

ЕРЕВАНСКИЙ ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

На правах рукописи

ПОГОСОВ Валерий Сергеевич

ИССЛЕДОВАНИЕ УПРУТОГО РАССЕЯНИЯ ЭЛЕКТРОНОВ
ДЕЙТРОНАМИ НА МАЛЫЕ УГЛЫ

(ОI.04.0I. — экспериментальная физика)

Автореферат диссертации на
соискание ученой степени
кандидата физико-математических
наук

Ереван 1979

Работа выполнена в Ереванском физическом институте

Научный руководитель - кандидат физико-математических наук Г.В.Бадалян

Официальные оппоненты - доктор физико-математических наук В.А.Никитин (ЛВЭ ОИЯИ)
кандидат физико-математических наук И.Г.Азнаурян (БФИ)

Ведущая организация - Харьковский физико-технический институт

Защита состоится _____ 1979г. в 14-00 часов на заседании Специализированного совета Д 034.01.03 по присуждению ученой степени доктора физико-математических наук при Ереванском физическом институте (375036 г. Ереван, ул. Маркаряна 2).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке БФИ
Автореферат разослан
" " _____ 1979 г.

Ученый секретарь Специализированного совета,
кандидат физико-математических наук
В.А.Шахбазян

Актуальность работы. Интерес к экспериментальному исследованию упругого $e-d$ рассеяния определяется рядом причин. Эти эксперименты позволяют изучать электромагнитную структуру дейтрона и в то же время являются одним из основных источников информации о форм-факторах нейтрона. Эксперименты в области малых передаваемых дейтрону импульсов позволяют получить большую по сравнению с экспериментами, проводимыми при других задачах, информацию о дейтронных радиусах. С другой стороны, извлекаемые из этих экспериментов значения электрического форм-фактора нейтрона позволяют судить о наклоне в нуле (т.е. при значении передаваемого нейтрону 4-х импульса, равном нулю) кривой, описывающей его поведение и сравнить с соответствующими наклоном, который дают эксперименты по рассеянию тепловых нейтронов на атомных электронах.

Экспериментальная ситуация такова. Эксперименты по упругому $e-d$ рассеянию дают положительные значения для электрического форм-фактора нейтрона и наклон его в нуле можно привести в согласие с данными $n-e$ экспериментов, если привлечь для описания волновой функции дейтрона довольно широкий класс моделей, основанных на реалистичных $V-N$ потенциалах. Эксперименты по электрообразованию пионов на протонах у порога приводят к отрицательным значениям нейтронного форм-фактора. Сложившаяся противоречивая ситуация требует проведения новых экспериментов.

Основная цель работы - получение экспериментальных значений электрического форм-фактора дейтрона в области квадрата передаваемого дейтрону 4-х импульса $0,36 \text{ фм}^{-2} - 0,9 \text{ фм}^{-2}$;

проведение анализа полученных данных, заключающегося в определении зарядового и структурного радиусов дейтрона, а также в извлечении из этих данных значений электрического форм-фактора нейтрона.

Научные результаты и новизна. Во всех экспериментах по упругому $e-d$ рассеянию в области малых передач регистрировались рассеянные электроны. Наша работа является первой, где регистрировались дейтроны отдачи.

Получены значения электрического форм-фактора дейтрона в исследуемой области передаваемых дейтрону импульсов. Получены значения зарядового и структурного радиусов дейтрона. Получены значения электрического форм-фактора нейтрона в зависимости от модели применяемой для описания волновой функции дейтрона, а также в зависимости от значения среднеквадратичного радиуса протона.

Отметим также, что наша работа является первой, где при исследовании области малых передач в упругом $e-d$ рассеянии использовались электроны высокой энергии.

Практическая ценность работы. Полученные результаты можно использовать как с точки зрения сравнения с результатами других экспериментов, проведенных в существенно отличных от данного эксперимента условиях, так и совместно с ними для уточнения значений исследуемых величин.

Предлагаемая в данной работе методика учета многократного кулоновского рассеяния имеет в условиях геометрии нашего опыта преимущество перед традиционными методами, поскольку позволяет существенно упростить вычисления и может быть применена и в некоторых других задачах. Разработанный в работе

алгоритм обработки экспериментальных данных можно применить также в экспериментах по изучению упругого рассеяния электронов высоких энергий и на других ядрах при регистрации ядер отдачи.

Структура диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав и заключения, содержит 81 страницу машинописного текста, 6 таблиц, 13 рисунков и библиографический список литературы, включающий 84 пункта.

Во введении кратко излагается существо проблемы, указывается цель и актуальность рассматриваемой задачи.

В первой главе дается краткий обзор работ, посвященных упругому $e-d$ рассеянию и приводится ряд выражений, используемых нами в дальнейшем.

Вторая глава посвящена описанию эксперимента. Эксперимент проводился на внутреннем пучке Ереванского электронного синхротрона. Пучок электронов с энергией 4,5 Гэв при помощи системы локального возмущения равновесной орбиты отклонялся на тонкую (2 мкм - 4 мкм) пленочную мишень из дейтерированного полиэтилена, содержащую несколько процентов примеси обычного водорода (из-за технологической трудности приготовления чистой CD_2 мишени). Для регистрации дейтронов отдачи использовалась система из четырех кремниевых полупроводниковых детекторов, расположенная на расстоянии 1,5 м от мишени под углом, близким к 90 по отношению к направлению электронного пучка. Блок-схема установки приведена на рисунке I. Сигналы от каждого детектора поступали на вход спектрометрического тракта и через смеситель, разбивающий каналы анализатора на четыре

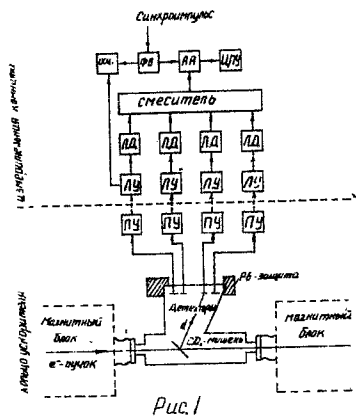


Рис. 1

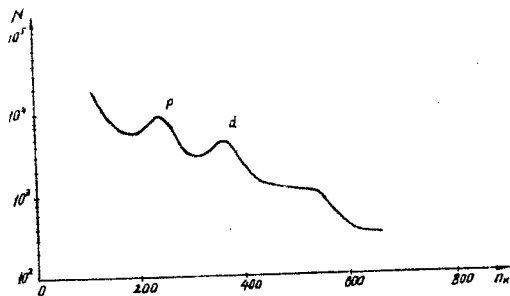


Рис. 2

группы по 1000 каналов в каждой, подавалась на вход амплитудного анализатора ДИДАС - 4000, который открывался на время, равное длительности ворот формирователя запускаемого синхронимпульсом от ускорителя. Информация с анализатора выводилась на цифropечатающее устройство. Детекторы периодически калибровались с помощью α -источника и эталонного зарядового генератора. Энергетическое разрешение системы ~ 70 кэВ.

Типичный спектр заряженных частиц, регистрируемых детектором, представлен на рисунке 2. Пик от упругого $e-p$ рассеяния в районе 240-го канала возникает из-за указанной выше примеси обычного водорода. В районе 360-го канала выделяется пик от упругого $e-d$ рассеяния. Провал в районе 540-го канала вызван ограниченной толщиной детектора, благодаря чему протоны, начиная с указанной энергии и выше уже не останавливаются в детекторе.

Для определения фона от углерода проводились измерения на мишени из фторопласта.

В третьей главе описывается методика обработки экспериментальных данных и приводятся значения дифференциального сечения упругого $e-d$ рассеяния в исследуемой области, полученные в результате обработки наших экспериментальных данных.

В процессе обработки экспериментальных данных экспериментальный спектр сравнивался с ожидаемым, включающим в себя упругие p и d пики, фон заряженных частиц от углерода мишени и развала дейтрона, с целью выделения дейтронных пиков и определения нормировочных множителей (поскольку измерения носили относительный характер). Для подгонки ожидаемого спектра под экспериментальный нужно было получить аналитический вид

ожидаемого спектра. При описании пика от упругого e - p рассеяния мы использовали дипольную формулу, где фиксировали среднеквадратичный радиус протона равным $0,817$ фм, и масштабный закон. При описании дейтронного пика мы параметризовали форм-фактор дейтрона в виде полинома по q^2 . Было показано, что фоновую часть спектра можно описать суммой двух экспоненциальных членов.

Для описания упругих пиков были получены выражения для вероятности попадания в детектор частиц, отдачи от упругого рассеяния на них электронов, а также для учета радиационных поправок. При выводе выражения для вероятности попадания частицы в детектор учет многократного кулоновского рассеяния в мишени проводился с привлечением не формулы Мольер, описывающей угловое распределение многократно рассеянных частиц, а исходного для нее интегрального представления. Это существенно упростило вычисления. Описанный в работе способ вычисления радиационных поправок также заметно сокращает время счета на ЭВМ.

Результаты фита позволили выделить дейтронные пики из экспериментальных спектров, а также определить соответствующие нормировочные коэффициенты. Это позволило определить соответствующие значения сечения упруго e - d рассеяния.

В четвертой главе дается анализ полученных значений сечения упругого e - d рассеяния, который заключается в следующем:

а). Из полученных значений сечения определялись значения электрического форм-фактора дейтрона. Эти значения занесены в таблицу I и представлены на рисунке 3. Для сравнения здесь же приведены соответствующие значения, полученные другими авторами. Сравнение указывает на согласие между этими результатами.

ТАБЛИЦА I

$q^2(\text{ФМ}^{-2})$	G_{ed}	ΔG_{ed}	$q^2(\text{ФМ}^{-2})$	G_{ed}	ΔG_{ed}	
0,036	0,7845	0,0018	0,684	0,6511	0,0022	
0,379	0,7746	0,0018	0,699	0,6441	0,0041	
0,387	0,7770	0,0020	0,733	0,6281	0,0044	
0,411	0,7593	0,0023	0,782	0,6089	0,0047	
0,423	0,7514	0,0024	0,790	0,6108	0,0048	
0,460	0,7368	0,0033	0,819	0,5965	0,0061	
0,486	0,7218	0,0030	0,848	0,5794	0,0077	
0,492	0,7273	0,0026	0,871	0,5901	0,0050	
0,506	0,7200	0,0025	0,891	0,5769	0,0074	
0,558	0,6987	0,0027	0,6 ⁺	0,6785	0,0056	
0,567	0,6954	0,0038	1,002 ⁺	0,5473	0,0033	
0,570	0,6941	0,0029	0,35 ⁺⁺	0,7946	0,7929	0,0022
0,622	0,6725	0,0044	0,4 ⁺⁺	0,7697	0,7678	0,0015
0,623	0,6667	0,0054	0,5 ⁺⁺	0,7367	0,7245	0,0017
0,636	0,6641	0,0047	0,6 ⁺⁺⁺	0,6798	0,6773	0,0048
0,681	0,6451	0,0055	0,8 ⁺⁺⁺	0,6181	0,6151	0,0040

Примечание: (+) – Дрилки и Ханд, (++) – Берард и др. (+++) – Бумиллер и др. Значения G_{ed} в пяти последних точках были получены из указанных работ с привлечением соответственно значений $r_p = 0,817$ фм (левая колонка) и $r_p = 0,84$ фм (правая колонка).

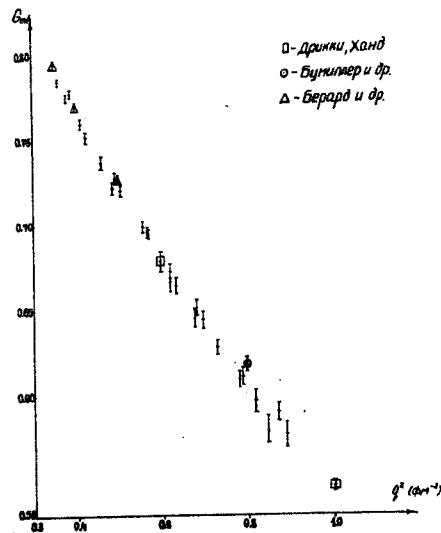


Рис. 3

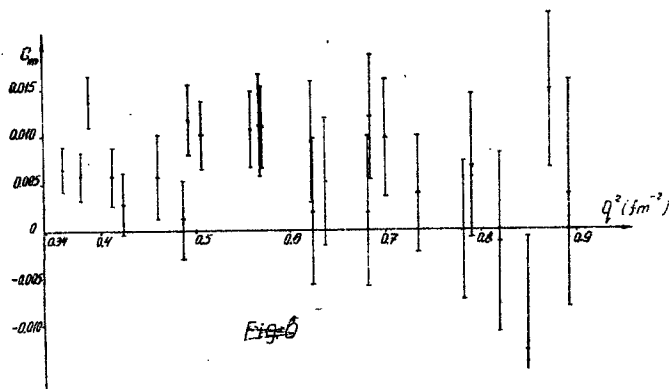


Рис. 4

Рис. 4

б). Значения электрического форм-фактора дейтрона фитировались полиномом вида

$$1 - aq^2 + bq^4 - cq^6$$

Полученному в результате фита значению $a = 0,722 \pm 0,022$ фм соответствует зарядовый радиус дейтрона, равный $2,080 \pm 0,027$ фм.

в). Из данных по электрическому форм-фактору дейтрона извлекались значения электрического форм-фактора нейтрона, привлекая для этой цели разные модели (Модифицированная модель Хамада-Джонстона и Бресселя и др.), описывающие волновую функцию дейтрона и разные значения протонного радиуса (от $0,81$ фм до $0,87$ фм), привлекаемые для описания форм-фактора протона. На рисунке 4 представлены значения электрического форм-фактора нейтрона, полученные с привлечением модели Хамада-Джонстона при $r_p = 0,84$ фм.

Далее, по каждому из полученных таким способом наборов значений нейтронного форм-фактора определялось соответствующее значение наклона нейтронного форм-фактора в нуле и сравнивалось с наклоном, соответствующим $n-p$ данным.

г). Структурный радиус дейтрона определялся двумя методами. Один из них, моделенезависимый, заключается в определении из полученного значения зарядового радиуса. При этом, мы фиксировали радиус нейтрона, согласно данным $n-p$ экспериментов, равным $0,342$ фм и в зависимости от значения среднеквадратичного радиуса протона получали соответствующее значение структурного радиуса дейтрона. Эти значения приведены в работе.

Другой способ определения структурного радиуса дейтрона заключается в том, что его значение берется из модели дейтрона, наилучшим образом описывающей значения нейтронного форм-фактора

с точки зрения их согласия с данными по рассеянию тепловых нейтронов на атомных электронах. Для модифицированной модели Хамада-Джонстона, которой соответствует $r_d = 1,967$ фм, указанное условие наилучшим образом выполняется при равенстве радиуса протона значению $0,85$ фм.

Заметим также, что значения нейтронного форм-фактора могут оказаться нулевыми (или даже отрицательными), если для описания волновой функции дейтрона привлечь модели, которым соответствуют меньшие значения структурного радиуса, например, модель Аффана и др.

В заключении приводятся основные результаты диссертации.

Диссертант защищает:

1. Метод измерения дифференциальных сечений упругого $e-d$ - рассеяния в области передач $0,36 - 0,9$ фм⁻².
2. Метод обработки экспериментальных данных и значения дифференциальных сечений упругого $e-d$ рассеяния в указанной области.
3. Значения электрического форм-фактора дейтрона, определяемые по экспериментальным значениям дифференциальных сечений.
4. Анализ значений электрического форм-фактора дейтрона с точки зрения получения зарядового и структурного радиусов дейтрона. Извлечение из экспериментальных данных значений электрического форм-фактора нейтрона в зависимости от модели, принимаемой для описания структуры дейтрона, а также и среднеквадратичного радиуса протона.

Апробация диссертации. Результаты диссертационной работы были представлены на 6-й Международной конференции по физике

высоких энергий и структуре ядра (Санта-Фе, США, 1975г.), Международном симпозиуме по лептонным и фотонным взаимодействиям (Гамбург, ФРГ, 1977 г.), 9-й Международной конференции по физике высоких энергий (Токио, Япония, 1978 г.), Седьми Научного Совета АН СССР по физике электромагнитных взаимодействий (Ереван, 1978 г.), Научной сессии ОЯФ АН СССР и МГУ (Москва, 1979 г.), а также опубликованы в работах:

1. Yu. K. Akimov, K. Andert, A. N. Arvanov, G. V. Badalian, A. E. Banifatov, D. M. Beglarian, C. Borcea, A. Buta, T. A. Vardanian, Yu. M. Kazarkinov, A. I. Kalinin, V. S. Kiselev, L. I. Lapidus, G. E. Markarian, G. I. Melikov, P. B. Osipenko, M. Petrashku, J. V. Petrossian, V. S. Pogosov, M. Petrov, A. M. Chatrchian, V. N. Shuravin. *Препринт ЕФН-98(74)*, 1974.

2. Г. В. Бадалян, Ю. М. Казаринов, В. С. Киселев, В. С. Погосов, А. В. Тарасов. *Препринт ЕФИ-305(30)-78*, 1978.

3. В. С. Погосов. *Препринт ЕФИ-276(1)-78*, 1978.

4. Ю. К. Акимов, А. Н. Арванов, Г. Э. Бадалян, А. Е. Банифатов, Д. М. Бегдарян, П. Н. Бедросян, С. И. Биленькая, К. Борча, Т. А. Врданиян, М. А. Гарзоян, Д. Дорчюман, Г. Г. Зограбян, Ю. М. Казаринов, Л. И. Лapidус, Г. Е. Маркарян, Г. И. Меликов, Я. Д. Нерсесян, О. И. Пасоян, М. Петрашку, В. С. Погосов, И. П. Прохоренко, А. М. Чатрчян, С. А. Шатиев, *Ядерная физика*, т. 29, стр. 649, 1979 ;

те же, *препринт ЕФИ-326(51)*, 1978.

Тех. редактор А.С.Абрамян

Заказ 233

ВФ-00044

Тираж 160

Издано отделом научно-технической информации Ереванского
физического института, Ереван-36, пер. Маркаряна 2