

Ա. Ի. Արխանյանի անվան ԵՐԵՎԱՆԻ ՖԻԶԻԿԱՅԻ ԻՆՍՏԻՏՈՒՏ

ԱՄՐՅԱՆ ԳԵՂԱՄ ԱՐԱՄԱՅԻՍԻ

ԳՈՒՆԱՅԻՆ ԹԱՓԱՆՅԵԼՈՒԹՅԱՆ ՈՒՍՈՒՄՆԱՍԻՐՈՒԹՅՈՒՆԸ

ԷԸՍՎԼՅՈՒԶԻՎ $d(e, e'p)$ ՌԵԱԿՑԻԱՅՈՒՄ

$Q^2 = 1.5 \div 6.0$ (ԳԷՎ/Ը)² ՏԵՐՐՈՒՅԹՈՒՄ

Ա.04.16-«Միջուկի, տարրական մասնիկների և տիեզերական

ճառագայթների ֆիզիկա» մասնագիտությանը

ֆիզիկամաթեմատիկական գիտությունների

բեկնածուի գիտական աստիճանի հայցման ատենախոսության

ՄԵՂԱՍԳԻՐ

Երևան - 2007

ЕРЕВАНСКИЙ ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ им. А. И. Алиханяна

АСРЯН ГЕГАМ АРАМАИСОВИЧ

ИССЛЕДОВАНИЕ ЦВЕТОВОЙ ПРОЗРАЧНОСТИ В

ЭКСКЛЮЗИВНОЙ $d(e, e'p)$ РЕАКЦИИ

В $Q^2 = 1.5 \div 6.0$ (ГэВ/с)² ОБЛАСТИ

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени кандидата физико-

математических

наук по специальности 01.04.16 – “Физика ядра, элементарных частиц и космических лучей”.

Ереван – 2007

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Ատենախոսության թեման հաստատված է Ա. Ալիխանյանի անվան Երևանի ֆիզիկայի ինստիտուտում
Գիտական ղեկավար - ֆիզ-մաթ. գիտ. թեկնածու Հ. Գ. Մկրտչյան (ԵրՖԻ)

Պաշտոնական ընդդիմախոսներ ֆիզ-մաթ. գիտ. թեկնածու
Լ. Ա. Գրիգորյան (ԵրՖԻ),
ֆիզմաթ գիտ. դոկտոր Ն. Կ. Պիվնյուկ
(ՏՓՖԻ, Մոսկվա)
Առաջատար կազմակերպություն Երևանի պետական համալսարան

Պաշտպանությունը կայանալու է դեկտեմբերի 25-ին 2007թ. ժամը 16⁰⁰-ին ԵրՖԻ-ում գործող ԲՈՒՀ-ի 024 մասնագիտական խորհրդի նիստում (375036, Երևան, Ալիխանյան Եղբայրների փող. 2):

Ատենախոսությանը կարելի է ծանոթանալ Ա. Ալիխանյանի անվան Երևանի ֆիզիկայի ինստիտուտի գրադարանում:

Սեղմագիրն առաքված է նոյեմբերի 23-ին 2007 թ.

Մասնագիտական խորհրդի գիտական քարտուղար

ֆիզ. մաթ. գիտությունների դոկտոր  Է. Գ. Գազազյան

Тема диссертации утверждена в Ереванском физическом институте им. А. И. Алиханяна.

Научный руководитель: кандидат физ.-мат. наук Г. Г. Мкртчян (ЕрФИ)

Официальные оппоненты: кандидат физ.-мат. наук
Л. А. Григорян (ЕрФИ),
доктор физ.-мат. наук Н. К. Пивнюк
(ИТЕФ, Москва)

Ведущая организация: Ереванский государственный университет

Защита состоится 25 декабря 2007г. в 16⁰⁰ч., на заседании специализированного совета ВАК 024, действующего при Ереванском физическом институте им. А. И. Алиханяна, (375036, ул. Братьев Алиханян 2, г. Ереван)

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Ереванского физического института им. А. И. Алиханяна.

Автореферат разослан 23 ноября 2007 г.

Ученый секретарь спец. совета, д.ф.м.н.  Э. Д. Газазян

В настоящей работе представлены экспериментальные результаты по исследованию предсказанного в Квантовой Хромодинамике (QCD) явления Цветовой Прозрачности (ЦП) на ядре дейтрона в реакции $d(e,e'p)n$ при начальной энергии электронов 5.76 ГэВ и в кинематической области передаваемого четырехмерного импульса $Q^2 = 1.5 - 6.0$ (ГэВ/с)².

Данный эксперимент был проведен на детекторе CLAS в экспериментальном зале В JLab-a.

Исходя из факта, что детектор CLAS регистрирует протоны с импульсом выше 0.3 ГэВ/с, а в эксперименте регистрировались рассеянные электроны в совпадении с протонами, была выбрана нейтронная кинематика, когда по Q^2 -му и кинематическим параметрам нейтрона отдачи вычисляются все параметры электронов и протонов.

Этот анализ дал возможность впервые получить в широких кинематических областях, а именно при передаваемом четырехмерном импульсе - $Q^2 = 1.5 - 6.0$ (ГэВ/с)² и импульсе нейтрона отдачи $p_n \leq 2.0$ ГэВ/с, абсолютное сечение взаимодействия в виде импульсных и угловых распределений нейтрона отдачи [1,2,6].

Сравнение полученных результатов с теорией показало, что механизм реакции понимается достаточно хорошо, и это позволило использовать полученные сечения для исследования ЦП ядра дейтрона в исследуемой эксклюзивной реакции и сравнения с теоретическими предсказаниями [12-14].

Актуальность работы: Более 25 лет назад ЦП была предсказана независимо друг от друга С. Бродским и А. Мюллером [10,11]. Это явление в QCD является актуальной задачей исследования и для теоретиков и для экспериментаторов. Опубликовано много работ касающихся этой проблемы [12-14,17].

Однако до сих пор окончательно не ясны ни механизм явления, ни причины, ни кинематическая область для данной реакции в которой можно наблюдать ЦП.

В ядре нуклоны могут находиться либо в одиночном состоянии, либо в двойной или более степени корреляции [15]. Точное описание и свойства нуклонов в этих состояниях неизвестно.

При жестких реакциях, когда достаточно велик передаваемый четырехмерный импульс, нуклон, взаимодействуя с виртуальным

фотоном, может перейти в промежуточное состояние, обладающее малыми размерами. Такое состояние называется Точечно-Образным Состоянием (ТОС), или так называемым 'мини адроном', которое имеет короткое время жизни или длину пробега (когерентная длина пробега, см. формулу (1)), после чего опять превращается в нормальный адрон [4,5,7,13,14].

Необходимыми условиями для наблюдения ЦП являются:

- а) Образование ТОС в сильных взаимодействиях при больших значениях передаваемого четырехмерного импульса,
- б) Сильно ослабленное взаимодействие ТОС с остальными нуклонами ядра из-за Цветовой Нейтральности или Цветовому Экранированию, что в конечном счете выявляется как ЦП в QCD,
- в) Вылет ТОС из ядра, не успевшего превратиться в обычный адрон.

Когерентная длина ТОС определяется по формуле:

$$L_{coh} = \frac{2\nu}{M^{*2} - M_N^2} \quad (1)$$

где ν - разница между начальной и конечной энергиями электрона, M^* - масса промежуточного состояния взаимодействующего нуклона, M_N - масса покоя нуклона. Для ядра дейтрона в условиях нашего эксперимента эта длина сравнима с размерами ядра и, в условиях рассматриваемой реакции, составляет от 1 до 2 фм. Для эксперимента выбрана именно дейтронная мишень, так как сравнительно малый размер ядра позволяет при относительно низких Q^2 иметь ненулевую вероятность наблюдения искомого ЦП явления.

Дополнительными и немаловажными доводами в пользу выбора дейтронной мишени были:

1. характер двухнуклонных корреляций в дейтроне такой же, как в других ядрах;
2. волновая функция дейтрона рассчитывается с большой точностью, что дает возможность более реалистического сравнения расчетного значения с экспериментальными данными.

Окончательного ответа на вопросы о существовании ЦП и кинематических условий для наблюдения этого явления пока нет.

Предложение исследовать это явление QCD в CEBAF-е было сделано еще в середине 90-х, а эксперимент был выполнен в 2002 году. Параметры и характеристики ускорительного комплекса CEBAF и детектора CLAS, имеющего большой геометрический акцептанс, подходят для исследования этого явления.

Наилучший способ изучения ЦП - это квазиупругое рассеяние электронов.

Специально был изучен механизм этой реакции, и было проведено сравнение результатов с теоретическими расчетами. Было установлено, что теория достаточно хорошо описывает полученные экспериментальные данные, и следовательно этот процесс можно использовать для исследования явления ЦП.

Цель работы. Целью данной работы является выяснение и доказательство возможности существования явления ЦП в ядре дейтрона посредством реакции $d(e,e'p)n$ в вышеуказанных кинематических областях.

По накопленным в эксперименте данным вычислить сечения инклюзивного квази-упругого рассеяния в определенных областях импульса нейтрона отдачи.

Определить отношения сечений в тех областях импульсов, где существует взаимодействие в конечном состоянии, к сечению, где отсутствуют такие взаимодействия, что выявляет ЦП.

Классическая формула для расчета ЦП в ядрах имеет вид:

$$T_A = \frac{\frac{d\sigma}{dt}[(eA)quasi-elastic]}{A \frac{d\sigma}{dt}[(ep)elastic]} \quad (2)$$

Исследования показали, что можно считать, что в области импульсов нейтрона отдачи $p_n \leq 0.1$ ГэВ/с, взаимодействие происходит как на свободном протоне, без дальнейшего взаимодействия с нейтроном, то есть остальные каналы сильно подавлены. Это сечение было использовано для расчета ЦП в знаменателе формулы (2) вместо выражения $\frac{d\sigma}{dt}[(ep)elastic]$.

Исходя из вышеуказанного, экспериментальная ЦП была рассчитана по формуле:

$$T_{e/e} = \frac{\sigma(Q^2, p_n^{PWIA+FSI})}{\sigma(Q^2, p_n \leq 0.1)} \quad (3)$$

где e/e означает отношение экспериментальных сечений, PWIA - отсутствие межнуклонных взаимодействий в конечном состоянии (Plane Wave Impulse Approximation, упругое рассеяние на протоне без дальнейшего взаимодействия протона с нейтроном в ядре), FSI - присутствие межнуклонных взаимодействий в конечном состоянии, (Final State Interaction, взаимодействие протона с нейтроном в конечном состоянии).

Аналогичным образом была рассчитана теоретическая ЦП - $T_{t/t}$.

Научная новизна работы. Представлен и описан первый эксперимент, в котором одним измерением, в одинаковых кинематических условиях, получено абсолютное сечение взаимодействия электронов с дейтроном в виде импульсных и угловых распределений нейтрона отдачи в широком кинематическом интервале, а именно для квадрата передаваемого импульса $1.5 \div 6.0$ (ГэВ/с)² и импульса нейтрона отдачи до 2.0 ГэВ/с

Сравнение результатов с теоретическим предсказанием позволило исследовать явление ЦП в разных импульсных интервалах. Теоретические расчеты показывают, что ожидается появление в этой реакции ТОС с дальнейшим прохождением его через ядро дейтрона без взаимодействия с нейтроном, то есть возможно наблюдение явления ЦП. Для этой цели в расчетах значения ЦП было использовано сечение процесса в области импульса нейтрона отдачи $p_n \leq 0.1$ ГэВ/с как сечение рассеяния на свободном протоне.

Далее сделаны сравнения расчетных значений ЦП с результатами анализов экспериментальных данных в разных импульсных интервалах нейтрона отдачи, где ожидается эффект. Эти экспериментальные данные получены впервые.

Практическая ценность работы. Разработаны и отлажены процедуры отделения квазиупругого эксклюзивного канала от остальных каналов для вычисления числа совпадений $N(e,p)$ электронов и протонов в данной реакции. Вычитание физических и других фонов из этого числа дало возможность с большой

точностью определить дифференциальное сечение процесса. Также были разработаны методы определения систематических ошибок рассчитанных значений параметров.

Автор выносит на защиту следующие результаты и выводы работы.

1. С достаточно большой точностью определены сечения эксклюзивной реакции $d(e,e'p)n$ в области $Q^2 = 1.5 \div 6.0$ (ГэВ/с)² и $p_n \leq 2.0$ ГэВ/с в виде импульсных и угловых распределений нейтрона отдачи. Результаты совпадают с теоретическими расчетами в этих широких областях кинематических параметров с точностью ~20%, когда систематические ошибки эксперимента и теоретических расчетов составляют соответственно ~10% и ~18%;
2. Имея относительно хорошее совпадение полученных результатов с теоретическими расчетами, можно утверждать, что механизм процесса понимается в достаточной степени точностью для дальнейшего анализа данных по предсказанию QCD, а именно появления ТОС и явления ЦП в ядре дейтрона в эксклюзивном процессе $d(e,e'p)n$.
3. С большой достоверностью определен характер взаимодействия в импульсном диапазоне нейтрона отдачи $p_n \leq 0.1$ ГэВ/с. Процесс в этих условиях происходит как на свободном протоне, ядро дейтрона распадается и протоны вылетают без взаимодействия в конечном состоянии.
4. Была впервые рассчитана ЦП для ядра дейтрона в конкретно отобранных интервалах импульса нейтрона отдачи в данной реакции. В этих расчетах сечение в импульсном интервале нейтрона отдачи $p_n \leq 0.1$ ГэВ/с, использовано как сечение рассеяния на свободном протоне.

Сравнение результатов этого анализа с теоретическими расчетами для двух потенциалов (Paris и Argonn V18) волновой функции дейтрона показали, что:

- с достаточно большой точностью результаты проведенных анализов совпадают с теоретическими предсказаниями;

- в широком интервале Q^2 в рамках диаграммных представлений, теоретических и экспериментальных ошибок, нет окончательной ясности в направлении обнаружения ТОС и явления ЦП в процессе эксклюзивной $d(e,e'p)n$ реакции;
- для проверки этого эффекта подобные исследования должны проводиться при больших Q^2 .

Личное участие автора в выполнении работы. Участие в подготовке установки CLAS к эксперименту, в наборе данных, в калибровке аппаратуры и "on-line" контроле за состоянием аппаратуры и качеством данных, также в "on-line" и "off-line" обработке данных. Предварительная часть анализа проводилась в JLab-e, где обрабатывались данные эксперимента в виде "BOS" формата, далее по ходу обработки переведенные в формат "Ntuple", для дальнейшего анализа с использованием пакета PAW⁺⁺. Завершающая часть анализа проводилась в ЕрФИ. Провел Monte-Carlo моделирование и расчеты для разных процессов эксперимента, а также:

- отбор файлов и событий, нужных для дальнейшего анализа;
- моделирование и расчет акцептанса для электронов и протонов в данном процессе с учетом особенностей детектора CLAS;
- моделирование и определение зависимости энергетических потерь протонов и электронов от их начальной энергии, для проведения дальнейшей коррекции;
- создание пакета программ для определения числа совпадений электронов и протонов – $N(e,p)$ из общего числа;
- определение геометрию области азимутального угла для протонов и электронов, где детектор регистрирует эти частицы с постоянной эффективностью (Fiducial Acceptance);

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, пяти глав и изложена на 155 страницах, включая 88 рисунков, 4 таблицы и 98 наименований цитируемой литературы.

Публикации. Основное содержание диссертации отражено в статьях [1 – 6],

Полученные результаты были представлены на ежегодной конференции Ассоциации Американского Физического Общества и коллаборации CLAS.

Содержание работы

Во введении изложена суть явления Цветовой Прозрачности или Цветовой Экранировки, при сильных взаимодействиях и высоких значениях передаваемых четырехмерных импульсов, когда существует большая вероятность эффекта появления адронного состояния в виде ТОС и явления ЦП.

Глава 1 – Дана общая характеристика явления ЦП. Глава состоит из двух разделов.

В первом разделе в общих чертах изложена проблема явления ЦП в данной реакции и данной кинематической области исследования, а также теоретическое представление диаграммного подхода к реакции и определения сечений [7,13,14].

Второй раздел этой главы назван 'Цветовая Прозрачность', и состоит из следующих четырех частей:

1. предсказания, где представлены некоторые теоретические подходы, относящиеся к возникновению ЦП;
2. исследование, где изложены методы определения явления ЦП, а также некоторые теоретические работы и кривые (Рис. 1);
3. экспериментальные исследования явления ЦП. Приведены результаты некоторых опубликованных экспериментальных работ по ЦП (Рис. 2);
4. физическая мотивация, где обоснована необходимость проведения нового эксперимента по исследованию явления ТОС, а также изложена суть представлений, касающихся данного процесса. Дано теоретическое диаграммное представление реакции (Рис. 3).

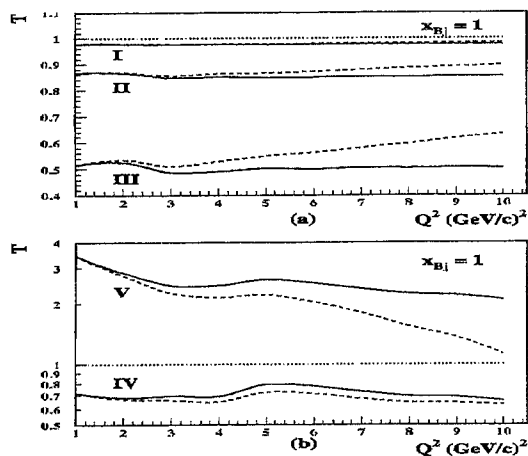


Рис. 1. Теоретические расчеты ЦП в ядре дейтрона для разных значений импульса (I - 0.0, II - 0.1, III - 0.2, IV - 0.3 и V - 0.4 ГэВ/с) нейтрона отдачи. Сплошные кривые - предсказание модели Глаубера, пунктирные линии - учет явления ЦП.

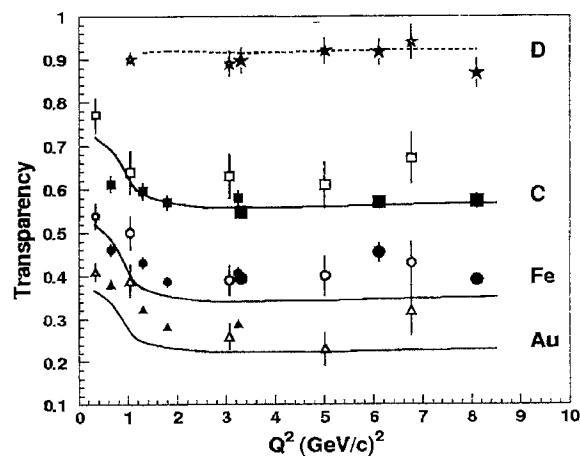


Рис. 2. Результаты некоторых экспериментальных данных по зависимости ЦП от Q^2 для разных ядер, полученных на ускорителях SLAC (большие пустые символы), Bates (малые пустые символы) и в JLab-e Hall-C (заполненные символы).

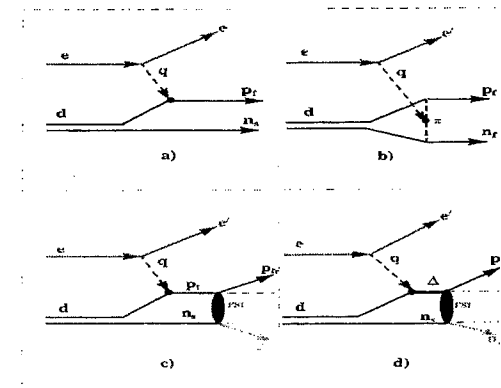


Рис. 3. Диаграммы квазиупругой реакции $d(e, e')n$

В Главе 2:

- ❖ Приведены описание и основные параметры установки CLAS [16], на которой проводился данный эксперимент.
- ❖ Приведена схема и параметры ускорителя CEBAF (Continuous Electron Beam Accelerator Facility), действующего в TJNAF (Thomas Jefferson National Accelerator Facility, Вирджиния, США), где проводился эксперимент.
- ❖ Представлены основные характеристики установки CLAS, находящейся в Hall-B. Детектор CLAS состоит из 6 индивидуальных спектрометров, расположенных в 6-ти секторах. В сумме спектрометры почти полностью покрывают аксептанс телесного угла в 4π . Каждый спектрометр основан на сверхпроводящем тороидальном магните. Все спектрометры имеют общую мишень, триггер и систему набора данных. Спектрометры детектора CLAS состоят из:
 - многопроволочных Дрейфовых Камер, для определения траектории и импульса заряженных частиц, охватывающих по азимуту 80%, полярному углу от 8° до 140° , с порогом 0.2 ГэВ/с и эффективностью восстановления треков $\approx 98\%$;
 - газовых Черенковских Счетчиков для улучшения идентификации электронов и пионов, с целью их

разделения, охватывающих по азимуту $\approx 2\pi$ и по полярному углу от 8° до 45° ;

- **ТОФ** сцинтилляционных счетчиков для измерения времени пролета и идентификации адронов по измеренному импульсу и охватывает от 8° до 142° , с порогом 0.2 ГэВ/с и временным разрешением $\tau \sim 120 - 250 \text{ псек}$;

- ливневого Электромагнитного Калориметра для регистрации ливней от электронов и фотонов, а также нейтронов, охватывающего по азимуту $\approx 50\%$ и по полярному углу от 8° до 45° , с $\approx 2 \text{ см}$ и $\approx 1 \text{ нсек}$ координатным и временным разрешениями соответственно. (Регистрирует электроны выше 0.5 , фотоны - 0.2 ГэВ/с . Энергетическое разрешение для электронов в зависимости от начальной энергии определяется по формуле: $\frac{\sigma}{E} = \frac{0.1}{\sqrt{E}}$);

- ❖ Описывается калибровка каждого узла детектора CLAS. С этой целью были отдельно проведены специальные измерения. Это очень важно для определения разрешения детектора и для дальнейшей точной идентификации частиц.
- ❖ Следующая часть посвящена отбору накопленных полезных файлов и событий в эксперименте. Описываются методы обрезания по кинематическим параметрам и геометрии детектора, в том числе мишени, и фидусиальный акцептанс детектора CLAS. Также подробно описана идентификация электронов и протонов, определение эффективности их регистрации.
- ❖ Отдельно описан метод определения и вычета других фоновых событий из общего числа. Также описаны методы определения импульсной коррекции протонов и электронов, корректирующих акцептанс детектора коэффициентов и радиационные поправки электронов.

Глава 3 – В первой части главы приведен расчет теоретического сечения (используя четыре разные диаграммы) и определение экспериментального дифференциального сечения процесса.

Экспериментальное сечение вычисляется числом совпадений электронов и протонов в квазиупругом процессе, используя технику недостающей массы. Учитываются также все корректирующие факторы.

Подробно описан метод определения числа совпадений электронов и протонов в квазиупругом процессе.

Описаны также методы определения статистических ошибок всех рассчитанных параметров.

Глава 4 – Посвящена изучению механизма эксклюзивной реакции $d(e,e'p)n$. Приведены импульсные и угловые распределения нейтронов отдачи при разных Q^2 , в сравнении с теоретическими расчетами для разных диаграмм взаимодействия (Рис. 4,5). Сравнения показали, что результаты хорошо совпадают с теоретическими предсказаниями. Сделаны некоторые выводы, которые позволили продолжить анализ по изучению появления ТОС и явления ЦП [1,2,4,5].

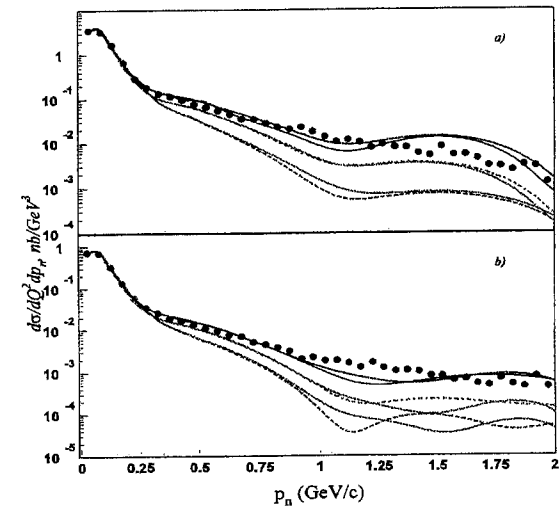


Рис. 4. Импульсные (интегрированные по полярному углу) распределения нейтрона отдачи в реакции $d(e,e'p)n$ для $Q^2 = 2$ и 3 (ГэВ/с)^2 .

Точки - экспериментальные данные, кривые - теоретические расчеты с учетом трех разных диаграмм (в каждом случае рассчитаны для двух разных потенциалов волновой функции дейтрона).

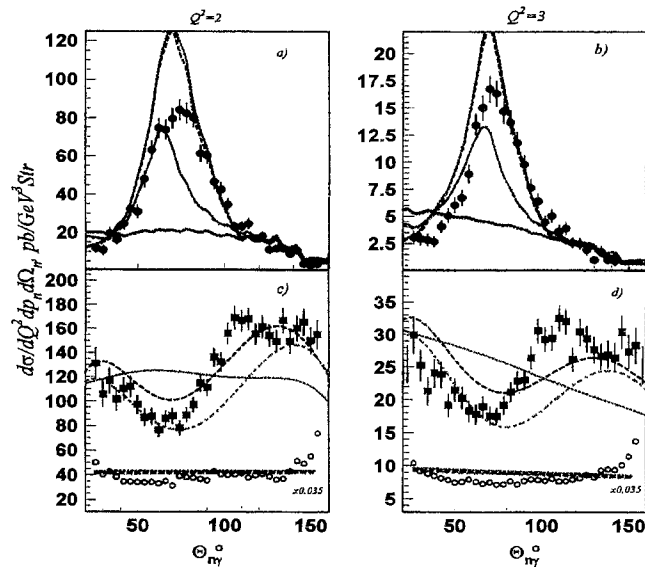


Рис. 5. Угловые (в разных импульсных интервалах) распределения нейтрона отдачи в реакции $d(e,e'p)n$ для $Q^2 = 2$ и 3 (ГэВ/с) 2 . Точки - экспериментальные данные, кривые - теоретические расчеты с учетом трех разных диаграмм. Показаны в импульсных интервалах: а) и б) $p_n = 0.4 \div 0.6$ ГэВ/с, в) и д) верхние $p_n = 0.2 \div 0.3$ ГэВ/с, нижние $p_n \leq 0.1$ ГэВ/с

Глава 5 - Изложены основные результаты и приведено заключение по данной работе, сформулированные следующим образом:

- эксклюзивное рассеяние электронов на дейтроне - один из наилучших путей исследования и проверки предсказаний QCD - появления ТОС и явления ЦП в ядре дейтрона;
- $d(e,e'p)n$ реакция исследована в области $Q^2 = 1.5 \div 6.0$ (ГэВ/с) 2 , и сравнение с теоретическими расчетами продемонстрировало хорошее понимание механизма реакции;

- такой уровень понимания реакции позволил использовать полученные данные в дальнейшем физическом анализе с целью изучения образования ТОС и явления ЦП;
- для этого анализа использована Q^2 зависимость абсолютного сечения $d(e,e'p)n$ реакции для определенных интервалов импульсов нейтрона отдачи;
- показано, что для малых значений импульса нейтрона отдачи ($p_n \leq 0.1$ ГэВ/с) вклад взаимодействия в конечном состоянии незначителен;
- при исследовании эффекта ТОС и явления ЦП сравнение с теоретическими расчетами делает полученные результаты модельно зависимыми;
- исследована Q^2 зависимость отношения сечения в определенном импульсном интервале (где вклад взаимодействия в конечном состоянии велик), к сечению в интервале $p_n \leq 0.1$ ГэВ/с (где нет практически взаимодействия в конечном состоянии). Они и использованы для исследования образования ТОС и явления ЦП. Результаты этих исследований показаны на Рис (6), где также показаны данные из экспериментов, проведенных в SLAC-е и JLab-е, Hall-C (на верхней панели а), нижние точки).

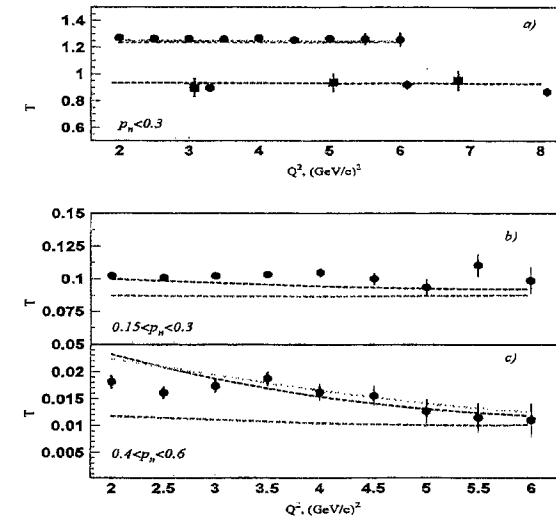


Рис. 6. Экспериментальные результаты данного анализа и теоретические расчеты явления ЦП от Q^2 (формула 3, в числителе - сечение в импульсном интервале, где взаимодействие в конечном состоянии существенно, а в знаменателе - сечение где взаимодействие отсутствуют, то есть в интервале $p_n \leq 0.1$ ГэВ/с), для импульсных интервалов: а) $p_n \leq 0.3$ ГэВ/с, б) $p_n = 0.15 \div 0.25$ ГэВ/с, с) $p_n = 0.40 \div 0.60$ ГэВ/с.

На панели а) нижние точки соответствуют данным из экспериментов в SLAC-е и Hall-C.

Пунктирные кривые - теоретические расчеты для двух потенциалов волновой функции дейтрона [4,9].

На рис. (7) показано отношение экспериментальной ЦП к теоретической $R = T_{e/e} / T_{t/t}$, с линейным фитом. Как видно разница между экспериментальной и теоретической значениями ЦП в интервале импульса нейтрона отдачи $p_n \leq 0.3$ ГэВ/с (верхняя панель) составляет 2%, а в интервале $0.15 \leq p_n \leq 0.25$ ГэВ/с (нижняя панель) - 4%.

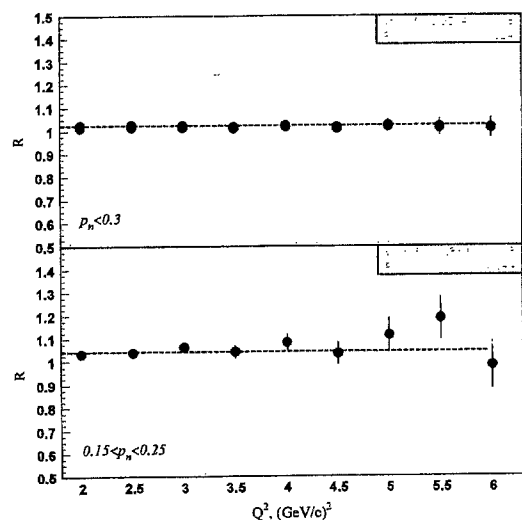


Рис. 7. Отношение экспериментальной ЦП к теоретической, штрихи - линейный фит. В верхние - в интервале импульса $p_n \leq 0.3$ ГэВ/с, внизу - $0.15 \leq p_n \leq 0.25$.

Таким образом:

1. в данном интервале Q^2 в областях импульсов нейтрона отдачи $p_n \leq 0.3$ и $0.15 \leq p_n \leq 0.25$ ГэВ/с отношение сечений чувствительно к исследуемому эффекту. А в интервале $0.4 \leq p_n \leq 0.6$ ГэВ/с данные нельзя использовать, так как из-за большого вклада образования Δ -резонанса исследуемый эффект остается незаметным. Для этого интервала необходимы большие значения Q^2 , где вклад Δ -резонанса исчезает.
2. В широком интервале Q^2 , в рамках существующих теоретических диаграммных подходов и в пределах теоретических и экспериментальных значений ошибок, невозможно точно определить имеет ли место ТОС эффект, явление ЦП в нашей эксклюзивной реакции на ядре дейтрона или нет.

Выводы

1. С большой точностью впервые определено абсолютное сечение эксклюзивной квазиупругой реакции $d(e,e'p)n$ в области передаваемых импульсов $Q^2 = 1.5 \div 6.0$ (ГэВ/с)² и импульса нейтрона отдачи $p_n = 0 \div 2.0$ ГэВ/с в широком интервале полярного и азимутального углов [1-3,6].
2. Подробно исследован механизм эксклюзивной $d(e,e'p)n$ реакции и проведено сравнение результатов с теоретическими расчетами [2,3,6].
3. Определен интервал импульса нейтрона отдачи, где пренебрежимо малы взаимодействия в конечном состоянии, что можно использовать для исследования образования ТОС и явления ЦП в данной реакции [4,5].
4. Впервые в широком интервале переданных импульсов и разных значений импульса нейтрона отдачи рассчитана ЦП [4,5].
5. Впервые исследована квазиупругая реакция $d(e,e'p)n$ в отобранных областях импульса нейтрона отдачи, где ожидается исследуемый эффект QCD. Показано, что в рамках теоретического диаграммного приближения и значений величин теоретических и экспериментальных ошибок, нельзя уверенно утверждать существование

явления ЦП в дейтроне в рассматриваемых кинематических условиях [2,4,5].

Статьи вошедшие в диссертацию

1. G. Asryan, Experimental cross sections and systematic uncertainties from the exclusive $d(e,e'p)n$ reaction data, National Academy of Science of RA, Electronic Journal of NATURAL SCIENCES, 2(9), pp. 33-38, (2007),
2. K. Egiyan, G. Asryan, et al., Experimental study of exclusive ${}^2\text{H}(e,e'p)n$ reaction at high Q^2 , Phys. Rev. Lett. 98, pp. 262502-1 - 262502-6, (2007),
3. A. Klimenko, G. Asryan et al., Electron scattering from high momentum neutrons in deuterium, Physical Review C 73, pp. 035212-1 - 035212-14, (2006),

Цитируемая литература

4. K. Egiyan, G. Asryan, et al., Study of color screening effect for protons in exclusive ${}^2\text{H}(e,e'p)n$ reaction at $2 \leq Q^2 \leq 6 \text{GeV}^2$, CLAS-NOTE, pp. 10, 2005-004,
5. K. Egiyan, G. Asryan, et al., Searching for Point Like Configuration in proton using an exclusive $d(e,e'p)n$ Reaction at $1.75 < Q^2 < 6 \text{GeV}^2$, CLAS-NOTE, pp. 77, 2005-040
6. K. Egiyan, G. Asryan, et al., Study of exclusive reaction mechanism at high Q^2 , CLAS-NOTE, pp. 19, 2006-025,
7. J.-M. Laget, Color Transparency in Few Body Systems, In: Workshop on Color Transparency, Grenoble, pp 131-138, (1997),
8. N. Makins et al., Exclusive Electron Scattering from Deuterium at High Momentum Transfer, Phys. Rev. Lett. 72, pp. 1986-1989, (1994),
9. T. O'Neill et al., A-Dependence of Nuclear Transparency in Quasielastic $A(e,e'p)$ at high Q^2 , Phys.Lett, B 351, pp. 87-93, (1995),
10. S. Brodsky, Processings of the XII International Symposium on Multi-particle Dynamics, 963, World Scientific, Singapore, pp. 5, (1982),
11. A. Mueller, Proceedings of XIII Recontre de Moriond, Vol. I, 13, Les Arcs, Gif-sur-Yvette, France, pp. 4, (1982),

12. G. Farrar, H. Liu, L. Frankfurt, M. Strikman, Transparency in Nuclear Quasiexclusive Processes with Large Momentum Transfer, Phys. Rev. Lett. 61, pp 686-689, (1988),
13. A. Zamolodchikov, B. Kopeliovich and L. Lapidus, Color Transparency and Cross-Section Fluctuations in Hadronic Collisions, Pis'ma Zh. Eksp. Teor. Fiz. 33, pp 612-614, (1981)
14. L. Frankfurt, G. Miller and M. Strikman, Color Transparency Effects in Quasi-elastic Nuclear Reactions, Comments Nucl. Part. 21, pp 1-40, (1992),
15. K. Egiyan, G. Asryan, et al., Measurement of Two- and Three-Nucleon Short-Range Correlation Probabilities in Nuclei, Phys. Rev. Lett. 96, pp 082501-082506, (2006),
16. B. Mecking, G. Asryan, et al., The CEBAF Large Acceptance Spectrometer (CLAS), Nuclear Instruments and Methods A 503, pp 513-553, (2003),
17. A. Leksanov, G. Asryan, et al., Energy Dependence of Nuclear Transparency in ${}^{12}\text{C}(p,2p)$ Scattering, Phys. Rev. Lett. 87, pp 212301-212305, (2001),

Ամփոփում

Աշխատանքում ներկայացված են էքսկյուզիվ d(e,e'p)n ռեակցիայում դեյտրոնի վրա էլեկտրոնների քվազի-առաձգական ցրման գիտափորձում կուտակված տվյալների մշակման արդյունքները: Օգտագործվել է 5.76 ԳէՎ/ս էներգիայով ոչ բևեռացված էլեկտրոնային փունջ, հեղուկ ոչ բևեռացված դեյտրոնային թիրախ: Ուսումնասիրվող ռեակցիայի կինեմատիկական պարամետրների տիրույթներն են. փոխանցված քառաչափ իմպուլսի՝ $1.5 \div 6.0$ (ԳէՎ/ս)², ետհարվածի նեյտրոնի իմպուլսի՝ մինչև 2.0 ԳէՎ/ս և լայն բևեռային ու ազիմուտալ անկյուններ:

Առաջին անգամ կինեմատիկական այս լայն տիրույթում ստացվել են նշված էքսկյուզիվ ռեակցիայում ետհարվածի նեյտրոնների բացարձակ կտրվածքը նրանց իմպուլսային և անկյունային բաշխումների տեսքով:

Աշխատանքում ներկայացված հետազոտությունների վերջնական արդյունքները նվիրված են միջուկներում մոտ տարածությունների վրա Քվանտային Քրոմոդինամիկայի կանխագուշակումների ուսումնասիրությանը:

Ուժեղ փոխազդեցությունների ժամանակ և Q^2 փոխանցված քառաչափ իմպուլսների բարձր արժեքների դեպքում, հաղորդները հաճախակի կարող են փոխակերպվել Կետա-Տիպ Կազմավորումների և շարժվել միջուկում գտնվող մյուս հաղորդների հետ առանց փոխազդելու, կամ ունենալ ավելի փոքր փոխազդեցության կտրվածք, որը կարող է Գունային Թափանցելիության երևույթի պատճառ դառնալ:

Նախ կատարվել են մանրամասն ուսումնասիրություններ այդ ռեակցիայի մեխանիզմը հասկանալու ուղղությամբ: Տեսական կանխագուշակումների ու հաշվարկների հետ ստացված արդյունքների լավ համաձայնությունը թույլ է տվել կտրվածքի արժեքները ետհարվածի նեյտրոնի իմպուլսի որոշակի տիրույթներում օգտագործել հետազոտվող Գունային Թափանցելիությունը ուսումնասիրելու նպատակով:

Այս հետազոտությունները ցույց են տվել, որ ուսումնասիրվող էքսկյուզիվ ռեակցիայի ընթացքում, դիտարկվող կինեմատիկական տիրույթում, պրոցեսի կտրվածքի տեսական հաշվարկման դիագրամային մեթոդի սահմաններում և ունեցած տեսական ու փորձարարական սխեմների առկայությամբ, չի կարելի վստահորեն պնդել Կետա-Տիպ Կազմավորումների առաջանալու և Գունային Թափանցելիության երևույթի ի հայտ գալու մասին: