиса-Джаффе для суммы величин первых моментов от спин-зависимой структурной функции g_1 протона и нейтрона $\Gamma_1^p + \Gamma_1^n$ составляет:

$$\left(\Gamma_1^p + \Gamma_1^n\right)_{\text{теор.}} = 0.187 \pm 0.010 \quad (Q^2 = 4.6 \text{ ГэВ}^2).$$

Полученное нами значение Γ_1^d приводит к величине:

$$\left(\Gamma_1^p + \Gamma_1^n\right)_{\text{экс.}} = 0.049 \pm 0.044(\text{стат.}) \pm 0.032(\text{сист.}).$$

Отличие между теоретическим предсказанием и полученным результатом составляет более двух стандартных отклонений.

Для проверки правила сумм Бьеркена были использованы результаты измерений на протонной мишени, полученные группами EMC, E80 и E130:

$$\Gamma_1^p(Q_0^2 = 5 \text{ ГэВ}^2) = 0.126 \pm 0.010(\text{стат.}) \pm 0.0154(\text{сист.}).$$

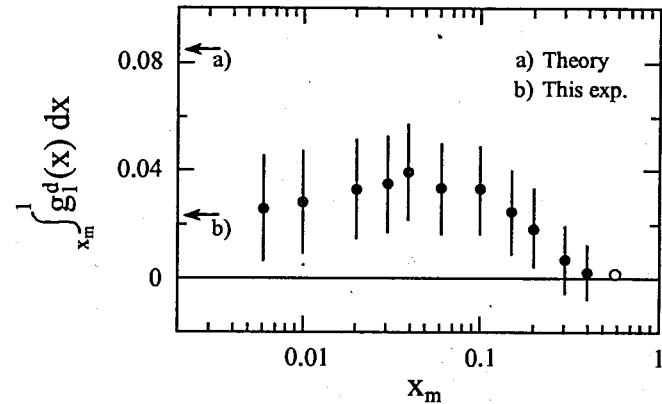


Рис.6 Величина интеграла $\int_{x_m}^1 g_1^d(x) dx$ как функция нижнего предела интегрирования x_m . Приведены только статистические неопределенности. Незакрашенная точка показывает результат экстраполяции в области больших x .

Величина разности первых моментов протона и нейтрона, предсказываемая правилом сумм Бьеркена, была определена из следующего соотношения:

$$\Gamma_1^p - \Gamma_1^n = 2\Gamma_1^p (\text{SLAC/EMC}) - [\Gamma_1^p + \Gamma_1^n] (\text{SMC}) = 0.20 \pm 0.05 \pm 0.04.$$

Теоретическое предсказание правила сумм Бьеркена при $Q^2 = 5 \text{ ГэВ}^2$ составляет:

$$\left(\Gamma_1^p - \Gamma_1^n\right)_{\text{теор.}} = 0.186 \pm 0.003,$$

что хорошо согласуется с полученным нами результатом.

В 1993–1994 годах различными экспериментальными группами были получены новые данные по измерению лептон-нуклонной асимметрии в ГНР на протонной, дейтронной и нейтронной поляризованной мишени.

В 1994 году на установке СМК был продолжен эксперимент на дейтериевой поляризованной мишени. Энергия мюонного пучка составляла $E_\mu = 190 \text{ ГэВ}$, $P_\mu = -0.811 \pm 0.028(\text{стат.}) \pm 0.029(\text{сист.})$, средняя

поляризация дейтериевой мишени составляла $P_T = +0.51, -0.61$ для ориентаций спина мишени вдоль и против оси пучка, соответственно. Измерения проводились в кинематическом диапазоне $0.003 < x < 0.7, 1.0 < Q^2 < 60.0 \text{ ГэВ}^2$.

В 1995 году был проведен повторный анализ дейтронных данных (с использованием результатов 1994 года) и совместный анализ всей совокупности мировых данных по изучению поляризованного ГНР.

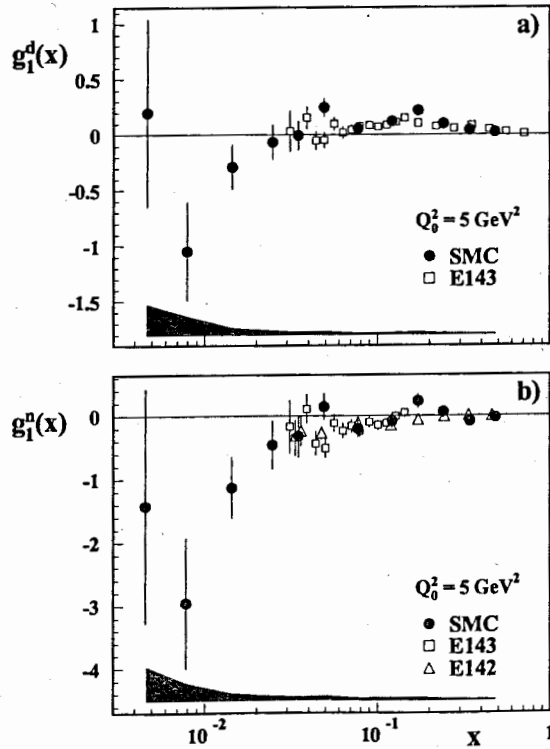


Рис.7 Спин-зависимые структурные функции g_1^d (а) и g_1^n (б) как функции Бьеркеновской переменной x . Представлены при величине $Q^2 = 5 \text{ ГэВ}^2$. Светлые квадраты и треугольники показывают результаты групп E143 и E142, соответственно. Темные кружки соответствуют данным СМК. Систематическая ошибка показана как заштрихованная область.

Особенностью повторного анализа является использование уникальных данных по измерению величины асимметрии A_2^p , полученных сотрудничеством СМК в 1993 году. Это позволило более корректно

учесть вклад A_2 в измеряемую лептон-нуклонную асимметрию A :

$$|A_2^d| \leq (1 - 1.5\omega_D)(A_2^p + F_2^n/F_2^p\sqrt{R})/(1 + F_2^n/F_2^p).$$

Полученная структурная функция дейтрона $g_1^d(x)$, показана на рисунке 7а в сравнении с данными, экспериментальной группы E143. На рисунке 7б показаны результаты расчета структурной функции $g_1^n(x)$, проведенные с использованием всей совокупности имеющихся протонных и дейтронных данных, в сравнении с экспериментальными данными сотрудничества E142 полученными на нейтронной поляризованной мишени.

Из рисунка 7 видно, что данные всех групп хорошо согласуются в области перекрытия их измерений. В области малых x результаты нашего эксперимента предсказывают поведение функций $g_1^d(x)$ и $g_1^n(x)$ отличное от возможной экстраполяции в нуль данных групп E143 и E142.

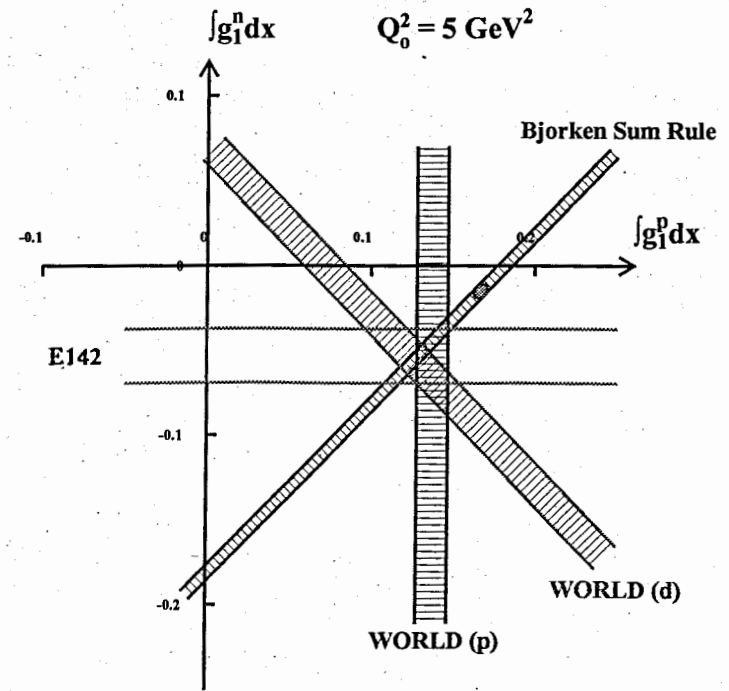


Рис.8 Мировые данные по проверке правила сумм Бьеркена при величине $Q^2 = 5 \text{ ГэВ}^2$.

Величина разности первых моментов $(\Gamma_1^p - \Gamma_1^n)$, рассчитанная при $Q^2 = 5 \text{ ГэВ}^2$ по всей совокупности имеющихся протонных, дейтронных

и нейтронных данных, составила :

$$\Gamma_1^p - \Gamma_1^n = 0.203 \pm 0.023,$$

что хорошо согласуется с теоретическим предсказанием при данном значении Q^2 . На рисунке 8 показана экспериментальная ситуация по проверке правила сумм Бьеркена. Видно, что результаты всех экспериментальных групп взаимосогласуются и подтверждают его выполнение.

Величина вклада кварков в спин нуклона, определенная по всей совокупности мировых данных, составила :

$$\Delta\Sigma = 0.18 \pm 0.07.$$

Вклад кварков странного моря равен :

$$\Delta s = -0.13 \pm 0.03.$$

Полученные результаты подтверждают выполнение правила сумм Бьеркена в пределах точности проведенных измерений.

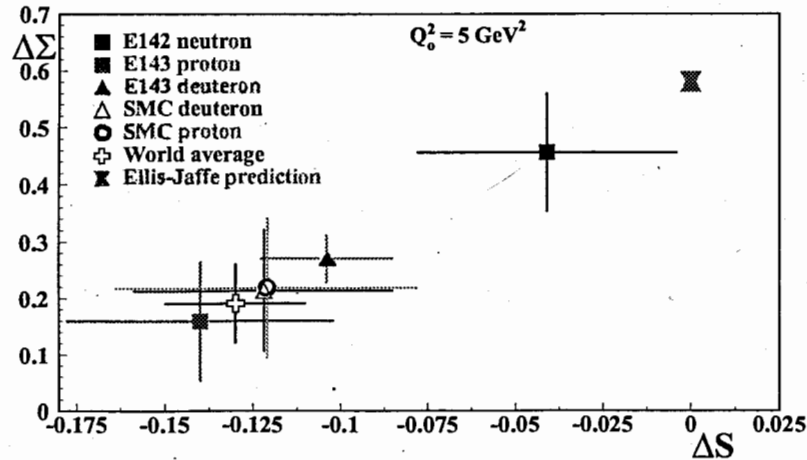


Рис.9 Значения величины $\Delta\Sigma$, полученные различными экспериментальными группами в сравнении с предсказанием Эллиса-Джаффе.

На рисунке 9 приведены значения $\Delta\Sigma$ и Δs , рассчитанные различными группами, в сравнении с величиной, предсказываемой правилом сумм Эллиса-Джаффе.

Найденное нами несоответствие величин первых моментов протона и нейтрона предсказанию правил сумм Эллиса-Джаффе подтверждается результатами других экспериментов и свидетельствует в пользу теоретических моделей, предполагающих, что большой вклад в спин нуклона дают глюоны, либо орбитальный момент нуклона.

В Заключении сформулированы основные результаты диссертационной работы :

1. Впервые проведены измерения спин-зависимой лептон-нуклонной асимметрии A на дейтроне.
2. Впервые определены спин-зависимая фотон-нуклонная асимметрия A_1^d и структурная функция дейтрона g_1^d в кинематическом интервале $0.006 < x < 0.6$, $1 \text{ ГэВ}^2 < Q^2 < 30 \text{ ГэВ}^2$.
3. Рассчитана величина первого момента Γ_1^d спин-зависимой структурной функции дейтрона $g_1^d(x)$.

$$\Gamma_1^d = 0.023 \pm 0.020(\text{стат.}) \pm 0.015(\text{сист.})$$

4. Определена величина первого момента для спин-зависимой структурной функции нейтрона g_1^n .

$$\Gamma_1^n = 0.08 \pm 0.04(\text{стат.}) \pm 0.04(\text{сист.})$$

5. Проведена проверка спиновых правил сумм Эллиса-Джаффе и Бьеркена.

- Полученные результаты указывают на невыполнение правила сумм Эллиса-Джаффе. Разногласие с теоретическим предсказанием составляет более двух стандартных отклонений.
- Анализ всей совокупности мировых данных по изучению поляризованного ГНР указывает на отличие экспериментальных результатов от предсказания Эллиса-Джаффе более чем на три стандартных отклонения.
- Полученные результаты подтверждают выполнение правила сумм Бьеркена в пределах ошибок проведенных измерений.

6. Определена доля спина нуклона переносимая кварками :

$$\Delta\Sigma = 0.18 \pm 0.07,$$

$$\Delta s = -0.13 \pm 0.03.$$

В процессе получения физических результатов были решены многие задачи экспериментального исследования спиновой структуры нуклона и получены, в частности, следующие методические результаты :

1. Разработана процедура калибровки детектора регистрации рассеянных мюонов DT67;
2. Разработан метод восстановления треков в детекторе DT67;
3. Создано математическое обеспечение для контроля эффективности элементов детектора DT67 во время набора данных;
4. Создано математическое обеспечение для расчета эффективности детектора DT67 во время анализа экспериментальной информации;
5. Создано математическое обеспечение для реконструкции треков рассеянных мюонов в детекторе DT67.

Диссертация основывается на следующих опубликованных работах :

1. B.Adeva,...,D.Peshekhonov et al. "Measurement of the spin-dependent structure function $g_1(x)$ of the deuteron" Phys. Lett. B 302(1993) 533-539.
2. B.Adeva,...,D.Peshekhonov et al. "Combined analysis of world data on nucleon spin structure functions" Phys. Lett. B 320(1994) 400-406.
3. D.Adams,...,D.Peshekhonov et al., "A new measurement of the spin-dependent structure function $g_1(x)$ of the deuteron" Phys. Lett. B 357 (1995) 248-254.
4. D.V.Peshekhonov,K.S.Medved,D.Pose , "DT67 pattern recognition in PHOENIX", Communication of JINR E1-95-391, 1995.
5. D.V.Peshekhonov, V.G.Krivokhizhin, I.A.Savin, G.I.Smirnov , "The systematic errors in Γ_1^d due to uncertainties in the structure function $R(x, Q^2)$ ", Communication of JINR E1-95-402, 1995.

Рукопись поступила в издательский отдел
20 декабря 1995 года.