

объединенный
институт
ядерных
исследований

✓

SK 8107554

дубна

0-81-82

П. А. Девенски,¹ Н. К. Жидков, В. Й. Заячки,¹
Х. М. Каназирски,¹ В. А. Никитин, М. Д. Трайкова,¹
М. Шавловски²

УПРУГОЕ $d-d$ РАССЕЯНИЕ НА МАЛЫЕ УГЛЫ
ПРИ ИМПУЛЬСЕ 4,6 ГэВ/с

Направлено в ЯФ

¹ Высший химико-технологический институт, София.
² Институт ядерных исследований, Варшава.

1-81-82

Девенски П.А. и др.

Упругое d-d рассеяние на малые углы
при импульсе 4,6 ГэВ/с

Приведены результаты экспериментального исследования дифференциального сечения упругого рассеяния при импульсе дейтрона 4,6 ГэВ/с в интервале квадратов переданных 4-импульсов $0,0275 \leq |t| \leq 0,146$ (ГэВ/с)². Данные анализировались с помощью интерференционной формулы Бете и сравнивались с расчетами по модели Глаубера.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1981

1-81-82

Devensky P.A. et al.

Elastic d-d Scattering to Small Angles
at 4,6 GeV/c

The experimental results on differential cross section of elastic scattering at deuteron momentum of 4.6 GeV/c in the range of squared transferred 4-momenta $0.0275 \leq |t| \leq 0.146$ (GeV/c)² are presented. The data are analysed using the Bethe differential formula and are compared with the calculations by Glauber's model.

The investigation has been performed at the Laboratory of High Energies, JINR.

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1981

1. МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТА

Эксперимент выполнен на синхрофазотроне ОИЯИ методом многократного прохождения внутреннего пучка ускоренных дейтронов через тонкую мишень ⁴ из дейтерированного полиэтилена толщиной 2,2 мкм. В эксперименте регистрировались энергетические спектры частиц отдачи с помощью семи $\Delta E-E$ телескопов, расположенных на расстоянии 3,3 м от мишени под углами, близкими к 90° по отношению к направлению пучка. Каждый телескоп состоял из двух кремниевых полупроводниковых детекторов типа Si(p) ⁵. Детекторы имели толщину 38-3700 мкм, площадь $\sim 1 \text{ см}^2$ и энергетическое разрешение 30-50 кэВ. Частицы, прошедшие первый, тонкий ΔE -детектор и остановившиеся во втором, толстом E -детекторе телескопа имеют энергию, лежащую в определенном интервале. Границы этого интервала для каждого вида частиц определяются толщиной ΔE -детектора и суммой толщин $\Delta E, E$ -детекторов соответственно. Толщины применяемых детекторов определяют возможности методики по интервалу квадратов переданных 4-импульсов.

Применение телескопов для идентификации сорта частиц позволило отделить дейтроны от других частиц, что значительно улучшило отношение эффекта к фону. Статистика набиралась при различных угловых положениях телескопов. В качестве мониторов использовались три цинтилляционных телескопа, направленных на мишень.

Электронная аппаратура подробно описана в ⁶.

Наряду с эффектом упругого $d-d$ рассеяния телескопы регистрировали фон, который в основном обязан взаимодействию пучка с ядрами углерода в мишени. Для измерения фона в энергетическом спектре под упругим пиком дейтронов телескопы периодически сдвигались в "фоновую" позицию, отстоящую на 2° от "рабочей" позиции в сторону увеличения угла вылета частиц отдачи. После мониторингования "фоновый" спектр вычитался из "рабочего" спектра, полученный разностный спектр /рис. 1/ в пределах ошибок не содержал фоновых событий, обусловленных взаимодействием пучка с ядрами углерода мишени, под упругим пиком. Вычитание этого фона контролировалось по части разностного спектра, расположенной справа от упругого пика. При правильном вычитании число событий в этой части близко к нулю. Перед упругим пиком в разностном спектре имеется фон, который обязан реакции $d-d$, идущей с развалом дейтронов пучка. Для

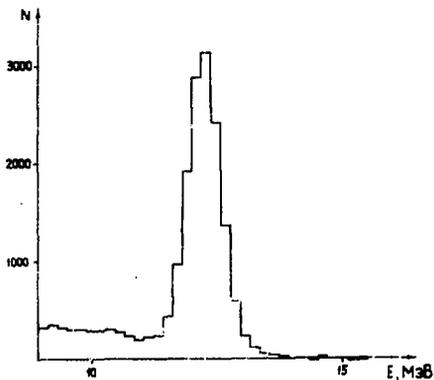


Рис.1. Энергетический спектр дейтронов отдачи после вычитания фона от фрагментации ядер углерода мишени.

вычитания этого фона и вычисления числа упругих событий в пике энергетический спектр дейтронов трансформировался в импульсный спектр, в котором упругий пик имеет симметричную форму. После введения поправки, связанной с зависимостью дифференциаль-

ного сечения от t , импульсный спектр аппроксимировался выражением

$$\frac{\Delta N'}{\Delta p} = \frac{N}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} e^{-\frac{(p-p_0)^2}{2\sigma^2}} + c_1(p-p_1) + c_2(p-p_1)^2, \quad /1/$$

где $\Delta N'$ - число событий в импульсном интервале $(p - \Delta p/2, p + \Delta p/2)$, N - число упругих $d-d$ событий в пике, p_0 - импульс, соответствующий центру пика, σ - дисперсия. Таким образом, симметричный упругий пик аппроксимировался распределением Гаусса, а фон - многочленом второй степени. Методом наименьших квадратов определялись параметры $N, \sigma^2, p_0, p_1, c_1, c_2$.

В работе /7/ показано, что потери регистрируемых дейтронов из-за их ядерного взаимодействия с веществом детектора малы. Максимальная относительная потеря при $|t| = 0,146 \text{ ГэВ/с}^2$ составляет $\leq 3\%$. Разрешающая способность эксперимента по квадрату переданного 4-импульса $\Delta t/t \approx 2\%$ и определяется в основном ошибками энергетической калибровки детекторов.

2. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

На основе обработки экспериментальных данных получены относительные дифференциальные сечения упругого $d-d$ рассеяния при импульсе ускоренных дейтронов 4,6 ГэВ/с. Эти сечения с помощью нормировочного множителя L аппроксимировались формулой Бете /1/:

$$\frac{d\sigma}{dt} = L \cdot \frac{\pi}{p^2} \left| n \frac{2p}{t} e^{i\phi} G_d^2(t) + f_{dd}(t) \right|^2. \quad /2/$$

Здесь p - импульс налетающего дейтрона в л.с., $p = (\vec{p}^2)^{1/2}$; t - квадрат переданного 4-импульса, $n = z_d^2 / 137$; z_d - зарядовое число, β - скорость налетающего дейтрона в л.с.; $\phi = 2n \ln(1.06/a\sqrt{|t|})$;

$$G_d(t) = 0,34 e^{141,5 \cdot t} + 0,58 e^{26,1 \cdot t} + 0,08 e^{15,5 \cdot t} -$$

электромагнитный формфактор дейтрона^{2/2}; f_{dd} - ядерная амплитуда упругого d-d рассеяния:

$$f_{dd}(t) = \frac{i\rho}{4\pi} \sigma_{dd} (1 - i a_{dd}) \exp(b_{dd} \cdot t/2),$$

где b_{dd} - параметр наклона дифракционного конуса, a_{dd} - отношение реальной части амплитуды к мнимой. Для полного сечения взято значение $\sigma_{dd} = 122 \pm 7$ мб^{18/}.

Параметр a определяется размерами области ядерного взаимодействия и электромагнитными размерами дейтрона^{9/}. Так как в области кулон-ядерной интерференции электромагнитный формфактор дейтрона $G_d(t) = \exp(12,95 \cdot t)^{10/}$ и $b_{dd} = 54,9$ (из настоящего эксперимента), то

$$a = (12,95 + 12,95 + 54,9/2)^{1/2} = 7,3 \text{ (ГэВ/с)}^{-1} = 1,44 \text{ фм.}$$

Таблица
Дифференциальные сечения упругого d-d рассеяния

$ t $ /ГэВ/с/ ²	$d\sigma/dt$ мб//ГэВ/с/ ²	$ t $ /ГэВ/с/ ²	$d\sigma/dt$ мб//ГэВ/с/ ²
0,0275	232 ± 15	0,0646	24,6 ± 1,8
0,0287	216 ± 16	0,0699	19,8 ± 1,1
0,0300	205 ± 14	0,0764	14,7 ± 1,3
0,0320	167 ± 10	0,0821	10,3 ± 0,7
0,0353	136 ± 7	0,0952	5,1 ± 0,4
0,0381	107 ± 7	0,1050	2,7 ± 0,9
0,0411	84,4 ± 5,2	0,1140	2,5 ± 0,5
0,0456	69,3 ± 4,6	0,1190	1,5 ± 0,4
0,0485	67,6 ± 6,3	0,1230	1,6 ± 0,5
0,0518	54,4 ± 3,4	0,1260	1,3 ± 0,2
0,0539	44,0 ± 2,4	0,1300	0,78 ± 0,13
0,0552	40,6 ± 2,1	0,1460	0,32 ± 0,10
0,0605	29,3 ± 1,6		

Методом наименьших квадратов определены нормировочный множитель L и параметр наклона b_{dd} . Для величины a_{dd} фиксировалось значение $a_{dd} = -0,35$, при этом получилось минимальное значение $\chi^2 = 37/23$. Для параметра наклона получено значение $b_{dd} = 54,9 \pm 0,8$ /ГэВ/с/ $^{-2}$.

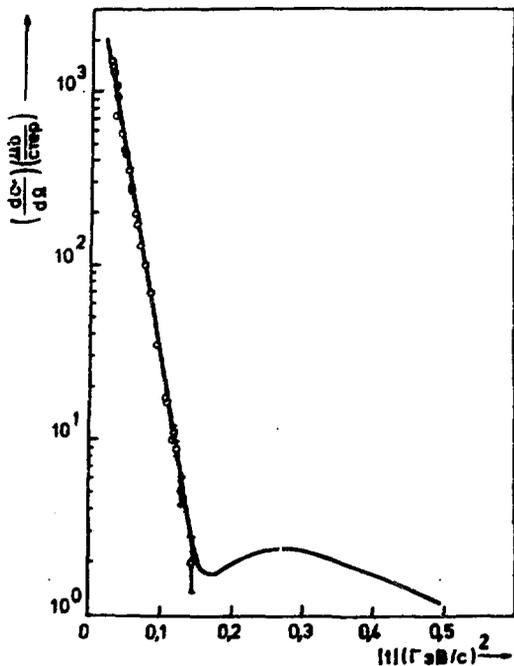


Рис. 2. Дифференциальные сечения упругого $d-d$ рассеяния /в лаб. системе/. \circ - результаты данной работы. Сплошная кривая - теоретический расчет по модели Глаубера при импульсе $4,42$ ГэВ/с $^{3/2}$.

Относительные дифференциальные сечения с помощью нормировочного множителя приведены к абсолютной шкале, они представлены в таблице. Указанные ошибки являются суммой статистических и систематических ошибок эксперимента и ошибок обусловленных вычитанием фона с использо-

ванием аппроксимации импульсных спектров выражением $1/l$.

Теоретическое исследование упругого ядерного $d-d$ рассеяния в рамках модели Глаубера проведено в работе $^{3/}$. В этой работе получены формулы для дифференциального сечения без учета и с учетом квадрупольного момента дейтрона. Вычисленная в работе $^{3/}$ теоретическая кривая с учетом квадрупольного момента дейтрона для импульса $4,42$ ГэВ/с в л.с. приведена на рис. 2, здесь же даны и экспериментальные значения, полученные в настоящей работе. Теоретическая кривая не учитывает вклада от кулоновского взаимодействия, но в области $|t| \geq 0,03$ /ГэВ/с $^{3/2}$ он мал и его величина не превышает экспериментальных ошибок.

Из рис. 2 видно, что в пределах экспериментальных ошибок модель Глаубера хорошо описывает упругое $d-d$ рассеяние в исследованном интервале по квадрату переданного 4-импульса.

ЛИТЕРАТУРА

1. Bethe H. Ann.Phys., 1958, 3, p. 190.
2. Franco V. et al. Phys.Rev., 1975, C12, p. 225.
3. Alberi G. et al. Nucl.Phys., 1970, B17, p. 1376. 627
4. Никитин В.А. и др. ЖЭТФ, 1964, 46, с. 1608.
5. Avdeichikov V.V. Nucl.Instr. and Meth., 1978, 155, p.125.
6. Будилов В.А. и др. ОИЯИ, 13-8898, Дубна, 1975.
7. Авдейчиков В.В. и др. ЯФ, 1979, 30, с. 610.
8. Debaisieux J. et al. Nucl.Phys., 1965, 70, p. 603.
9. Geoffrey B. West et al. Phys.Rev., 1968, 172, p. 1413.
10. Золин Л.С. и др. ЯФ, 1973, 18, с. 55.

Рукопись поступила в издательский отдел
4 февраля 1981 года.

Нет ли пробелов в Вашей библиотеке?

Вы можете получить по почте перечисленные ниже книги,
если они не были заказаны ранее.

Д1,2-8405	Труды IV Международного симпозиума по физике высоких энергий и элементарных частиц. Варна, 1974.	2 р. 05 к.
Р1,2-8529	Труды Международной школы-семинара молодых ученых. Актуальные проблемы физики элементарных частиц. Сочи, 1974.	2 р. 60 к.
Д6-8846	XIV совещание по ядерной спектроскопии и теории ядра. Дубна, 1975.	1 р. 90 к.
Д13-9164	Международное совещание по методам проволоочных камер. Дубна, 1975.	4 р. 20 к.
Д1,2-9224	IV Международный семинар по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1975.	3 р. 60 к.
Д-9920	Труды Международной конференции по избранным вопросам структуры ядра. Дубна, 1976.	3 р. 50 к.
Д9-10500	Труды II Симпозиума по коллективным методам ускорения. Дубна, 1976.	2 р. 50 к.
Д2-10533	Труды X Международной школы молодых ученых по физике высоких энергий. Баку, 1976.	3 р. 50 к.
Д13-11182	Труды IX Международного симпозиума по ядерной электродинамике. Варна, 1977.	5 р. 00 к.
Д17-11490	Труды Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1977.	6 р. 00 к.
Д6-11574	Сборник аннотаций XV совещания по ядерной спектроскопии и теории ядра. Дубна, 1978.	2 р. 50 к.
Д3-11787	Труды III Международной школы по нейтронной физике. Алушта, 1978.	3 р. 00 к.
Д13-11807	Труды III Международного совещания по пропорциональным и дрейфовым камерам. Дубна, 1978.	6 р. 00 к.
	Труды У1 Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна 1978. /2 тома/	7 р. 40 к.
Д1,2-12036	Труды V Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна 1978.	5 р. 00 к.
Р18-12147	Труды III совещания по использованию ядерно-физических методов для решения научно-технических и народнохозяйственных задач.	2 р. 20 к.

Д1,2-12450	Труды XII Международной школы молодых ученых по физике высоких энергий. Прамурско, НРБ, 1978.	3 р. 00 к.
P2-12462	Труды V Международного совещания по нелокальным теориям поля. Алушта, 1979.	2 р. 25 к.
Д-12831	Труды Международного симпозиума по фундаментальным проблемам теоретической и математической физики. Дубна, 1979.	4 р. 00 к.
Д-12965	Труды Международной школы молодых ученых по проблемам ускорителей заряженных частиц. Минск, 1979.	3 р. 00 к.
Д11-80-13	Труды рабочего совещания по системам и методам аналитических вычислений на ЭВМ и их применению в теоретической физике. Дубна, 1979.	3 р. 50 к.
Д4-80-271	Труды Международной конференции по проблемам нескольких тел ядерной физике. Дубна, 1979.	3 р. 00 к.
Д4-80-385	Труды Международной школы по структуре ядра. Алушта, 1980.	5 р. 00 к.

Заказы на упомянутые книги могут быть направлены по адресу:

101000 Москва, Главпочтамт, п/я 79,

издательский отдел Объединенного института ядерных исследований

**ТЕМАТИЧЕСКИЕ КАТЕГОРИИ ПУБЛИКАЦИЙ
ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ**

Индекс	Тематика
1.	Экспериментальная физика высоких энергий
2.	Теоретическая физика высоких энергий
3.	Экспериментальная нейтронная физика
4.	Теоретическая физика низких энергий
5.	Математика
6.	Ядерная спектроскопия и радиохимия
7.	Физика тяжелых ионов
8.	Криогеника
9.	Ускорители
10.	Автоматизация обработки экспериментальных данных
11.	Вычислительная математика и техника
12.	Химия
13.	Техника физического эксперимента
14.	Исследования твердых тел и жидкостей ядерными методами
15.	Экспериментальная физика ядерных реакций при низких энергиях
16.	Дозиметрия и физика защиты
17.	Теория конденсированного состояния
18.	Использование результатов и методов фундаментальных физических исследований в смежных областях науки и техники



Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований.
Заказ 29320. Тираж 375. Уч.-изд. листов 0,74.
Редактор Н.Н.Зрелова.
Набор Н.П.Сергеевой, Е.М.Граменицкой.
Макет Р.Д.Фоминой. Подписано к печати 24.02.81.