

ЕРЕВАНСКИЙ ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
ГОС. КОМИТЕТА ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ СССР

На правах рукописи

БАГДАСАРЯН ДЕРЕВИК СОГОМОНОВИЧ

УДК 539.172.3:539.126.345:539.14

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РАССЕЯНИЯ
ЭЛЕКТРОНОВ НА ЯДРАХ ${}^6\text{Li}$, ${}^9\text{Be}$, ${}^{12}\text{C}$ И ${}^{28}\text{Si}$
ПРИ $W \leq 1,5$ ГэВ И $q^2 = 0,1 + 0,4$ ГэВ $^2/c^2$

Специальность 01.04.16 - Физика атомного ядра
и элементарных частиц

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

ЕРЕВАН - 1987

Работа выполнена в Ереванском физическом институте.

Научные руководители: доктор физико-математических наук,
академик АН Арм. ССР Г. А. ВАРТАПЕТЯН,
кандидат физико-математических наук,
старший научный сотрудник Г. Г. МКРТЧЯН

Официальные оппоненты: доктор физико-математических наук,
старший научный сотрудник
Ю. Н. РАНЮК (ХФТИ), доктор физико-математических наук, профессор
А. Г. ХУДАВЕРДЯН (ЕрГУ)

Ведущая организация: Лаборатория Высоких Энергий ОИЯИ г. Дубна

Защита состоится "___" _____ 1987 г. в 14⁰⁰
часов на заседании специализированного совета Д 034.03.01
при Ереванском физическом институте (г. Ереван-36, ул. Маргаряна, 2).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Ереванского физического института.

Автореферат разослан "___" _____ 1986 г.

Ученый секретарь
специализированного совета
кандидат физ-мат. наук

В. А. Шахбалин

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Исследование рассеяния заряженных лептонов на нуклонах и ядрах является одним из основных методов экспериментального изучения структуры нуклонной и ядерной материи. Характерной чертой этих исследований является "грозупывание" структуры объекта с помощью электромагнитного поля лептонов, природа и локальные свойства которого точно описываются квантовой электродинамикой.

При больших энергиях, когда длина волны налетающего лептона становится порядка или меньше междуклонных расстояний, принимается, что взаимодействие происходит с отдельными нуклонами ядра. При этом благодаря использованию импульсного приближения (ИП) значительно упрощается описание механизма реакции. Сущность импульсного приближения заключается в том, что в течение времени взаимодействия налетающей частицы с нуклоном ядра взаимодействиями между остальными нуклонами ядра можно пренебречь. Амплитуда рассеяния в этом случае берется как сумма амплитуд рассеяния на "свободных" нуклонах, имеющих такое же распределение по импульсам, как и ядерные нуклоны. Отклонений экспериментальных данных от описания ИП дает све-

денения о динамической структуре ядра. Из анализа экспериментальных данных в области квазиупругого пика можно получить сведения о малонуклонных корреляциях [1], мезонных обменных токах [2], изобарных токах [3], о многокварковых состояниях в ядре [4,5] и т.д. В области энергии Δ_{33} -резонанса также можно получить информацию о взаимодействии Δ изобары с нуклонами ядра [6].

Существующие до настоящего времени экспериментальные данные по рассеянию электронов атомными ядрами не позволяют судить о справедливости импульсного приближения. Проверка механизма взаимодействия электронов и выявление тонких эффектов, связанных со структурой и динамикой ядра, возможны при наличии точных экспериментальных данных в широком интервале кинематических переменных и A (атомный номер ядра). Такие измерения весьма актуальны и составляют основную часть экспериментальных программ на существующих электронных ускорителях. С этой целью проектируются также новые ускорители и модернизируются ряд существующих [7,8].

Целью диссертационной работы является:

1. Расчет, проектирование и создание магнитооптического тракта для формирования и транспортировки электронного пучка до физической мишени. Создание системы наблюдения и контроля параметров пучка.

2. Расчет, проектирование и создание магнитного спектрометра для регистрации рассеянных электронов. Создание регистрирующей аппаратуры спектрометра и калибровка установки.

3. Создание и исследование характеристик сцинтилляционного телескопа для идентификации рассеянных электронов

4. Измерение дифференциального сечения процесса (e, e') на ядрах ${}^6\text{Li}$, ${}^9\text{Be}$, ${}^{12}\text{C}$, ${}^{28}\text{Si}$ в области квазиупругого пика и Δ_{33} -резонанса при $E = 1,54; 2,0$ ГэВ и $\theta = 15,5^\circ$ и сравнение полученных данных с теоретическими расчетами.

Научная новизна работы заключается в следующем:

Впервые в области $W \leq 1,5$ ГэВ и $q^2 = 0,1 \div 0,4$ ГэВ²/с² проведены экспериментальные измерения спектров (e, e') для четырех ядер при двух начальных энергиях, когда квазиупругий пик и Δ_{33} -резонанс хорошо выражены. Это позволяет более корректно провести сравнительный анализ зависимости спектров от типа ядра и q^2 . Экспериментальные результаты удовлетворительно описываются расчетами по оболочечной модели ядра. Полученные сечения для ядра ${}^{28}\text{Si}$ в исследуемой кинематической области являются первыми.

Впервые создана универсальная программа для расчета магнитооптических систем методом Монте-Карло, в которой учитывается многократное рассеяние в веществе и реальное распределение поля в магнитных элементах.

Впервые показано, что выбором толщины радиатора на максимуме электромагнитного каскада системой из трех сцинтилляционных счетчиков при регистрации электронов с эффективностью $\sim 95\%$ в области импульсов $I + 2,5$ ГэВ/с можно получить фактор подавления π -мезонов $\sim 2,5 \cdot 10^{-2}$.

Практическая ценность работ. Созданный тракт выведенных электронов и магнитный спектрометр для регистрации рассеянных электронов будет служить базой для проведения долгосрочной программы в области электророждения в ЕРФИ.

Созданные программы расчета электронного тракта и спек-

тросметра и полученные результаты характеристик магнитооптических систем могут быть в дальнейшем использованы для расчета других магнитооптических систем.

Предложенная методика выделения электронов от адронов может быть пригодной при проектировании других установок.

Измеренные сечения (e, e') будут использованы в дальнейших анализах.

Структура диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения и списка использованных литературных источников. Объем диссертации 110 страниц, включая 38 рисунков, 8 таблиц и 106 наименований цитируемой литературы.

Апробация работ. Основные материалы диссертации докладывались на научных семинарах ЕрФИ, на IV конференции молодых ученых ЕрФИ (Ереван, 1980), на III научно-технической конференции молодых ученых и специалистов Шаумянского района г. Еревана (Ереван, 1981), на Всесоюзных семинарах по электромагнитному взаимодействию (Харьков, 1982; Харьков, 1985), опубликованы в виде препринтов ЕрФИ и статей в центральных журналах.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В первой главе приведены краткий обзор и анализ относящихся к тематике диссертации теоретических и экспериментальных работ по электророждению частиц на ядрах. Рассмотрены некоторые теоретические работы, связанные с электророждением на ядрах в рамках ферми- и оболочечной модели ядра в импульсном приближении, а также работы, посвященные мезонным токам, изобарным токам, малонуклонным корреляциям, многокварковым сос-

тояниям в ядрах. Обсуждены экспериментальные работы по измерению дифференциального сечения рассеяния электронов на ядрах в области квазиупругого пика и Δ_{33} -резонанса.

Вторая глава посвящена расчету ожидаемых характеристик, проектированию магнитооптического тракта электронного пучка и магнитного спектрометра "Электрон". Приводятся характеристики магнитных элементов и методы их расчета. Описывается программа расчета магнитооптических систем методом Монте-Карло. Определены размеры и расходимости пучка, разрешения и захват спектрометра. Описано расположение и размеры регистрирующей аппаратуры спектрометра, определены импульсный и угловой захват каждого элемента годоскопа с учетом размеров счетчиков. На рис. 1, 2 приведены расположение магнитных элементов и регистрирующей аппаратуры для электронного тракта и магнитного спектрометра "Электрон".

В третьей главе приводятся результаты экспериментального изучения характеристик выведенного электронного пучка, магнитного спектрометра и системы идентификации рассеянных электронов. Полученные экспериментальные результаты сравниваются с расчетными данными, приведенными во второй главе. Описывается методика калибровки магнитного спектрометра. Приводятся характеристики электронного пучка и спектрометра "Электрон", полученные по измерениям упругого рассеяния электронов на водороде полиэтилена (рис. 3).

Четвертая глава посвящена методике проведения экспериментальных измерений, обработке и анализу полученных результатов. Подробно рассмотрена процедура учета фоновых процессов, методика определения экспериментальных сечений и систематических

ошибок. Полученные экспериментальные сечения рассеяния электронов на ядрах сравниваются с расчетами по ферми- и оболочечной модели ядра.

На рис. 4, 5 приведены сечения рассеяния электронов на ядрах ${}^6\text{Li}$, ${}^9\text{Be}$, ${}^{12}\text{C}$, ${}^{28}\text{Si}$ при $E = 1,54; 2,0$ ГэВ и $\theta = 15,5^\circ$ в области квазиупругого пика и Δ_{33} -резонанса.

В заключении сформулированы основные результаты и выводы диссертационной работы:

1. Создана универсальная программа, которая по методу Монте-Карло рассчитывает распределение частиц по координатам, углам и импульсу в любой части магнитооптического тракта.
2. Спроектирован и создан магнитооптический канал для транспортировки электронного пучка. Описаны схемы формирования, транспортировки и контроля параметров пучка. Приведены реальные характеристики электронного пучка. Создана система измерения и контроля параметров пучка.
3. Спроектирован и создан магнитный спектрометр, создана аппаратура для регистрации и идентификации рассеянных электронов. Проведены экспериментальные исследования характеристик установки и сравнены экспериментальные результаты с результатами расчетов по методу Монте-Карло. Получено хорошее соответствие реальных и расчетно-ожидаемых параметров установки. Методом измерения процесса упругого рассеяния электронов на протоне проведена абсолютная калибровка установки.
4. Впервые показано, что выбором толщины радиатора на максимуме электромагнитного каскада системой из трех сцинтилляционных счетчиков при регистрации электронов с эффектив-

ностью $\sim 95\%$ в области импульсов $1,0 + 2,5$ ГэВ/с можно достигнуть фактора подавления \mathcal{T} -мезонов $2,5 \cdot 10^{-2}$.

5. Впервые измерены сечения реакций (e, e') на ядрах ${}^6\text{Li}$, ${}^9\text{Be}$, ${}^{12}\text{C}$ и ${}^{28}\text{Si}$ в области квазиупругого пика и Δ_{33} -резонанса при энергиях начального электрона 1,54 и 2,0 ГэВ и угле рассеяния электронов $15,5^\circ$. Экспериментальные результаты сравнены с расчетами по ферми- и оболочечной моделям ядра.
 6. Показано, что:
 - а) в области максимума квазиупругого пика сечение, деленное на атомный номер, падает с ростом атомного номера ядра A ;
 - б) в области Δ_{33} -резонанса это отношение в пределах экспериментальных ошибок не зависит от A ;
 - в) положение Δ_{33} -резонанса сдвинуто в сторону меньших энергетических потерь по сравнению с положением расчетного максимума;
 - г) модель ферми в области квазиупругого пика плохо описывает экспериментальные данные при $q^2 = 0,1$ (ГэВ/с) 2 . При $q^2 = 0,4$ (ГэВ/с) 2 максимумы эксперимента и расчета близки друг к другу;
 - д) оболочечная модель хорошо описывает положение и максимумы квазиупругого пика. В области между квазиупругим пиком и Δ_{33} -резонансом наблюдается превышение эксперимента над теорией.
- В диссертационную работу вошли 10 работ:
1. Багдасарян Д.С., Бояхчян Э.М., Мкртчян Г.Г., Трошенкова И.А. Оптимизация и расчет параметров спектрометра, предназначен-

- ного для регистрации рассеянных электронов в интервале импульсов 0,5 ... 2,5 ГэВ/с. - В кн.: Труды IV конференции молодых ученых ЕрФИ, Ереван, 1980, с. 227-231.
2. Багдасарян Д.С., Маишеев В.А. Расчет параметров пучков частиц методом Монте-Карло (Программа "PIVØDY"). - Препринт ЕФИ-440(47)-80, Ереван, 1980. - 16 с.
 3. Арутюнян С.С., Амбарцумян В.Г., Багдасарян Д.С. и др. Магнитные характеристики квадрупольных линз МЛ-16, МЛ-15 и магнита СП-137. - Препринт ЕФИ-480(23)-81, Ереван, 1981. - 18 с.
 4. Амбарцумян В.Г., Арутюнян С.С., Багдасарян Д.С. и др. Установка для исследования взаимодействия электронов с ядрами в области энергий до 5 ГэВ. - Вопросы Атомной Науки и Техники. Серия: Общая и Ядерная Физика, 1983, вып. I(22), с. 3-4.
 5. Багдасарян Д.С., Карибян М.Д., Казарян Г.Б. Идентификация электронов с помощью сцинтилляционного телескопа при $E = 1 - 3$ ГэВ. - Препринт ЕФИ-794(21)-85, Ереван, 1985. - 10 с.
 6. Багдасарян Д.С., Бояхчян Е.М., Казарян Г.Б. и др. Характеристики выведенного электронного пучка e^- Ереванского синхротрона. - Препринт ЕФИ-793(20)-85, Ереван, 1985. - 12 с.
 7. Багдасарян Д.С., Бояхчян Е.М., Казарян Г.Б. и др. Калибровка магнитного спектрометра "Электрон". - Препринт ЕФИ-792(19)-85, Ереван, 1985. - 12 с.
 8. Багдасарян Д.С., Бояхчян Е.М., Казарян Г.Б. и др. Характеристики установки "Электрон". - ПТЭ 8 1984, с. 10-12.

9. Багдасарян Д.С., Бояхчян Е.М., Казарян Г.Б. и др. Взаимодействие электронов с ядрами ${}^6\text{Li}$, ${}^9\text{Be}$, ${}^{12}\text{C}$, ${}^{28}\text{Si}$ в области квазиупругого пика и Δ 33 -резонанса. - Препринт ЕФИ-822(49)-85, Ереван, 1985. - 18 с.
10. Багдасарян Д.С., Бояхчян Е.М., Казарян Г.Б. и др. Сечение рассеяния электронов на ядрах при $W \leq 1,5$ ГэВ и $q^2 = 0,15 + 0,35$ (ГэВ/с) 2 . - Вопросы Атомной Науки и Техники. Серия: Общая и Ядерная Физика, 1986, вып. 2(35), с. 103-104. - Изв. АН Арм.ССР. Серия: Физика, т. 21, вып. 5, 1986, с. 284-286.

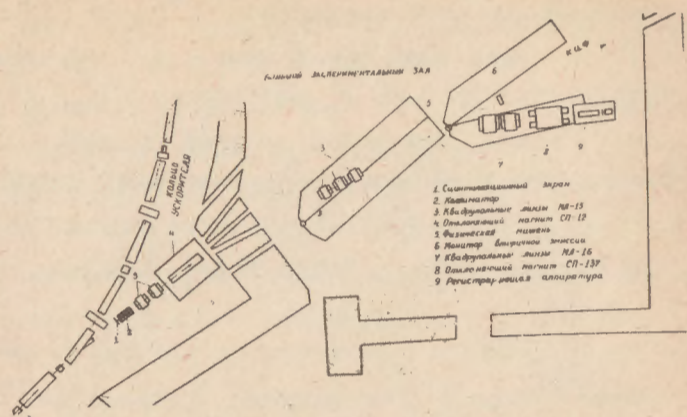


Рис. 1. Общая схема расположения электронного тракта и магнитного спектрометра "Электрон".

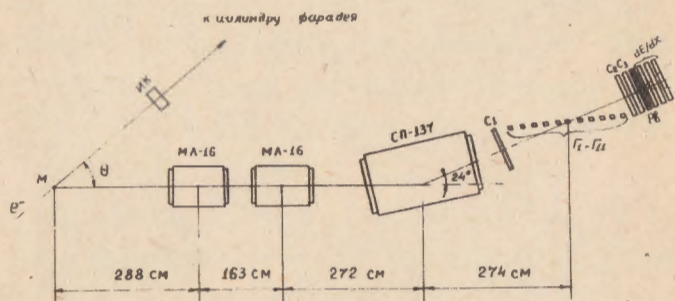


Рис. 2. Расположение магнитных элементов и регистрирующей аппаратуры установки "Электрон".

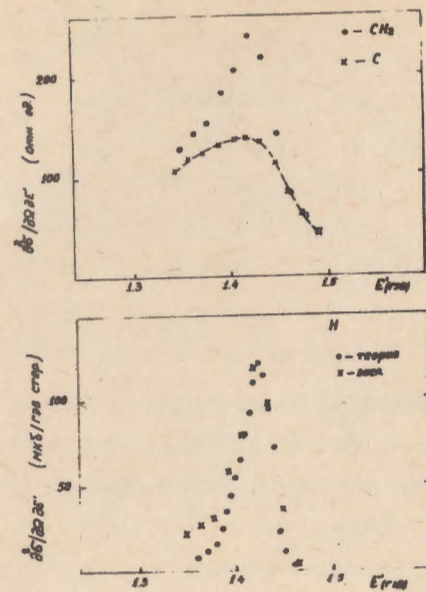


Рис. 3. Упругий спектр рассеянных электронов, полученный методом вычитания.

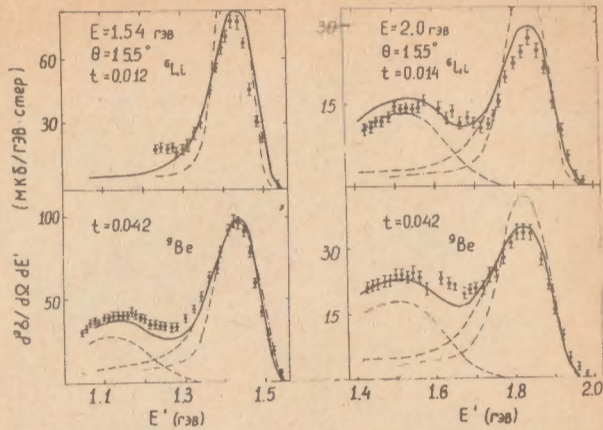


Рис. 4. Экспериментальные спектры (e, e') для ${}^6\text{Li}$ и ${}^9\text{Be}$.

- - теоретические расчеты в модели ферми-газа;
- - - - теоретические расчеты в оболочечной модели ядра;
- — — - сумма расчетных кривых в оболочечной модели.

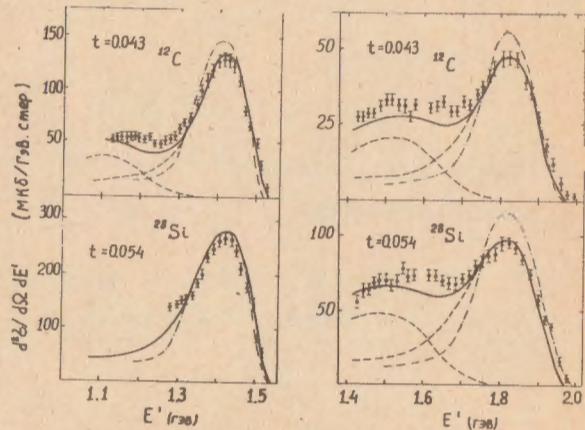


Рис. 5. То же, что на рис. 4 для ядер ${}^{12}\text{C}$ и ${}^{28}\text{Si}$.

1. Frankfurt L.L., Strikmann M.I. et al., QCD and Short-Range Nuclear Phenomena. Nucl.Phys., 1981, vol.B181, p.22-60.
2. Simon G.G., Borkowski F., Schmitt Ch et al., Observation of Meson-Exchange Effects in Deuteron Electrodissintegration. Phys.Rev.Lett., 1976, vol.37, No.12, p.739-742.
3. Fabian W., Arenhovel H. Comment of the Deuteron Structure Function at High Momentum Transfers. Phys.Rev.Lett., 1976, vol.37, No.9, p.550-553.
4. Fredriksson S., Jandel M. Diquark Deuteron. Phys.Rev.Lett., 1982, vol.48, No.1, p.14-16.
5. Kondratyuk L., Shmatikov. Cumulative process and quark distribution in Nuclei. Preprint ITEP-33, 1984.
6. Arenhovel H. Problems of Real Nuclei, Proc. Int. Conf. "Effect Mesoniques dans les Noyaux Diffusion d'Electrons a Energie Intermediaire", Saclay, 8-12 Sept., 1975, p.97-108.
7. Arnold R., Chertok B., Rock S. et al. A Program of Research in Experimental Nuclear Physics. Proposal SLAC-1979.
8. Proceedings of 1983 International Symposium on "High Energy Photo-Nuclear Reactions and Related Topics". Institute for Nuclear Study (Tokyo), October 1, 1983.

Технический редактор А.С.Абрамян

Подписано в печать 12.01.87г.	ВФ-03615	Формат 60x84/16
Офсетная печать. Уч. изд. л. 1,8		Тираж 170 экз.
Зак. тип. № 002		Индекс 3624

Отпечатано в Ереванском физическом институте
Ереван 36, Маркарян 2

14
1